

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



**“USO DE PAVIMENTO RÍGIDO RECICLADO DE LA CIUDAD DE
PUNO, COMO AGREGADO GRUESO PARA LA PRODUCCIÓN
DE CONCRETO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

RUELAS PAREDES ERICK CHRISTIAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANOFACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**“USO DE PAVIMENTO RÍGIDO RECICLADO DE LA CIUDAD DE
PUNO, COMO AGREGADO GRUESO PARA LA PRODUCCIÓN DE
CONCRETO”**

TESIS PRESENTADA POR:

BACH. ERICK CHRISTIAN RUELAS PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE


ING. ZENÓN MELZADO VARGAS

PRIMER MIEMBRO


ING. JOSÉ LUÍS CUTIPA ARAPA

SEGUNDO MIEMBRO


ING. YASMANI T. VITULAS QUILLE

DIRECTOR DE TESIS


ING. RAUL F. ECHÉGARAY CHAMBI

ASESOR DE TESIS


ING. TANIA ZAPATA COACALLA

PUNO - PERÚ

TEMA: TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

ÁREA: CONSTRUCCIONES

Dedicado a mis padres Alberto y Dina.



AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis, Ing. Tania Zapata Coacalla y a mi director de tesis, Ing. Raul F. Echegaray Chambi, por su orientación y apoyo para el desarrollo de esta tesis.

A mi jurado de tesis Ing. Zenón Mellado Vargas, Ing. José Luis Cutipa Arapa e Ing. Yasmani T. Vitulas Quille.

Al personal técnico de los laboratorios de Construcciones y Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y del laboratorio de Geomecánica de Rocas de la facultad de Ingeniería de Minas.

A la Universidad Nacional del Altiplano.

A mis hermanas; Lilian, Mabel y Maciel.

A todos quienes contribuyeron con la realización de este trabajo de investigación y a todas las personas que quiero; a Claudia, a mis amigos, compañeros, docentes, administrativos, etc.



ÍNDICE

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	17
1.1 JUSTIFICACIÓN	18
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.3 HIPÓTESIS	19
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	19
1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	19
1.4 ANTECEDENTES	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	22
2.1 EL CONCRETO	23
2.1.1 DEFINICIÓN	23
2.1.2 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	23
2.1.2.1 EL CEMENTO	23
2.1.2.2 EL AGUA	23
2.1.2.3 LOS AGREGADOS	25
2.1.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO	35
2.1.3.1 TRABAJABILIDAD	35
2.1.3.2 CONSISTENCIA	36
2.1.3.3 RESISTENCIA	37
2.1.3.4 SEGREGACIÓN	38
2.1.3.5 EXUDACIÓN	38
2.1.3.6 DURABILIDAD	39
2.1.4 LA TEMPERATURA EN EL CONCRETO	39
2.2 DISEÑO DE MEZCLAS	40
2.2.1 MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	40
2.3 ESTADÍSTICA Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	41
2.3.1 ESTADÍSTICA	41
2.3.2 LA DISTRIBUCIÓN NORMAL	42
2.3.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS	44
CAPÍTULO III. RECICLAJE EN LA CONSTRUCCIÓN	47
3.1 CONCEPTOS GENERALES	48
3.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES GENERADORAS DE ESCOMBROS	50
3.3 IMPORTANCIA DEL RECICLADO DE CONCRETO	53
3.4 PRODUCCIÓN DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS	54
3.4.1 COMPLEJIDAD DEL PROCESO EN PLANTA DE RECICLAJE	54
3.4.1.1 CONTROL Y SEPARACIÓN DE ENTRADA	56
3.4.1.2 PRE TRATAMIENTO	56
3.4.1.3 CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA	57
3.4.1.4 TRITURACIÓN	58
CAPÍTULO IV. RECICLADO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	60

4.1	ORIGEN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	61
4.2	DEMOLICIÓN Y PROCESAMIENTO EN PLANTAS CHANCADORAS	62
4.2.1	DEMOLICIÓN.....	62
4.2.2	PROCESAMIENTO EN PLANTAS CHANCADORAS	64
4.3	PROPIEDADES DEL MATERIAL PROCESADO	64
4.3.1	PROPIEDADES FÍSICAS	65
4.3.2	PROPIEDADES QUÍMICAS	65
4.3.3	ASENTAMIENTO DE CONO DE ABRAMS.....	66
4.4	APLICACIONES	67
4.5	VENTAJAS	69
4.6	CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES	69
4.7	ASPECTOS ECONÓMICOS.....	70
4.8	PROPORCIÓN DE MEZCLAS.....	70
CAPÍTULO V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		72
5.1	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO	73
5.1.1	TRATAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO	73
5.1.1.1	DATOS DEL PROYECTO CUYA DEMOLICIÓN FUE RECICLADA.....	73
5.1.1.2	DESCRIPCIÓN DE LAS CALLES Y DEL ESTADO DE PAVIMENTO.....	77
5.1.1.3	PROCESAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO	81
5.1.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	84
5.1.2.1	CONTENIDO DE HUMEDAD	85
5.1.2.2	PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS	87
5.1.2.3	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	88
5.1.2.4	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS.....	96
5.1.2.5	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS	99
5.1.2.6	ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")	102
5.1.3	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES	104
5.1.3.1	CEMENTO	104
5.1.3.2	AGREGADOS NATURALES	104
5.1.3.3	AGREGADOS RECICLADOS Y COMBINADOS	109
5.1.3.4	AGUA	115
5.1.4	RECONOCIMIENTO VISUAL DEL AGREGADO RECICLADO.....	115
5.2	SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO.....	118
5.3	ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO FRESCO.....	141
5.3.1	ASENTAMIENTO ASTM C143; NTP 339.035.....	141
5.3.2	EXUDACIÓN ASTM C232; NTP 339.077	144
5.3.3	TEMPERATURA INTERNA ASTM C1064	147
5.4	ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO ENDURECIDO.....	151
5.4.1	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	151
5.4.1.1	ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS.....	151
5.4.1.2	ESPECIFICACIONES DEL LOS PROCEDIMIENTOS.....	152
5.4.1.3	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	155
5.4.2	TIPOS DE FALLAS EN LOS ESPECÍMENES.....	160
5.4.3	PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO	162

5.5	CURADO DEL CONCRETO	163
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE COSTOS		164
6.1	COSTO DE LOS MATERIALES	165
6.2	COSTO DIRECTO.....	169
CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		171
7.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	172
7.1.1	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR f'c 140 kg/cm ²	173
7.1.2	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR f'c 175 kg/cm ²	178
7.1.3	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR f'c 210 kg/cm ²	182
7.1.4	COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR f'c 245 kg/cm ²	186
7.2	PRUEBA DE HIPÓTESIS	190
7.2.1	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA f'c 140kg/cm ²	190
7.2.2	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA f'c 175kg/cm ²	195
7.2.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA f'c 210kg/cm ²	198
7.2.4	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA f'c 245kg/cm ²	202
7.3	DISCUSIÓN DE VARIABLES	205
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		211
8.1	CONCLUSIONES.....	212
8.2	RECOMENDACIONES	213
BIBLIOGRAFÍA.....		198
ANEXOS		

INDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 2.1 Agregado fino.....	26
Fig. 2.2 Agregado grueso.....	28
Fig. 3.1 Principales actividades de construcción y/o remodelación. (Jaramillo, 1995).....	50
Fig. 5.1 Calles del centro de la ciudad de Puno.....	77
Fig. 5.2 Jirón C.B. Oquendo.....	78
Fig. 5.3 Sección demolida del pavimento.....	78
Fig. 5.4 Excavación para conexión domiciliaría.....	79
Fig. 5.5 Residuos producto de la demolición en obra.....	79
Fig. 5.6 Demolición del Jr. Fermin Arbulú.....	80
Fig. 5.7 Metrado de la sección transversal demolida.....	80
Fig. 5.8 Acopiado de pavimento demolido por el cargador.....	81
Fig. 5.9 Metrado del pavimento demolido.....	82
Fig. 5.10 Selección del material no utilizable.....	82
Fig. 5.11 Materiales seleccionados y separados.....	82
Fig. 5.12 Lavado del pavimento a utilizar.....	83
Fig. 5.13 Proceso de trituración manual.....	83
Fig. 5.14 Cribado del árido reciclado por la Malla 1”.....	84
Fig. 5.15 Tamizado del árido reciclado por la Malla N°4.....	84
Fig. 5.16 Combas utilizadas y árido resultante.....	84
Fig. 5.17 Tamizado del agregado fino.....	89
Fig. 5.18 Tamizado del agregado grueso.....	90
Fig. 5.19 Apisonado del agregado fino para determinar su estado S.S.S.....	97
Fig. 5.20 Primer desmoronamiento, estado S.S.S.....	97
Fig. 5.21 Pesado del picnómetro, muestra y agua.....	98
Fig. 5.22 Agregado grueso en estado S.S.S.....	100
Fig. 5.23 Árido reciclado siendo introducido en la máquina de Los Ángeles.....	102
Fig. 5.24 Resultado del ensayo de Abrasión.....	103

Fig. 5.25 Curva granulométrica del agregado grueso natural.....	105
Fig. 5.26 Curva granulométrica del agregado fino natural.....	106
Fig. 5.27 Curva del agregado grueso reciclado puro.....	109
Fig. 5.28 Curva del agregado grueso con 20% de reciclado.....	110
Fig. 5.29 Curva del agregado grueso con 40% de reciclado.....	110
Fig. 5.30 Curva del agregado grueso con 60% de reciclado.....	111
Fig. 5.31 Desgaste de los agregados.....	114
Fig. 5.32 Medición del Slump, f'c 140 - 60% de árido reciclado.....	141
Fig. 5.33 Curva de asentamiento para la resistencia 140kg/cm ²	142
Fig. 5.34 Curva de asentamiento para la resistencia 175kg/cm ²	142
Fig. 5.35 Curva de asentamiento para la resistencia 210kg/cm ²	143
Fig. 5.36 Curva de asentamiento para la resistencia 245kg/cm ²	143
Fig. 5.37 Ensayo de exudación para la resistencia f'c 210 kg/cm ²	144
Fig. 5.38 Curva de exudación para f'c 140kg/cm ²	145
Fig. 5.39 Curva de exudación para f'c 175kg/cm ²	146
Fig. 5.40 Curva de exudación para f'c 210kg/cm ²	146
Fig. 5.41 Curva de exudación para f'c 245kg/cm ²	147
Fig. 5.42 Medición de temperatura del grupo 175 kg/cm ² y 0% de agregado incorporado.....	148
Fig. 5.43 Variación de temperatura de f'c 140 kg/cm ²	149
Fig. 5.44 Variación de temperatura de f'c 175 kg/cm ²	149
Fig. 5.45 Variación de temperatura de f'c 210 kg/cm ²	150
Fig. 5.46 Variación de temperatura de f'c 245 kg/cm ²	150
Fig. 5.47 Variación de la temperatura para todas las resistencias.....	151
Fig. 5.48 Concreto recién mezclado.....	153
Fig. 5.49 Llenado de los moldes.....	154
Fig. 5.50 Equipo de trabajo para pruebas de especímenes.....	156
Fig. 5.51 Resistencia a compresión a los 28 días f'c 140 kg/cm ²	157
Fig. 5.52 Resistencia a compresión a los 28 días f'c 175kg/cm ²	158

Fig. 5.53 Resistencia a compresión a los 28 días $f'c$ 210 kg/cm². 159

Fig. 5.54 Resistencia a compresión a los 28 días $f'c$ 245 kg/cm². 160

Fig. 5.55 Tipos de falla en cilindros de concreto. 160

Fig. 5.56 Falla tipo cono. 161

Fig. 5.57 Falla columnar. 161

Fig. 5.58 Falla por corte. 161

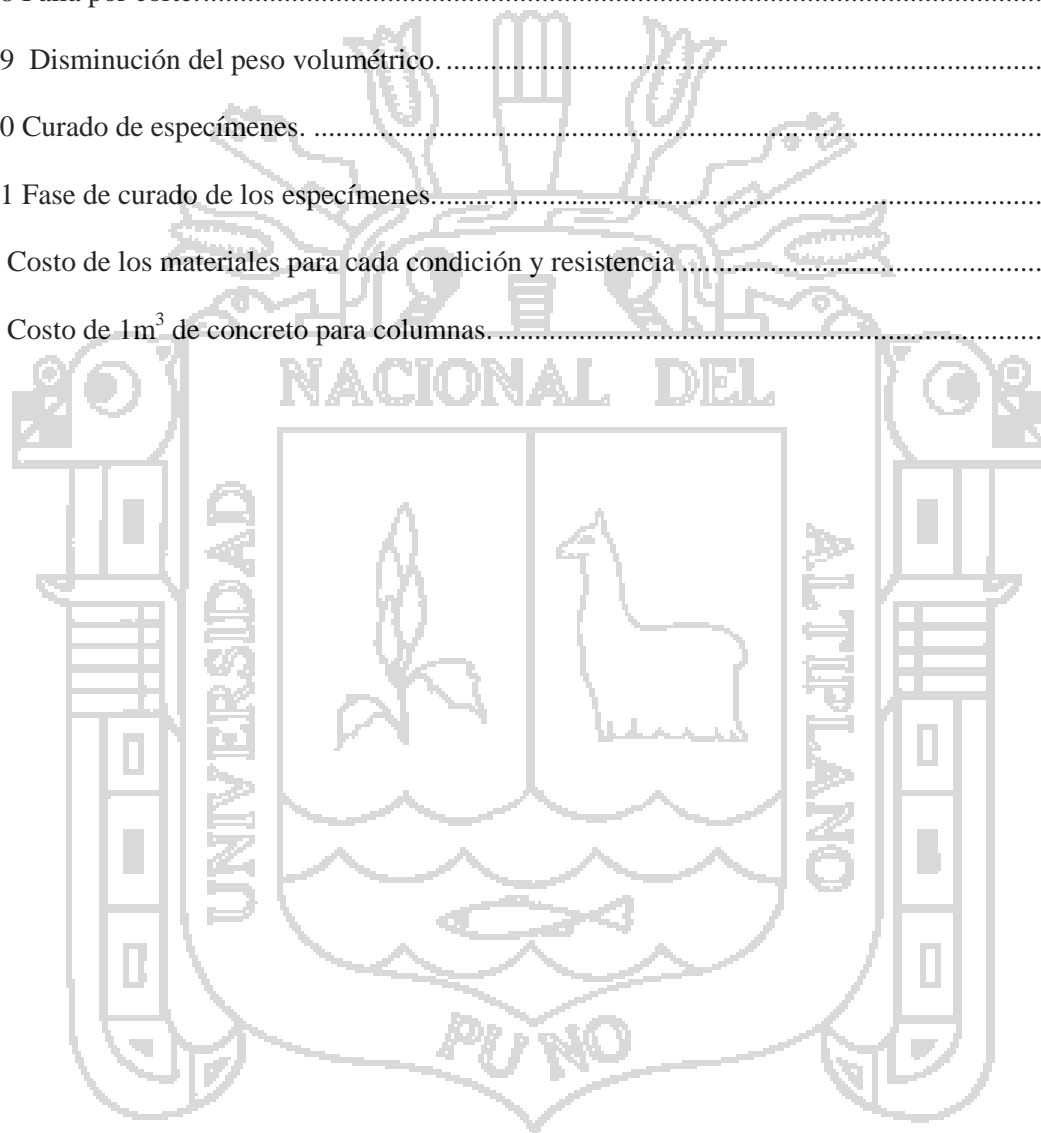
Fig. 5.59 Disminución del peso volumétrico. 162

Fig. 5.60 Curado de especímenes. 163

Fig. 5.61 Fase de curado de los especímenes. 163

Fig. 6.1 Costo de los materiales para cada condición y resistencia 169

Fig. 6.2 Costo de 1m³ de concreto para columnas. 170



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros químicos para agua de diseño y curado.....	25
Tabla 2.2 Límites granulométricos para agregado fino.....	27
Tabla 2.3 Límites granulométricos para agregados gruesos.....	29
Tabla 2.4 Límites de sustancias dañinas.....	32
Tabla 2.5 Límites máximos permisibles en el contenido de cloruros del concreto recién mezclado.....	35
Tabla 2.6 Valores de dispersión en el control de concreto.....	42
Tabla 2.7 Cuadro de interpolación para obtener Z.....	45
Tabla 3.1 Esquema general de procesos para una planta de reciclaje.....	55
Tabla 3.2 Componentes perjudiciales de los R.C.D.....	57
Tabla 3.3 Propiedades de los equipos existentes.....	58
Tabla 5.1 Contenido de humedad del agregado fino.....	86
Tabla 5.2 Contenido de humedad del agregado grueso.....	86
Tabla 5.3 Contenido de humedad del agregado reciclado.....	86
Tabla 5.4 Pesos unitarios del agregado fino y grueso.....	88
Tabla 5.5 Peso unitario del agregado grueso reciclado puro.....	88
Tabla 5.6 Granulometría del agregado fino natural.....	91
Tabla 5.7 Granulometría del agregado grueso natural.....	92
Tabla 5.8 Granulometría del agregado reciclado puro.....	93
Tabla 5.9 Granulometría del agregado grueso con 20% de reciclado.....	94
Tabla 5.10 Granulometría del agregado grueso con 40% de reciclado.....	94
Tabla 5.11 Granulometría del agregado grueso con 60% de reciclado.....	95
Tabla 5.12 Datos del ensayo de gravedad específica.....	98
Tabla 5.13 Datos del ensayo de peso específico del agregado grueso.....	100
Tabla 5.14 Datos del ensayo de peso específico de la combinación de agregados.....	101
Tabla 5.15 Resultados de abrasión de los agregados gruesos.....	103
Tabla 5.16 Características físicas de los agregados naturales.....	107
Tabla 5.17 Peso específico y absorción de los agregados naturales.....	107
Tabla 5.18 Peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	108
Tabla 5.19 Resultados del análisis físico químico del agregado grueso.....	108

Tabla 5.20 Resultados del análisis físico químico del agregado fino.....	109
Tabla 5.21 Módulos de fineza de los agregados reciclados.	111
Tabla 5.22 Características físicas de los agregados reciclados.	112
Tabla 5.23 Peso específico y absorción de los agregados reciclados	112
Tabla 5.24 Pesos unitarios de los agregados reciclados.....	112
Tabla 5.25 Resultados del análisis físico químico del agregado grueso reciclado.....	113
Tabla 5.26 Resultados del análisis físico químico del agua.....	115
Tabla 5.27 Resultados la inspección visual del árido reciclado.....	116
Tabla 5.28 Descripción de la inspección visual del árido reciclado.....	117
Tabla 5.29 Peso unitario suelto y compactado de todos los agregados.....	119
Tabla 5.30 Cálculo de la resistencia promedio (f_{cr}).....	120
Tabla 5.31 Selección del volumen unitario de agua, según A.C.I.....	121
Tabla 5.32 Selección del volumen unitario de agua, según U.N.I.....	121
Tabla 5.33 Contenido de aire atrapado.	122
Tabla 5.34 Relación agua cemento por resistencia.	123
Tabla 5.35 Factor cemento y cantidad de bolsas/ m^3	124
Tabla 5.36 Volumen absoluto de la pasta para cada resistencia.....	125
Tabla 5.37 Volúmen de los agregados.....	126
Tabla 5.38 Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	126
Tabla 5.39 Módulos de fineza para cada condición.....	127
Tabla 5.40 Cálculo de r_f y r_g para cada condición.....	130
Tabla 5.41 Volúmen absoluto de agregados.....	132
Tabla 5.42 Pesos secos de los agregados.....	134
Tabla 5.43 Valores de diseño preliminares.....	135
Tabla 5.44 Correcciones por humedad para 140 y 175kg/cm ²	138
Tabla 5.45 Correcciones por humedad para 210 y 245kg/cm ²	139
Tabla 5.46 Proporciones finales para todas las condiciones.....	140
Tabla 5.47 Resultados del asentamiento para cada condición.....	141
Tabla 5.48 Resultados de la exudación para todos los grupos.....	145
Tabla 5.49 Variación de la temperatura en el C° fresco, para cada condición.....	148

Tabla 5.50 Características de la varilla de compactación.	152
Tabla 5.51 Requisitos para el moldeado por compactación.....	155
Tabla 5.52 Resultados de resistencia a compresion f'c 140 kg/cm ²	156
Tabla 5.53 Resultados de resistencia a compresion f'c 175 kg/cm ²	157
Tabla 5.54 Resultados de resistencia a compresion f'c 210 kg/cm ²	158
Tabla 5.55 Resultados de resistencia a compresion f'c 245 kg/cm ²	159
Tabla 5.56 Peso volumétrico promedio para cada grupo.....	162
Tabla 6.1 Análisis de costos de la habilitación manual de la materia prima.....	165
Tabla 6.2 Costo de agregados y piedra en la ciudad de Puno.	166
Tabla 6.3 Costo de materiales f'c 140 y 175kg/cm ²	167
Tabla 6.4 Costo de materiales f'c 210 y 245kg/cm ²	168
Tabla 6.5 Costo de producción de 1m ³ de concreto para columnas.....	170
Tabla 7.1 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 140kg/cm ² con 0% de árido incorporado.	173
Tabla 7.2 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 140kg/cm ² con 20% de árido incorporado.....	175
Tabla 7.3 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 140kg/cm ² con 40% de árido incorporado.....	176
Tabla 7.4 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 140kg/cm ² con 60% de árido incorporado.....	177
Tabla 7.5 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 175kg/cm ² con 0% de árido incorporado.....	178
Tabla 7.6 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 175kg/cm ² con 20% de árido incorporado.....	179
Tabla 7.7 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 175kg/cm ² con 40% de árido incorporado.....	180
Tabla 7.8 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 175kg/cm ² con 60% de árido incorporado.....	181
Tabla 7.9 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 210kg/cm ² con 0% de árido incorporado.....	182
Tabla 7.10 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 210kg/cm ² con 20% de árido incorporado.	183
Tabla 7.11 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 210kg/cm ² con 40% de árido incorporado.	184
Tabla 7.12 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 210kg/cm ² con 60% de árido incorporado.	185
Tabla 7.13 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 245kg/cm ² con 0% de árido incorporado.....	186
Tabla 7.14 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 245kg/cm ² con 20% de árido incorporado.	187
Tabla 7.15 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 245kg/cm ² con 40% de árido incorporado.	188
Tabla 7.16 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 245kg/cm ² con 60% de árido incorporado.	189
Tabla 7.17 Matriz de consistencia.....	210

GLOSARIO

R.C.D.	Residuos de Construcción y Demolición.
N.T.P.	Norma Técnica Peruana.
A.S.T.M.	American Society of Testing Materials.
A.C.I	American Concrete Institute.
T.M.N.	Tamaño Máximo nominal.
Tarar	Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco.
P.U.	Peso unitario.
R.N.E.	Reglamento Nacional de Edificaciones.
P.E.	Peso específico.
Huso	Sector, parte o grupo. (Inherente a los agregados gruesos)

RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo principal evaluar las propiedades del concreto fresco y endurecido elaborado con pavimento rígido reciclado y determinar su potencial de uso, para lo cual se ha recopilado y analizado información inherente al tema de estudio y se verificó que reciclar los residuos de construcción es una importante alternativa para un desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente. El pavimento que se ha reciclado proviene del Jr. Arbulú, arteria de la zona céntrica de la ciudad de Puno, la demolición de esta calle ha sido clasificada con el objetivo de separar exclusivamente los bloques de pavimento, los cuales fueron lavados en sus diferentes fases, analizados y finalmente triturados para un tamaño máximo nominal de 3/4", todo esto con el objetivo de producir un agregado con propiedades que cumplan con las normas correspondientes. Tanto los agregados naturales, también usados en esta investigación, como los reciclados han sido ensayados en el laboratorio, en donde se analizaron sus propiedades físicas y químicas; como: contenido de humedad, peso específico, peso unitario, granulometría y abrasión. Realizado esto, se desarrolló un diseño de mezclas para cuatro resistencias 140, 175, 210 y 245kg/cm²; cada una de ellas posee cuatro grupos con diferentes condiciones, uno patrón con 0% de árido reciclado y tres experimentales con 20, 40 y 60% de reciclado. Se elaboraron 15 briquetas por cada condición de concreto que hacen un total de 240 especímenes los cuales, pasado su fase de curado, fueron ensayados a compresión a los 28 días; las propiedades del concreto fresco también fueron analizadas para cada una de las condiciones. Además de los estudios de los componentes y del concreto en sí, se realizó un análisis de costos para cada condición de concreto. Se concluyó que aunque el árido reciclado proveniente del pavimento rígido presenta ciertas cualidades inferiores al árido natural, este tiene una calidad adecuada para producir concreto aunque el uso de este en una proporción mayor al 20% del agregado grueso es riesgoso, ya que a mayor cantidad de árido reciclado la resistencia a compresión disminuye, las propiedades del concreto fresco y endurecido son similares en los grupos patrón y experimentales, además los agregados reciclados produjeron concretos más livianos y que son más caros que un concreto convencional, sin embargo es viable su uso en un 20% ya que el incremento de costos es de apenas unos puntos porcentuales, el uso estará sujeto a las condiciones y capacidades de la obra.

σ Desviación estándar.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES



1.1 JUSTIFICACIÓN

En nuestro país, lamentablemente, los Residuos de Construcción y Demolición no son adecuadamente valorados y muchas veces se descartan como basura o, en el mejor de los casos, se utilizan para relleno; no es el caso de otros países como México, Colombia o Chile, donde se realizan estudios a nivel de pre y postgrado para lograr el reciclado de los Residuos de construcción y así hacer un uso responsable de sus recursos; así mismo en España se maneja una guía para la gestión de Residuos de construcción y demolición, todo esto indica que en Perú estamos atrasados en este sentido porque aún no aprovechamos estos recursos. Sin embargo tenemos el deber de abordar este tema y comenzar a ser más conscientes con nuestro medio ambiente, como sociedad y como constructores. Si bien es cierto, nuestro país tiene abundantes recursos, con referencia específicamente a los agregados, estos deben ser utilizados con mayor responsabilidad; y más aún si estos ya fueron utilizados en concreto y ahora forman parte de residuos que producen contaminación y daño ambiental.

Los pavimentos no son ajenos a esta realidad; estos están sujetos a la acción continua del tráfico y los factores ambientales. Estos dos factores, junto con el envejecimiento natural de los materiales, hacen que el pavimento sufra un proceso de progresivo deterioro. Este envejecimiento y deterioro conlleva a una disminución paulatina en los niveles de seguridad y confort del tráfico, que al sobrepasar ciertos valores hacen necesaria una operación de conservación o reemplazo.

La conservación de la red vial es en la actualidad un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza. El presupuesto necesario para el mantenimiento, así como los problemas ambientales que de él se derivan, justifican la búsqueda de nuevas técnicas que permitan reducir costos y sean respetuosas con el medio. En este contexto, el reciclado de pavimento, como medio de racionalizar los recursos, toma protagonismo y se convierte en una necesidad.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las propiedades del concreto fresco y endurecido elaborado con pavimento rígido reciclado y determinar su potencial de uso.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, clasificar y procesar el pavimento rígido reciclado y obtener áridos apropiados para su utilización en la producción de concreto.
- Analizar las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento rígido reciclado.
- Evaluar el potencial de uso del concreto incorporado con pavimento rígido reciclado, para obras civiles.
- Comparar los costos de producción de un concreto con pavimento rígido reciclado y uno convencional.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

El uso de pavimento rígido reciclado, como agregado grueso, permite obtener un concreto apropiado para obras civiles.

1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El pavimento rígido reciclado, al ser procesado, permite obtener áridos adecuados para la producción de concreto.
- Las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento rígido reciclado cumplen con las especificaciones normadas para la producción de concreto.
- El concreto incorporado con pavimento rígido reciclado puede ser usado para obras civiles.
- El costo de producción del concreto disminuye al utilizar pavimento rígido reciclado como agregado grueso.

1.4 ANTECEDENTES

La gestión de los residuos de la construcción, al igual que la de otros tipos de residuos, presenta en la actualidad un panorama muy diverso en función del ámbito geográfico que se trate. En general, son los países que poseen una mayor tradición en el planteamiento estratégico de los temas medioambientales y aquellos en los que algunas de las materias primas utilizadas en el sector de la construcción (en particular, los áridos) son bienes escasos, los que han adoptado las principales iniciativas tendentes a regular dicha gestión, haciendo especial hincapié en las posibilidades de reutilización, reciclado y/o generación en materiales secundarios.

Juan Sebastian Ferreira Diaz, en su tesis: “Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto”, realizada en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga - Escuela de Ingenierías y Administración, Facultad de Ingeniería Civil, Bucaramanga 2009; ha desarrollado una metodología que permitió el aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto. El material seleccionado estuvo conformado por arena extraída de río y triturado proveniente de una planta trituradora; escombros que fueron clasificados como Escombro Grueso (E1), Escombro Fino (E2) y muestras de ladrillo que fueron trituradas manualmente y separadas por el tamiz No.4 (4.75mm) en tamaños finos (E3) y gruesos (E4). Con estos agregados se prepararon 4 tipos de mezclas (A, B, C y D) y una mezcla (E) considerada como testigo.

El diseño de mezcla se basó en la combinación de agregados que arrojara el menor porcentaje de vacíos. Las proporciones seleccionadas tuvieron porcentajes de vacíos que oscilaron entre 28.3 y 31%. El módulo de fineza de los materiales finos, evidenció que los valores de los escombros recuperados, ($E2 = 2.45$ y $E3 = 2.71$), corresponde al módulo de fineza para agregados finos o arenas, y es un valor cercano al valor de la arena que se tiene proveniente de río. Respecto al tamaño máximo nominal de los materiales gruesos, el escombro grueso (E1) obtuvo un T.M.N. de 1” (25mm), este valor es similar al del agregado grueso, y el T.M.N. del escombro (E4) fue de 1½” (38.1mm); esto era de esperarse porque el escombro de ladrillo fue triturado manualmente en los laboratorios.

Los resultados del concreto en estado fresco muestran que el peso unitario del concreto tuvo valores que corresponden a mezclas de trabajabilidad buena. Al concreto en estado endurecido, se le realizaron las pruebas mecánicas de resistencia a la compresión y flexión. Los resultados a compresión muestran que la proporción de mezcla A4, fue la que presentó los mayores resultados reportando una resistencia a los 28 días de 223.56 kg/cm^2 frente a 200.68 kg/cm^2 de la mezcla testigo.

Julie Anne Chauveinc, en su tesis “Estudio experimental de propiedades mecánicas de hormigones con árido reciclado mediante la modificación del método de mezclado del hormigón”; desarrollada en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas; desarrolla un trabajo cuyo objetivo es constatar y analizar la influencia de la modificación del proceso de fabricación de concretos con árido reciclado,

cuantificando el aporte del uso de árido reciclado en términos de costo, tiempo, y sustentabilidad. Para esto, se elaboraron concretos con 0%, 30%, y 50% de árido reciclado grueso mediante dos métodos de mezclado. El primer método corresponde al mezclado convencional en una etapa, en el cual el orden de adición de los componentes es árido, cemento, porción del agua y finalmente el resto de ellos. El segundo método corresponde a un mezclado en dos etapas, en las cuales primero se mezclan el cemento y el árido reciclado con la mitad del agua necesaria, y luego se añade el árido virgen y el resto del agua. El diseño de las mezclas contempló el ajuste del contenido de agua para lograr un cono de 6-8 cm y una razón A/C de 0.58 aproximadamente.

Comparando las resistencias a compresión a 4, 7 y 28 días, se concluye lo siguiente: como se esperaba, mientras más alto el contenido de árido reciclado, más baja la resistencia a compresión; por otro lado, el método de mezclado en etapas no mejoró la resistencia a compresión de los concretos con árido reciclado (ocurrió lo contrario). Sin embargo, se lograron valores de resistencia a compresión altos y suficientes para usar este material como concreto estructural. En cuanto a impermeabilidad, se concluye que, al mezclar en etapas los concretos reciclados, se mejoró su capacidad a no absorber el agua en el caso del concreto con 50% de árido reciclado; sin embargo, en los otros casos, el resultado no fue tan concluyente como en este. Por lo tanto, la modificación del método de mezclado no resultó eficiente al mejoramiento de las propiedades del concreto, pero eso no excluye el uso, incluso estructural, del concreto reciclado como árido.

Cesar Daniel Soto Toledo, en su tesis: "Hormigón reciclado" presentada en la Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, contempla que es muy frecuente la búsqueda de nuevos materiales, así como el interés por el reciclaje de recursos de desecho, para la incorporación de materiales contaminantes en nuevos productos utilizables. De aquí nace la idea de investigar si es factible la reutilización del desecho de concreto que se genera en toda construcción, para la fabricación de un nuevo concreto con las mismas características.

Dicho concreto está compuesto por: cemento, escombros, arena y agua. La medición de las propiedades mecánicas se realizó, mediante la confección de probetas cúbicas, viguetas y cilindros; las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión, flexión y hendimiento respectivamente.



2.1 EL CONCRETO

2.1.1 DEFINICIÓN

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. (Abanto Castillo, 1995)

El concreto es un material artificial que se obtiene mezclando cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y aire en determinadas proporciones; este al pasar a su estado endurecido adquiere una gran resistencia a compresión, motivo por el cual se usa masivamente en muchas obras de construcción de la actualidad.

2.1.2 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

2.1.2.1 EL CEMENTO

Un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinaciones 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. (Abanto Castillo, 1995)

Para la elaboración del Clinker portland se emplean materias primas capaces de aportar principalmente cal y sílice, y accesoriamente óxido de fierro y alúmina, para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. Estos materiales se trituran, dosifican, muelen y mezclan íntimamente hasta su completa homogenización, ya sea en seco o en húmedo. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

El cemento mezclado IP, Cemento Portland-Puzolana; se emplea en las construcciones de concreto en general. Su contenido de puzolana puede variar entre 15 y 40%. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

2.1.2.2 EL AGUA

En relación a su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de a mezcla y como medio de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es de uso interno como agua de

mezclado, y en el segundo se emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

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, 1995)

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico-químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y a las propiedades del concreto.

Refiriéndose a las características físico-químicas del agua para concreto, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas (cloruros, sulfatos), sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc. Sin embargo en lo que sí parece haber acuerdo es que no debe tolerarse la presencia de sustancias que son francamente dañinas, como grasas, aceites, azúcares y ácidos, por ejemplo. La presencia de alguna de estas sustancias, que por lo general no es común, debe tomarse como un síntoma de contaminación que requiere eliminarse antes de considerar la posibilidad de emplear el agua. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

Tabla 2.1 Parámetros químicos para agua de diseño y curado.

	Agua para el diseño (ppm)	Agua para el curado
Cloruros	300	1000
Sulfatos	300	600
Sales de magnesio	150	-
Sales solubles totales	500	-
PH	mayor a 7	5.5 - 8
Sólidos en suspensión	1500	-
Materia orgánica	10	3
Residuo insoluble	-	5000
Carbonatos	-	1000

Fuente: La NTP 339.088 y ASTM C 109M

2.1.2.3 LOS AGREGADOS

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial que se emplean para la elaboración de concreto. Son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan aproximadamente las 2/3 partes de una unidad cúbica de concreto.

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 400.037 o de la norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto. (Rivva López, 2010)

CANTERA. En construcción, se define como los afloramientos rocosos de los que se extrae un material específico, que puede ser piedra, grava, suelo, etc. Si este material es usado para fines constructivos, este deber pasar un riguroso control de calidad tanto físico, químico y mecánico para poder garantizar su eficiencia en obra.

En el caso de la tecnología del concreto, su importancia aumenta considerando que el agregado ocupa entre el 65 a 80% del volumen total del concreto, por lo tanto su influencia en las propiedades del concreto fresco y endurecido, es esencial para obtener un concreto de calidad.

ORIGEN. Las canteras ubicadas en el departamento de Puno son en su mayoría de origen sedimentario. La acción erosiva de las aguas fluviales y la fuerza hidráulica son

las que originan un agregado redondeado, denominado canto rodado que se utiliza masivamente para producir concreto en nuestra ciudad.

2.1.2.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS AGREGADO FINO

Es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz N°200, y cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

Sin embargo el Manual de ensayo de materiales (EM 2000) del MTC, manual que sirve de guía para varios ensayos pertinentes a la investigación; distingue al material fino como aquel que pasa la malla de apertura 4.75mm (N°4) y al grueso como aquel que se retiene en mencionado tamiz. Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz N°4 como el encargado de separar el agregado grueso del fino.

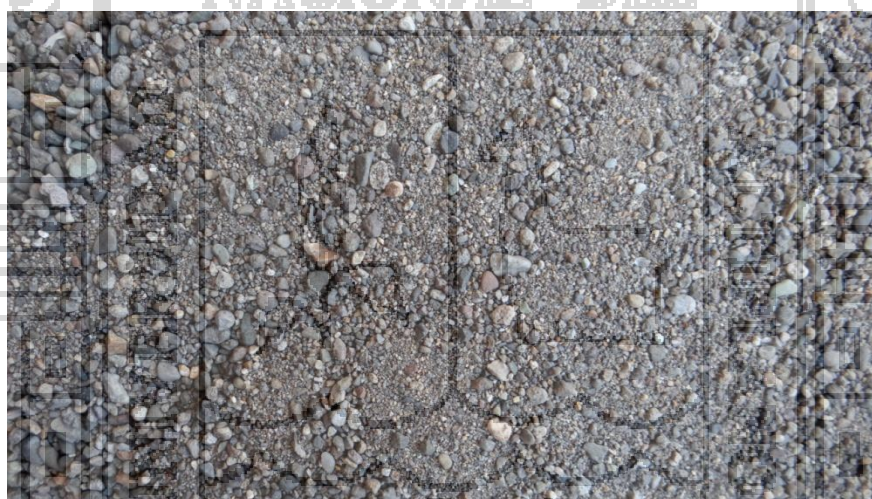


Fig. 2.1 Agregado fino

- GRANULOMETRÍA
 1. Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz NTP 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.
 2. El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes.

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

3. El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma NTP 400.037. es recomendable tener en cuenta lo siguiente:
 - a. La granulometría deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 de la serie Tyler. (Rivva López, 2010)

Tabla 2.2 Límites granulométricos para agregado fino.

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

Fuente: A.S.T.M.

AGREGADO GRUESO

La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de concreto.

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado.

La forma de las partículas más pequeñas de agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser preferentemente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.



Fig. 2.2 Agregado grueso

- GRANULOMETRÍA

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C33, los cuales están indicados en la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Límites granulométricos para agregados gruesos.

Huso	Tamaño Máximo Nominal	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DE AGREGADO GRUESO PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm	19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm	300µm
		4 pulg	3 1/2 pulg	3 pulg	2 1/2 pulg	2 pulg	1 1/2 pulg	1 pulg	3/4 pulg	1/2 pulg	3/8 pulg	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30
1	1/2 pulg a 1 1/2 pulg	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-	-	
2	1/2 pulg a 1 1/2 pulg	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-	-	
3	2 pulg a 1 pulg	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-	
357	2 pulg a Nº4	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	
4	1 1/2 pulg a 1/4 pulg	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	
467	1 1/2 pulg a Nº4	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	
5	1 pulg a 1/2 pulg	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	
56	1 pulg a 3/8 pulg	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5	-	-	
57	1 pulg a Nº4	-	-	-	-	-	100	90 a 95	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	
6	3/4 pulg a 3/8 pulg	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	-	-	
67	3/4 pulg a Nº4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	
7	1/2 pulg a Nº4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 5	0 a 5	-	
8	3/8 pulg a Nº8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	3/8 pulg a Nº16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	Nº4 a Nº16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

Fuente: (Rivva Lopéz, 2010)

- **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

- Las partículas deberán ser químicamente estables, libres de escamas, tierra, polvos, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- La Norma Técnica Peruana NTP 400.037, indica :
 - La granulometría seleccionada debe preferentemente ser continua.
 - La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
 - La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- El tamaño máximo nominal es el que se designa en las especificaciones como tamaño máximo requerido para el concreto de cada estructura en particular, y se define de acuerdo con diversos aspectos tales como las características

geométricas y de refuerzo de las estructuras, los procedimientos y equipos empleados para la colocación del concreto, el nivel de la resistencia mecánica requerida en el concreto, etc. Debido a la dificultad práctica de asegurar una dimensión máxima precisa en el tamaño de las partículas durante la clasificación y el suministro del agregado grueso, es usual conceder una tolerancia dimensional con respecto al tamaño máximo nominal, pero limitando la proporción de partículas que pueden excederlo. De esta manera, no basta con especificar el tamaño máximo nominal, sino que también es necesario definir el tamaño máximo efectivo permisible y la proporción máxima de partículas que puede admitirse entre el tamaño máximo nominal y el efectivo, es decir, lo que constituye el sobretamaño máximo nominal tolerable. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

Se verifica que para un T.M.N. $3/4$ el tamaño máximo efectivo es de 1" y el sobretamaño nominal permisible en el total de agregado grueso será 10%.

La norma NTP 400.037 define al tamaño máximo nominal como aquel tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido, siendo este el criterio más conservador y será utilizado para esta investigación.

Además, se recomienda lo siguiente (Reglamento nacional de edificaciones, 2015):

El tamaño máximo nominal del agregado a tomar será:

1. $1/5$ de la menor dimensión de las caras de encofrado, o
2. $1/3$ de la altura de las losas, o
3. $3/4$ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

d. Tamaño máximo de las partículas

En un conjunto de partículas de agregados para concreto, es pertinente distinguir entre el tamaño máximo efectivo y el que se designa como tamaño máximo nominal. El primero se identifica con la malla de menor abertura en que alcanza a pasar efectivamente el total de las partículas del conjunto, cuando se le criba sucesivamente en las mallas cuyas aberturas se incrementan gradualmente. La determinación de este tamaño máximo es necesario cuando se analizan granulométricamente muestras representativas

de depósitos naturales, a fin de conocer el tamaño máximo disponible en el depósito en estudio; y su verificación es una medida de control indispensable durante el suministro de agregado grueso ya clasificado, previamente en su empleo en la fabricación del concreto, para prevenir que se le incorporen partículas mayores a lo permitido, que pueden ocasionar dificultades en su elaboración, manejo y colocación. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

Tamaño máximo. Es la malla de menor abertura por la cual pasa el 100% de la muestra.

- **MÓDULO DE FINEZA**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza no distingue de granulometrías, pero en caso de agregados que estén entre los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo entre 100. (Abanto Castillo, 1995)

- **MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200**

Norma ASTM C 117. Este factor es importante si el porcentaje es material arcilloso, orgánico u otro material dañino que pueda afectar la adherencia pasta-agregado, manteniendo un límite de 3 a 5% máximo.

Tabla 2.4 Límites de sustancias dañinas.

	Agregado Fino	Agregado grueso
Material mas fino que la malla Nro. 200.	3%	5%
Carbón y lignito max. %	5%	1%
Materia orgánica	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine conforme a la norma ITINTEC 400.013, se deberá considerar satisfactorio, el agregado fino que no cumple con el ensayo anterior podrá ser usado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero ITINTEC 400.024 la resistencia relativa a los 7 días no es menor de 95%.	

Fuente: Norma ASTM C 117

- PESO ESPECÍFICO

Viene a ser una característica importante, en caso que se requiera concretos con pesos volumétricos altos; es una característica del agregado que está íntimamente ligado con la porosidad y la absorción; pero no es determinante para aceptar o rechazar el agregado.

- ABSORCIÓN

La porosidad de un cuerpo sólido es la relación de su volumen de vacíos entre su volumen total, incluyendo los vacíos, y se expresa como porcentaje en volumen. Todas las rocas que constituyen los agregados de peso normal, son porosas en mayor o menor grado, pero algunas poseen un sistema de poros que incluye numerosos vacíos relativamente grandes (visibles al microscopio), que en su mayoría se hallan interconectados y que las hace permeables. De este modo algunas rocas, aunque poseen un bajo porcentaje de porosidad, manifiestan un coeficiente de permeabilidad comparativamente alto, es decir, más que el contenido de vacíos influye en este aspecto su forma, tamaño, y distribución. Por ejemplo, una roca de estructura granular con 1% de porosidad, puede manifestar el mismo coeficiente de permeabilidad al agua, que una pasta de cemento hidratada con 50% de porosidad pero con un sistema de poros submicroscópicos. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

- PESO UNITARIO SECO SUELTO Y COMPACTADO

El peso unitario es llamado también peso volumétrico, viene a ser el peso del material incluyendo sus vacíos entre ellos, integrados en un determinado volumen. Este dato es importante en el diseño de mezclas considerando que valores altos, nos dan la referencia de un agregado de buena dureza, resistencia y capacidad de acomodarse, unos con otros; mientras que por el contrario, valores muy bajos nos dan idea de agregados porosos, ligeros y de baja resistencia por lo tanto una mezcla pobre. Estos datos oscilan para agregados normales entre 1500 a 1700 Kg/m³.

Un punto que se debe tener en cuenta es la humedad del agregado puesto que este factor aumentará su valor en agregados gruesos y en caso de agregados finos si está superficialmente saturado origina pesos unitarios menores debido a que la película que cubre las partículas no dejan que se compacten. La importancia es muy grande si el diseño de mezclas se efectuara por volumen. (Zapata C., 2007)

- CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en el suelo al momento de efectuar el ensayo, relacionado al peso de su fase sólida. (Rodríguez & Lazo, 2005)

Se representa por la siguiente expresión:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} = \frac{W_h - W_s}{W_s}$$

Donde; W : Humedad
 W_h : Peso de muestra húmeda
 W_s : Peso de muestra seca

La expresión anterior también se puede representar en porcentaje.

- **RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**

La resistencia que los agregados gruesos oponen a sufrir desgaste, rotura o desintegración de partículas por medio de la abrasión, es una característica que suele considerarse como un índice de su calidad en general, en particular de su capacidad para producir concretos durables en condiciones de servicio donde intervienen acciones deteriorantes de carácter abrasivo. Asimismo, se le considera un buen indicio de su aptitud para aportar sin daño, las acciones de quebrantamiento que frecuentemente recibe el agregado grueso en el curso de su manejo previo a la fabricación del concreto.

La prueba con que se califica de ordinario la resistencia de los agregados gruesos a la abrasión, se lleva a cabo en la máquina Los Ángeles mediante dos procedimientos, uno para tamaños menores a 38mm (ASTM C131) y otro para los tamaños entre 38 y 76mm (ASTM C535). En esta prueba se cuantifica como pérdida por abrasión, 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 de esferas metálicas dentro de un cilindro giratorio, al cabo de un determinado número de revoluciones.

Las especificaciones de uso común (ASTM C33) establecen una pérdida máxima permisible de 50% de esta prueba. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

2.1.2.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS

Las sales inorgánicas que ocasionalmente pueden hallarse como contaminación en los agregados de origen natural son los sulfatos y los cloruros, principalmente estos últimos, como ocurre en los agregados de procedencia marina. La presencia excesiva de estas sales en el seno del concreto es indeseable por los daños que pueden ocasionar, si bien difieren en su forma de actuar y en la manifestación e intensidad de sus efectos.

Los sulfatos, tienen la facultad de reaccionar con el aluminato tricálcico (C_3A) del cemento portland, para producir expansiones capaces de destruir paulatinamente al concreto, sin embargo, para que esto ocurra, se requieren altas concentraciones de sulfatos que normalmente pueden provenir del exterior de la estructura, ya que las cantidades que eventualmente contienen los agregados no producen concentraciones riesgosas, a menos que coincidan con altos contenidos de estas sales en el agua de

mezclado, y que al sumarse produzcan una concentración de sulfatos mayor a 3000ppm, como SO_4 en el agua total de concreto. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

Tabla 2.5 Límites máximos permisibles en el contenido de cloruros del concreto recién mezclado

Condiciones de exposición y servicio de la estructura	Máximo contenido permisible de cloruros en el concreto, kg(Cl-)/m ³	
	Reforzado	Preesforzado
Concreto en ambiente húmedo y expuesto a la acción de los cloruros	30%	15%
Concreto en ambiente húmedo y sin estar expuesto a la acción de los cloruros	50%	25%
Construcciones sobre el nivel del terreno, en donde el concreto permanece seco	Sin limitación especial	0.35

Fuente: (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

2.1.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.1.3.1 TRABAJABILIDAD.

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado, y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia. (Abanto Castillo, 1995)

Conforme se expuso previamente, la trabajabilidad de las mezclas de concreto se define en función de las facilidades que ofrecen para ser utilizadas sin perder homogeneidad, lo cual involucra todos los aspectos relacionados con la fabricación y uso del concreto, desde que se le dosifica y mezcla hasta que finalmente se encuentra colocado y compactado, formando parte de la estructura.

De acuerdo con el Comité 309, hay tres principales características funcionales del concreto en estado fresco que determinan la trabajabilidad:

- ✓ Estabilidad

Esta característica se refiere a la resistencia que las mezclas oponen para segregarse y exudar agua (sangrado); en otras palabras, representa su disposición para conservarse homogéneas.

✓ Compactabilidad

Corresponde a la facilidad con que las mezclas de concreto permiten la remoción del aire atrapado durante el moldeo, a fin de lograr un alto grado de compactación en el concreto endurecido.

✓ Movilidad

Representa la aptitud de las mezclas de concreto para deformarse y fluir; tal característica depende de la cohesión, viscosidad y ángulo de fricción interna del concreto fresco. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 2, 1994)

2.1.3.2 CONSISTENCIA

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

En su definición de términos, el comité ACI 116 identifica la consistencia del concreto recién mezclado con su relativa movilidad para fluir y admite que la manera más usual para evaluarla es por medio de la prueba de revenimiento. Por su parte el comité ACI 309 opina que la consistencia de las mezclas de concreto, es una característica que se relaciona principalmente con el tercer aspecto de la trabajabilidad, definido como “movilidad”, pero también considera que esta característica determina la facilidad con que una mezcla puede ser compactada, es decir, que también tiene relación con el segundo aspecto de la trabajabilidad, designado como “compactabilidad”, conviene observar, entonces, que en ningún caso se asocia la consistencia de las mezclas de concreto con el aspecto de su estabilidad, o aptitud para conservarse homogéneas. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 2, 1994)

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “Slump Test” es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba desarrollada por Duft Abrams, fue aprobada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1987.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de retirar el molde.

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

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

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

2.1.3.3 RESISTENCIA

La resistencia de concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. (Abanto Castillo, 1995)

- La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.
- La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de mezclas debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste; pueden ser tanto más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra. (Rivva López, 2010)

Factores que afectan la resistencia:

- A. Relación agua/cemento (a/c). Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación a/c , afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c .
- B. El contenido de cemento. La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

- C. El tipo de cemento. La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.
- D. Las condiciones de curado. Dado que las relaciones de hidratación del cemento solo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo. (Abanto Castillo, 1995)

2.1.3.4 SEGREGACIÓN

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o agregado fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado se precipite al fondo mientras que la "lechada" asciende a la superficie. Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de medio metro el efecto es semejante. También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, es máxima si estas presentan cambios de dirección. El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación. (Abanto Castillo, 1995)

2.1.3.5 EXUDACIÓN

Es 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.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua/cemento en esta zona.

Como producto del ascenso de una parte del agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable. (Abanto Castillo, 1995)

2.1.3.6 DURABILIDAD

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácido acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro desintegran o dañan el concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos, se debe usar cemento Portland tipo V. La resistencia al desgaste, por lo general, se logra con un concreto denso, hecho con agregados duros. (Abanto Castillo, 1995)

2.1.4 LA TEMPERATURA EN EL CONCRETO

La variación de temperatura del concreto, al ser mezclado puede producir variaciones en la consistencia de la mezcla. Su temperatura es igual a la combinación de las temperaturas de sus componentes, considerando sus proporciones.

A igualdad de cantidades, la temperatura del agua es la que más influye en la temperatura del concreto recién mezclado, debido al calor específico ($1\text{cal/g}^{\circ}\text{c}$). Sin embargo, debido a que el agua se utiliza en menor proporción y que en condiciones ordinarias su temperatura se mantiene razonablemente estable durante el suministro, son más bien el cemento y los agregados los componentes cuyas variaciones de

temperatura suelen reflejarse en las temperaturas resultantes en las mezclas de concreto. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 2, 1994)

La temperatura natural resultante en una mezcla de concreto está en función de la temperatura de cada uno de sus componentes y sus cantidades en que estos se utilizan conforme al proporcionamiento previsto.

2.2 DISEÑO DE MEZCLAS

Es la selección de las proporciones de los materiales que conforman el concreto, para que este posea propiedades que se exigen en obra, tanto para el estado fresco como para el endurecido.

1. La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de obra.
2. En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, el diseñador debe recordar que la composición de la misma está determinada por:
 - a. Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.
 - b. Las propiedades del concreto al estado no endurecido, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
 - c. El costo de la unidad cúbica de concreto. (Rivva López, 2010)

2.2.1 MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Este método logra que la relación de agregados grueso-fino se modifique en relación al contenido de pasta en consideración al contenido de cemento de esta.

Staton Walker, conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio de concreto de la universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto en el cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de fineza de la mejor combinación de agregados para las condiciones planteadas por las especificaciones de obra. (Rivva López, 2010)

2.3 ESTADÍSTICA Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

2.3.1 ESTADÍSTICA

El análisis estadístico, de importancia en la evaluación de los resultados, nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas, y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluar los resultados de resistencia a compresión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación Standard, en función a la siguiente tabla:

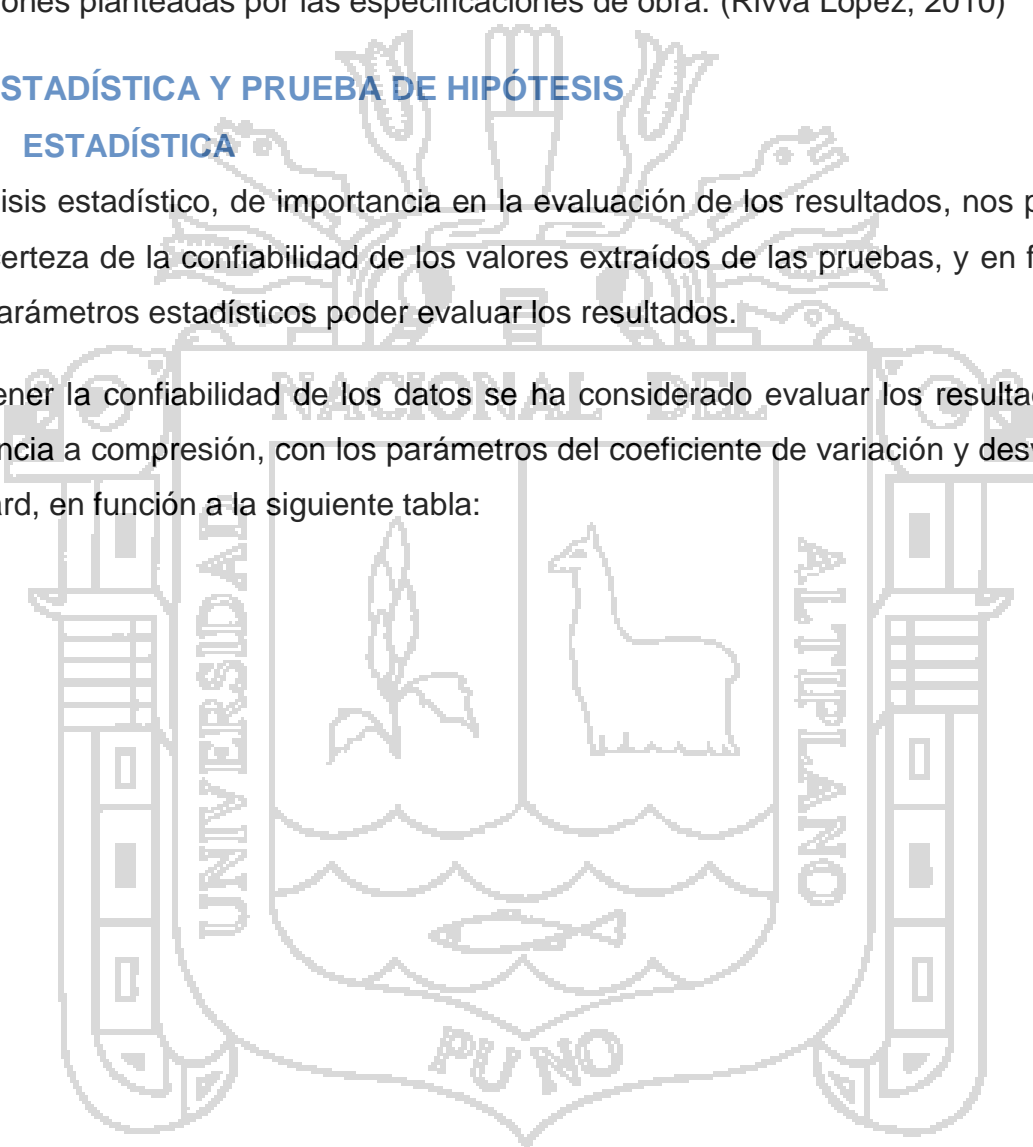


Tabla 2.6 Valores de dispersión en el control de concreto.

DISPERSIÓN TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (kg/cm ²)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
CONCRETO EN OBRA	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
CONCRETO EN LABORATORIO	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (%)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
CONCRETO EN OBRA	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
CONCRETO EN LABORATORIO	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Fuente: (Pasquel Carvajal, 1999)

Con la certeza de tener confiabilidad de los datos, se realizará la gráfica de la distribución de frecuencia de datos, que deben cumplir la distribución Normal o distribución de Gauss y ajustarse a ella.

2.3.2 LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución más utilizada para modelar experimentos aleatorios es la distribución Normal, considerando el concepto básico de una variable aleatoria binomial que nos permite proporcionar aproximaciones a las probabilidades binomiales, tal que puede mostrarse un experimento aleatorio que está formado por una serie de ensayos independientes, donde cada uno da como resultado un valor observado de la variable aleatoria en particular. Entonces la variable aleatoria que representa el resultado promedio de los ensayos tiende hacia una distribución con una función de densidad correspondiente a la función siguiente:

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

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

x : Variable aleatoria (cada resultado de $f'c$).

u : Promedio o media. Proporciona una idea del lugar donde están concentrados los valores que toma la variable x .

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

A continuación se presentan algunos conceptos inherentes al tema de estudio, los cuales nos permitirán entender mejor el concepto de distribución normal y de la estadística aplicada a esta investigación.

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

Distribución de probabilidad o distribución de una variable aleatoria X.- Es una descripción del conjunto de valores posibles de X (f_x) junto con la probabilidad asociada con cada uno de estos valores, siendo éste el resumen más útil de un experimento aleatorio.

Para esta investigación la probabilidad sería que estos resultados lleguen a obtener la resistencia de diseño.

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

2.3.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Una hipótesis estadística es una afirmación o conjetura acerca de una o más poblaciones.

No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene tal muestra para proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta. (Estuardo M., 2012)

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro “u” es el siguiente:

1. Identificar el parámetro de interés. Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia promedio de cada grupo de concreto, se denotará como “u”. El desarrollo detallado se ubica en el Capítulo 6 de esta investigación.
2. Establecer la hipótesis nula (H_0). Su planteamiento siempre debe tener un valor exacto del parámetro poblacional. Por ejemplo $H_0: u=140$, sin embargo para la comparación de dos poblaciones, como es el caso de esta investigación se planteará $H_0: u_1 \leq u_2$.
3. Hipótesis alternativa (H_1). Esta admite varios valores. Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación; se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc. Para fines de esta investigación se plantea, $H_1: u_1 > u_2$.
4. Fijar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05, 0.01$ o 0.10). El nivel de significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia al concreto es 0.05 , con el cual se determina el “Z” de las tablas estadísticas (ver ANEXO 4). Este nivel de significancia será utilizado en todos los casos, y se calcula interpolando los siguientes valores:

Tabla 2.7 Cuadro de interpolación para obtener Z.

	Puntuación "Z"	Distancia de "Z" a la media	Área de la parte mayor	Área de la parte menor
De la tabla	1.64	0.4495	0.9495	0.0505
Interpolar	Z	-	0.9500	0.0500
De la tabla	1.65	0.4505	0.9505	0.0495

De donde, para un nivel de significancia de 0.0500, $Z = 1.645$. Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis.

5. Seleccionar el test estadístico o estadístico de prueba. El estadístico de prueba nos va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada, en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia. Si se tienen dos poblaciones en estudio y se quieren comparar una con otra el estadístico de prueba será:

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

Donde:

Z_0 : Estadístico de prueba.

u_1 : Resistencia promedio del primer grupo.

u_2 : Resistencia promedio del segundo grupo.

σ_1 : Desviación estándar del primer grupo.

σ_2 : Desviación estándar del segundo grupo.

n_1 : Cantidad especímenes del primer grupo

n_2 : Cantidad de especímenes del segundo grupo.

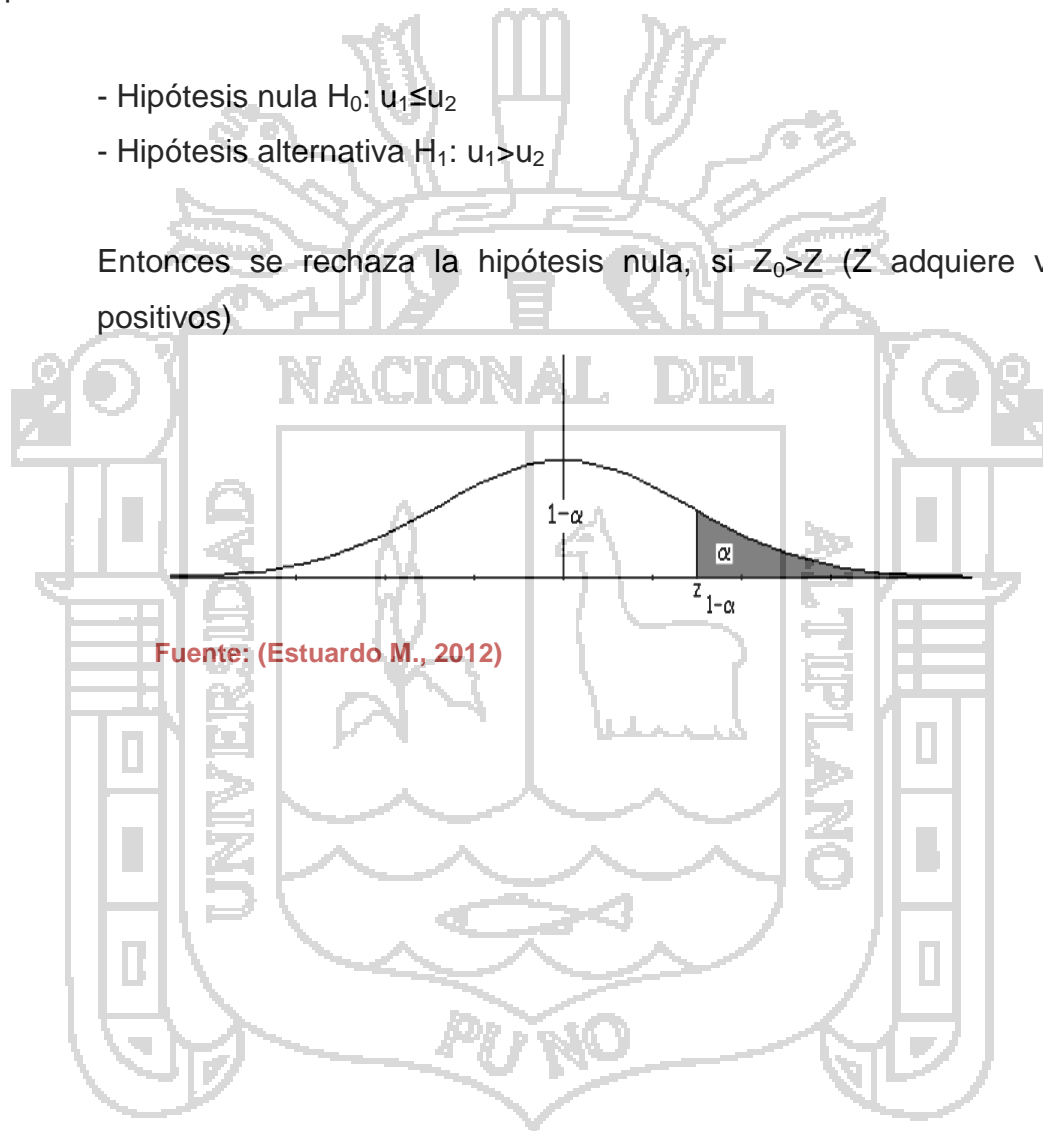
Donde se considera que si ambas poblaciones presentan una distribución normal entonces la distribución de $X_1 - X_2$, también será una distribución normal con media $u_1 - u_2$ y varianza $\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$.

Las puntuaciones Z nos indican la dirección y grado en que un valor individual obtenido se aleja de la media (u) en una escala de unidades de desviación estándar. (Zapata C., 2007)

6. Establecer la región de rechazo para el estadístico. La región de rechazo se realiza en base a la puntuación de Z . Si el valor calculado del test estadístico cae en la región crítica rechazar H_0 , en caso contrario no rechazar H_0 y concluir que la muestra aleatoria no proporciona evidencia para rechazarla. En la imagen se muestra la región de rechazo de acuerdo al planteamiento para esta investigación, dicha región se encuentra sombreada. Para la investigación se plantea:

- Hipótesis nula $H_0: u_1 \leq u_2$
- Hipótesis alternativa $H_1: u_1 > u_2$

Entonces se rechaza la hipótesis nula, si $Z_0 > Z$ (Z adquiere valores positivos)





La generación de residuos aumenta de manera proporcional con relación a la mejora en el nivel de vida de las personas. Las condiciones y la calidad de vida se han ido transformando conforme pasa el tiempo, hallándose que la proporción de residuos orgánicos ha disminuido, y la proporción para plásticos, papel y envases ha venido aumentando.

El hombre en todas sus acciones y afán de satisfacer sus necesidades para tratar de tener una vida cómoda genera una gran cantidad de residuos, la industria de la construcción no es la excepción, estudios alrededor de varios países del mundo señalan con gran énfasis las estimaciones anuales en peso de este tipo de desechos, como es el caso de: Alemania que genera 44 millones de toneladas de este tipo de residuos al año, Estados Unidos que estima 140 millones de toneladas anuales de los residuos de construcción y demolición. (Bossink B., 1996). Además el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente de Chile (SESMA) estima que se generaron 3.5 millones de toneladas de estos desechos en el año 2001. Observando estas cifras, se concluye que un estudio del potencial de reciclado de estos materiales es digno y necesario.

Algunos de estos desechos son: hierro, acero, cobre, ladrillo, vidrio, madera, bloques de mampostería, plástico, tabla roca, bolsas de cemento y concreto siendo este último uno de los que más volumen de desechos sólidos generan por lo que resulta adecuado para estudiar y analizar si es posible fabricar un concreto reciclado, es decir triturar el concreto demolido y utilizarlo como agregado grueso.

3.1 CONCEPTOS GENERALES

Los conceptos que a continuación se presentan se basan en el Decreto 1713 del 6 de Agosto de 2002, Colombia.

Residuo sólido. Residuo Sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios; que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

Residuo sólido aprovechable. Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo. Los residuos sólidos aprovechables son parte de la fuente de trabajo de los recicladores de las ciudades. Los escombros pueden ser considerados como parte de este tipo de residuos.

Residuo sólido no aprovechable. Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

Escombros. El material residuo de actividades de demolición, remodelación y construcción es conocido como escombros. Usualmente, los escombros se clasifican como residuos urbanos, aunque están más relacionados con la actividad industrial que doméstica. La tendencia actual de la construcción sostenible es mediante la búsqueda de la eficiencia para lograr la reducción de impactos negativos en las distintas labores que comprende la ingeniería. Diversos estudios experimentales se han desarrollado en base al aprovechamiento del concreto, como residuo sólido producto de demoliciones. Algunos de los materiales que se reciclan pueden presentar propiedades físico-mecánicas que afectan la calidad, resistencia y durabilidad del concreto que se produce.

Por tanto es necesario verificar el contenido de material arcilloso y la densidad que se alcanza al compactar estos materiales y contemplar las variables en el diseño de la mezcla de concreto. Durante el desempeño económico e industrial de las empresas del sector de la construcción se generan escombros. Hoy en día, durante el desarrollo de una obra un porcentaje despreciable de estos materiales se recupera. Las nuevas políticas ambientales destacan el reciclaje o rehúso para contribuir a la disminución de costos ambientales por aseo y limpieza fuera de la obra.

3.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES GENERADORAS DE ESCOMBROS

Son varias las etapas por las que pasa una construcción para que esta sea terminada. Todo proyecto de construcción en un terreno baldío empieza con actividades de limpieza del terreno, seguido de la excavación y la preparación de los cimientos, que normalmente son armados utilizando concreto. En términos generales, en todas las etapas de un proceso constructivo se generan escombros que deben ser manejados adecuadamente. A continuación se describe cuáles son las principales actividades de construcción y/o remodelación que generan escombros:

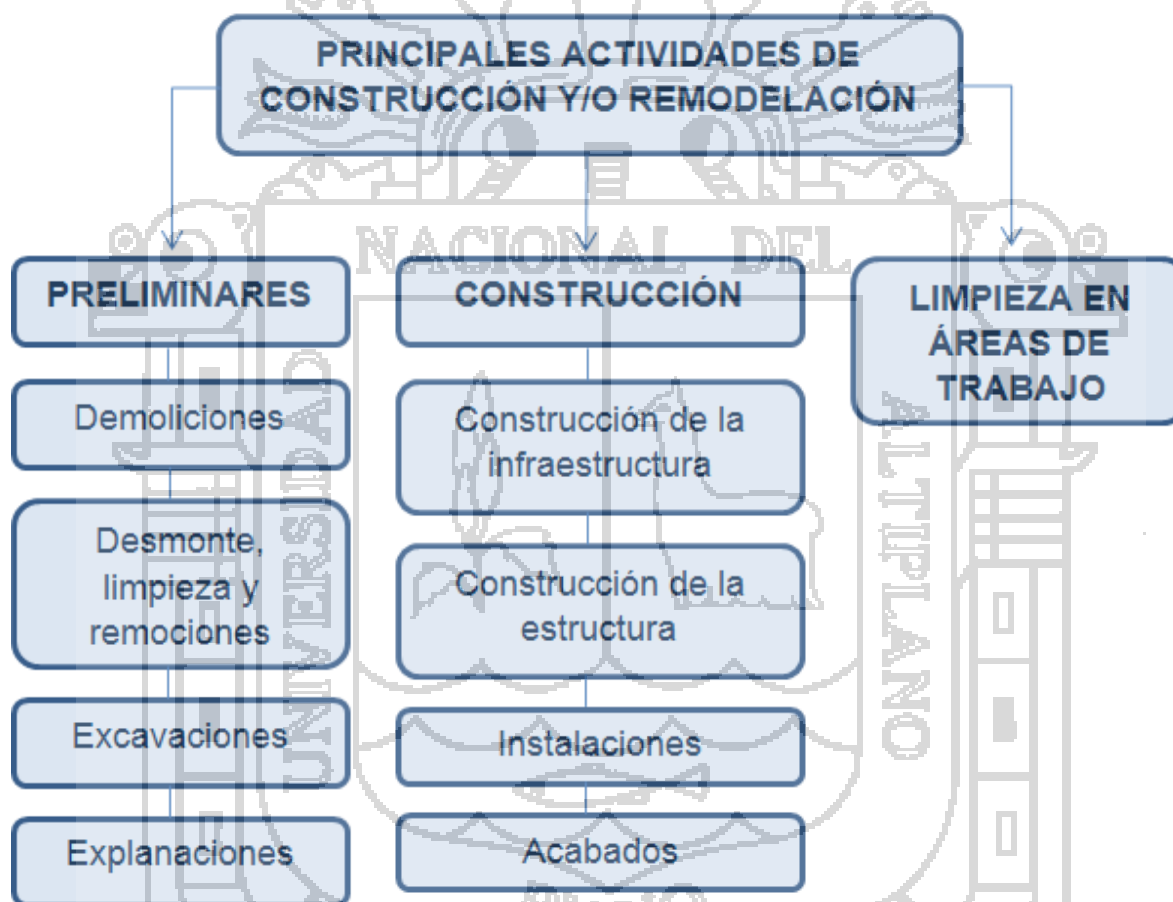


Fig. 3.1 Principales actividades de construcción y/o remodelación. (Jaramillo, 1995)

Preliminares. Durante el desarrollo de las actividades preliminares los escombros generados se manejan dentro del área de influencia del proyecto en zonas previamente delimitadas. Es importante definir cuál es el área total que involucran los trabajos, considerando las zonas donde se emplazarán las obras, los sitios para campamentos, tránsito peatonal o de vehículos, sitios de depósitos o almacenamiento de materiales de construcción, áreas para la disposición de escombros y aislamiento.

Se consideran actividades preliminares las labores de cerramiento y aislamiento del lote o zona de la obra, las demoliciones, la localización y replanteo, el desmonte y limpieza, la remoción, las excavaciones y la explanación.

Demoliciones. Producen materiales que en un alto porcentaje son reutilizables y/o reciclables. Los materiales que se pueden reutilizar en actividades posteriores de la obra son los áridos y minerales, constituidos básicamente por residuos de mampostería, de placas de concreto y de estructuras como vigas y columnas en concreto armado o metálicas.

Desmonte, limpieza y remociones. El terreno natural o áreas que ocuparán las obras comúnmente se encuentran cubiertas de restos, maleza, bosque, pastos y/o cultivos. Esta actividad incluye también la remoción de troncos, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

Excavaciones. Un alto porcentaje de los materiales provenientes de esta actividad pueden usarse posteriormente en la misma obra, ya sea como rellenos o como capas de base.

Explanaciones. Se refieren a las labores cuyo propósito es definir perfiles y niveles definitivos para las cimentaciones de las estructuras. El material que se genera en esta actividad es similar al que se produce en las excavaciones. El material proveniente de explanaciones puede ser almacenado en sitio o dispuesto en sitios de acopio para ser utilizado en rellenos para proyectos viales o inclusive para proyectos de vivienda.

Construcción de estructuras

Las estructuras corresponden al tipo de obra que forma el “armazón” a partir del cual se crea el proyecto definitivo. En esta parte se considera la utilización de materiales de construcción y producción de escombros que pueda haber en las siguientes actividades:

- a. Construcción de infraestructura. Comprende las actividades de cimentación, vigas, columnas y placas. En la ejecución de esta parte de la obra pueden

producirse escombros y sobrantes de materiales de construcción como: agregados pétreos, arenas de las mezclas de concreto, sobrantes de mezclas, recortes de varilla o hierro, puntillas y pedazos de madera utilizada como formaleta.

- b. Albañilería. Conocida como la elaboración de mampostería, pañetes y cubierta. La mayor producción de escombros se concentra en los pedazos de ladrillo, teja o bloque utilizados para la elaboración de mampostería y cubiertas. En segunda instancia, están los escombros de materiales áridos para las mezclas de mortero y resto de mezcla.
- c. Instalaciones. Pueden ser instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, mecánicas, gas y electrónicas. Esta actividad produce escombros como restos de tuberías, pedazos de cables y alambres, empaques de pegantes, empaques de papel o cartón.
- d. Acabados. En la primera parte de los acabados se ejecutan actividades como elaboración de estucos, cielo raso, afinado de piso, carpintería en blanco y aparatos sanitarios. En la segunda fase se ejecutan actividades relacionadas con pintura, enchapes, acabado de pisos, instalación de accesorios, decoración y paisajismo. Esta actividad produce escombros como restos de cal, de pinturas, de thinner, de hidrocarburos, y motero o lechadas, recortes de virutas, aserrín de madera y de carpintería metálica, envases y empaques de plástico, cartón o papel: y tierra o material vegetal, principalmente.

Limpieza en áreas de trabajo

En cualquier estado que se encuentre la obra, los procesos de limpieza van a generar escombros y basura. En algunos de los procesos y trabajos se generan aguas de desperdicio. En las obras pueden generarse aguas residuales en circunstancias como:

- a. Lavado de herramientas de trabajo.
- b. Lavado de equipo y maquinaria.
- c. Lavado y limpieza de llantas y partes exteriores de vehículos de transporte a la obra.
- d. Lavado de tanques o recipientes de almacenamiento.
- e. Sobrantes de agua: utilizados en la fabricación de mezclas de concreto, mortero, lechadas.

- f. Agua de lluvias. Procedentes de patios, vías y zonas libres dentro de la construcción.

3.3 IMPORTANCIA DEL RECICLADO DE CONCRETO

Una tendencia global, tanto en la industria de la construcción como en cualquier industria, es la preservación y la protección del medioambiente, mediante un desarrollo sustentable. La construcción es una industria como cualquier otra, y por lo mismo se considera, cada vez más, tomar las medidas pertinentes para lograr una producción más amigable con el Medio Ambiente.

Siendo el concreto el material más utilizado en el área de la construcción, es natural que la idea de reciclarlo apareciera como una necesidad para la viabilidad ecológica del rubro; luego, la idea de reciclarlo como árido en nuevo concreto surgió como parte de una solución prometedora para preservar el Medio Ambiente. Hoy en día, se ha vuelto una realidad factible, para ser parte de un desarrollo sustentable.

La experiencia de los países europeos, de los Estados Unidos y de algunos países asiáticos, donde ya se recicla gran parte del concreto, existiendo normativas y reglas de uso, es amplia y puede servir para promover este uso en Perú; con residuos utilizables en geotecnia, carreteras o en estructuras.

Existen dos razones principales impulsando el reciclaje del concreto. Primero, las cantidades de concreto que se descartan son muy importantes; además, la falta de organización y de cuidado en la construcción conduce a este desperdicio de concreto: según un estudio de la Pontificia Universidad Católica, aproximadamente 30% de los materiales se desperdician al construir. Luego, para aprovechar este recurso y no dejar que se pierda tanto material y tanto espacio, la reutilización del concreto como árido parece muy adecuada. El segundo argumento a favor guarda relación con la escasez de materias primas como los agregados, provocada por la gran demanda de recursos básicos. Sin embargo, es necesario destacar que el reciclaje del concreto tiene poco impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero puesto que la mayoría de las emisiones se generan al producir el cemento, que no puede ser reciclado. De esta forma, los principales efectos del reciclaje del concreto están orientados a la disminución de la explotación de los recursos naturales y a la disminución de la utilización de tierras como botaderos.

3.4 PRODUCCIÓN DE LOS ÁRIDOS RECICLADOS

El reciclaje del hormigón usado consiste en romper el hormigón existente, llevarlo a una planta adaptada, luego triturarlo y usarlo como árido en la nueva pasta de cemento. Su uso es posible en sub-base de pavimento, como agregado pétreo, pero también se puede usar en nuevo concreto, que sea estructural o no.

Si los escombros de concreto provienen de concreto armado, es necesario hacerle un tratamiento específico al quitar las armaduras, lo que vuelve el proceso bastante más caro. Es por esta razón económica que se puede reciclar en prioridad concreto no armado usado en pavimentos u otros.

Luego, el concreto sólo se procesa en una planta chancadora que lo tritura para llegar a un tamaño aceptable, según los requisitos exigidos. El uso predominante de los áridos hechos a partir de concreto reciclado es como reemplazo parcial o total del árido grueso, se usa poco como parte del árido fino, debido a su gran demanda de agua.

3.4.1 COMPLEJIDAD DEL PROCESO EN PLANTA DE RECICLAJE

El residuo, que es la materia prima, para su reciclaje requiere de la incorporación o intensificación de determinadas etapas en el proceso productivo, cuando se persigue garantizar una determinada calidad y composición del producto reciclado.

“La guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición” indica que el proceso de producción completo requiere de los siguientes procesos básicos:

- a. Control de admisión: conjunto de procedimientos de control de documentación, registro e identificación/evaluación que permiten realizar una clasificación inicial de la materia prima y garantizar la trabajabilidad del material aceptado en planta.
- b. Clasificación: proceso de separación mecánica o manual de los elementos considerados contaminantes de los RCD;
- c. Reducción de tamaño: proceso mecánico de reducción del tamaño de las partículas y de separación de componentes de diferentes fracciones del material procesado;

- d. Limpieza: proceso de separación más refinado de las partículas de residuos producidas que utiliza métodos de separación por gravedad, a través del uso de agua o aire, permitiendo también la eliminación de sustancias peligrosas;
- e. Cribado: proceso de separación de las partículas por usos granulométricos específicos, que otorgan las características finales al producto (uso granulométrico).

Tabla 3.1 Esquema general de procesos para una planta de reciclaje.

ETAPA	TIPO DE PROCESO	PROCESO
Control de admisión	Manual	Control organoléptico inicial (color, olor y textura)
	Manual y/o	Documentación de origen
	Manual	Identificación de contaminaciones
	Manual y/o informático	Pesaje
	Manual	Definición de acopios específicos por material de entrada
Pre tratamiento (separación de entrada)	Manual	separación manual en acopio
	Mecánico	Separación mecánica en acopio (uso de martillos, palas y retroexcavadoras)
Precibado	Mecánico	Alimentador precibador
		Trómel
Clasificación y limpieza	Manual	Cabina de triaje
	Mecánico	Trómel
		Electroimanes
		Lavadoras
		Sopladores
		Ciclon
Trituración primaria o secundaria	Mecánico	Mandíbulas
		Impacto
		Conos
Cribado	Mecánico	Cintas y criba

Fuente: (GERD, 2008 - 2011)

3.4.1.1 CONTROL Y SEPARACIÓN DE ENTRADA

El control de admisión es un factor determinante para conseguir un proceso productivo adecuado y garantizar productos de calidad. Un buen control de admisión permite un buen dominio sobre todo el proceso productivo, sobre sus ajustes y, finalmente, sobre los productos, minimizando así riesgos e incertidumbres en la calidad.

En general, el proceso de clasificación del material a la entrada de la planta (separación de elementos reutilizables y elementos contaminantes) consiste en descargar el R.C.D. mixto sobre la zona de descarga. En este momento las piezas mayores de madera, paredes aislantes, metales y otros elementos son extraídos con cargadoras y retroexcavadoras. Los grandes bloques son fraccionados hasta un tamaño adecuado mediante un martillo neumático. La gran mayoría de las plantas almacenan los materiales impropios separados en contenedores específicos debidamente señalados según el tipo de material. Estos residuos se envían posteriormente a gestores de residuos externos autorizados.

3.4.1.2 PRE TRATAMIENTO

El precibado consiste en la separación de los áridos de excesivo tamaño o de tamaño demasiado pequeño. Este procedimiento previo al proceso de trituración y clasificación puede tener como objetivo:

- Precibado de alimentación o cribado pre alimentador: Controla el tamaño de entrada de materiales al triturador primario. En este caso el sistema, en general, está compuesto por un alimentador precribador. El material que pasa por la primera criba es la alimentación de la línea de clasificación o del molino primario, mientras que el rechazo es acopiado para su posterior reducción con auxilio de martillos neumáticos.
- Precibado de finos: Separa los materiales con granulometría más fina que no necesiten pasar por trituración y clasificación. En este caso, el sistema en general está constituido por una criba de corte. El material que pasa por la primera criba es acopiado como un producto final mientras que el rechazo sigue la línea de clasificación o del molino primario. Normalmente, el fino generado a partir del precibado son considerados de calidad inferior al material de la misma granulometría producido al final del proceso de trituración,

ya que presentan un gran contenido de tierra y arena. El material precibado es acopiado y separado de su material equivalente triturado y se comercializa para aplicaciones menos exigentes.

Mientras el cribado prealimentador es un procedimiento que contribuye a la optimización del uso y el mantenimiento de los equipos de clasificación y trituración de la planta, el precibado de finos contribuye directamente a la calidad de los productos generados. El precibado de finos sirve para diferenciar los finos considerados sucios y/o de calidad inferior de los finos generados por el proceso de machaqueo del R.C.D. clasificado y limpio.

Este proceso puede ser considerado como una limpieza del material de entrada. En ese contexto se considera que la existencia del precibado de finos en una planta de reciclaje es muy importante para la obtención de productos finales que incluyen fracciones finas de buena calidad como puede ser el lastre reciclado.

3.4.1.3 CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA

En la etapa de clasificación tiene lugar la adecuada separación de los materiales heterogéneos que componen los residuos. En este proceso se separan los materiales pétreos (hormigón, ladrillo, albañilería y cerámica) de los no pétreos (metales, madera, plásticos, etc.).

Tabla 3.2 Componentes perjudiciales de los R.C.D.

Tipo de material	Componentes perjudiciales	Propiedades específicas	Concepto para clasificación
Material ligero	Madera, papel y plásticos	Ligeros y generalmente grandes	Peso, tamaño y densidad
Material fino	Tierra y arena	Fracción fina (<4mm) lavable	Tamaño de la partícula
	contaminantes orgánicos	Ligero	Hidrofilia de la partícula y densidad
	Sal soluble	Soluble en agua	solubilidad
Material férrico	Hierro y acero	Magnético	Susceptibilidad mmagnética
Material no-férrico	Al, Cu, Zn, Pb y latón	Metal no magnético	Propiedad no magnética
Yeso	Sulfato	Más pesado que el hormigón y la cerámica	Densidad

Fuente: (GERD, 2008 - 2011)

3.4.1.4 TRITURACIÓN

Un sistema de reciclaje de áridos puede utilizar diferentes sistemas de trituración que, además, pueden combinarse en el diseño de la planta. Generalmente, la elección del sistema de trituración a emplear depende principalmente de tres factores: consumo de energía, coste de producción y calidad del producto. A continuación se presenta un resumen comparativo de las prestaciones que proporciona cada uno de ellos.

Tabla 3.3 Propiedades de los equipos existentes.

Propiedad	Mandíbulas	Conos	Impacto
Capacidad	Alta	Media	Bajo
Coste de producción	Bajo	Medio	Alto
Desgaste	Bajo	Bajo	Alto
Calidad del árido	Baja	Medio	Alto
Contenido de finos	Bajo	Medio	Alto
Consumo de energía	Bajo	Medio	Alto

Fuente: (GERD, 2008 - 2011)

Según el sistema de trituración adoptado, una planta de reciclaje se puede clasificar en los siguientes tipos:

- Sin sistema de trituración: En este caso la línea de producción no incorpora sistema de trituración alguno y se limita a clasificar, limpiar y/o tamizar el R.C.D.
- Tratamiento primario: El R.C.D. valorizado en planta pasa por un único proceso de trituración dentro de la línea de producción.
- Tratamiento primario y secundario: El R.C.D. valorizado en planta pasa por dos procesos de trituración dentro de la línea de producción. Puede llevarse a cabo por dos equipos distintos o por el mismo equipo de machaqueo a través de la recirculación por cinta del triturador

La adopción de sucesivos procesos de machaqueo, por otra parte, puede reducir considerablemente la cantidad de mortero adherido en los áridos reciclados de hormigón, y mejorar la forma laminar y angulosa de los áridos reciclados cerámicos dejándolo más esférico y menos laminar. Estudios japoneses indican que mediante un proceso de trituración utilizando un molino de impactos, el árido grueso de hormigón

resultante puede presentar del 35 al 40% de mortero adherido. Con una segunda trituración, realizada con molino de rodillos, el porcentaje anterior puede reducirse de un 17 a un 26%, mientras que con una tercera etapa de trituración se puede obtener finalmente un árido con solo 7% a 10% de mortero adherido.

Por otro lado, aunque la aplicación de más de un nivel de machaqueo produzca áridos de mejor calidad, la cantidad de finos se incrementa notablemente. Nagataki ha verificado que aquellos procesos llevados a cabo únicamente con la trituración primaria generan una cantidad final del 60% de áridos gruesos en relación a la totalidad de los residuos de hormigón reciclados. Y los procesos que incorporan dos o tres niveles de trituración generan solo 35% y 45% de áridos gruesos, respectivamente. (GERD, 2008 - 2011)

Es importante destacar que la selección y la complejidad del sistema de reciclaje utilizado dependerán del grado necesario de procesamiento de los R.C.D. Viene determinado por:

- La aplicación final del material reciclado. El diseño del proceso de producción de áridos reciclados para su utilización en hormigón, por ejemplo, es diferente del que requiere el proceso de producción de áridos reciclados para utilizarse en rellenos o subbases en firmes para carreteras;
- La cantidad de impurezas que contiene el residuo a ser procesado. La calidad del residuo recibido en la planta deberá indicar hasta qué punto los mecanismos de eliminación de impurezas deberán ser utilizados en el procesamiento.

Finalmente, la calidad del concreto original también puede influir sobre el valor del módulo granulométrico del árido reciclado. En general, considerando el mismo sistema de trituración, los áridos reciclados obtenidos a partir de hormigones de mayor resistencia presentan módulos granulométricos ligeramente superiores a los obtenidos a partir de hormigones menos resistentes.



4.1 ORIGEN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Fonseca, 2002)

Obtener agregados gruesos de concretos hidráulicos provenientes de las capas de rodamiento de pavimentos rígidos, demolidos por haber cumplido ya con su vida útil, porque no cumplen con la función para la cual fue diseñada debido al incremento del Tránsito Diario Promedio Anual, porque sufren fallas prematuras debido a malos procedimientos constructivos o porque se tienen que hacer reparaciones en el sistema de abastecimiento de agua potable y/o alcantarillado; se justifica como la mejor alternativa para reciclar, sobre los concretos de escombros de albañilería y los de concretos reforzados, ya que los concretos provenientes de escombros de albañilería representan un mayor trabajo y por lo tanto incremento en los costos debido a que generalmente se encuentran contaminados con otros tipos de residuos, el pensar en material proveniente de concretos reforzados aparenta ser de igual forma inconveniente ya que puede contener óxidos e incrementar los costos debido al trabajo adicional para la separación del acero, además de que la mayoría de las edificaciones de concreto son estructuras que no han llegado a su vida útil o que cumplen aun con la función para las que fueron diseñadas por lo que se descartaron estas dos últimas opciones. La obtención de agregado fino, a partir de concreto triturado es descartada, ya que el concreto contiene un porcentaje elevado de pasta (cemento-arena) y después de triturar se obtendría una gran cantidad de material que sobrepase los límites de granulometría permisibles para clasificar como agregado fino. (Landa, 2009)

Si el análisis de las distintas alternativas de conservación lleva a seleccionar como más adecuada la reconstrucción del pavimento existente, se debe considerar la posibilidad de reciclarlo, basándose en el costo y la disponibilidad de áridos en el entorno de la obra, la idoneidad de los áridos procedentes del reciclado para el uso

que se les quiera dar, los costos de llevar el material a vertedero y las consideraciones medioambientales. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

El árido reciclado, según las normas europeas armonizadas establecidas por el Comité Europeo de Normalización (CEN), es “El árido resultante del tratamiento del material inorgánico previamente utilizado en construcción”. (GERD, 2008 - 2011)

El reciclado del concreto en pavimentos es perfectamente viable cuando se utiliza como árido en la base del pavimento. Además, se puede sustituir el 60% del árido grueso por árido reciclado procedente de un pavimento de concreto. Esta es una práctica extendida en Austria y también utilizada en Alemania y Polonia, entre otros. (ASOCEM, 2014)

4.2 DEMOLICIÓN Y PROCESAMIENTO EN PLANTAS CHANCADORAS

4.2.1 DEMOLICIÓN

En la demolición de los pavimentos de concreto deben extraerse separadamente los materiales procedentes de las distintas capas y tomar precauciones para eliminar aquellos materiales que, como los concretos dañados por reacciones silico-alcálicas, no sean aprovechables.

Por otra parte, con objeto de aplicar la técnica más adecuada de demolición y reciclaje, es aconsejable llevar a cabo estudios previos de los materiales en la carretera a demoler, mediante:

- Recopilación de información técnica existente: año de construcción, estructura del pavimento, cargas de tráfico sufridas (especialmente de vehículos pesados), estrategias de mantenimiento llevadas a cabo, etc.
- Inspección visual para evaluar posibles anomalías existentes en las capas de pavimento.
- Recopilación de información sobre la cantidad y calidad del material a reciclar mediante la extracción de testigos y la realización de ensayos in situ y en laboratorio.

Con la demolición del pavimento se trata fundamentalmente de reducir el material a un tamaño que haga fácil su manejo y transporte hasta una planta de machaqueo, y separar lo máximo posible los elementos metálicos que contenga, además de las impurezas de cualquier tipo. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

Existen en la actualidad diferentes equipos que se pueden utilizar en la demolición de pavimentos de concreto. Su selección depende de las circunstancias de cada obra: tipo de concreto, su resistencia e integridad, la utilización que se vaya a dar al material demolido, etc. Los equipos más habituales son los martillos hidráulicos, los fracturadores de impacto y las mandíbulas hidráulicas; en los últimos años se han desarrollado nuevos equipos, como los fracturadores de chorro de agua a alta presión y los de resonancia.

Los **martillos hidráulicos** montados en retroexcavadoras, a pesar de sus bajos rendimientos -en torno a los 50 m²/h-, se han utilizado habitualmente en la demolición de pavimentos de hormigón, fundamentalmente cuando las losas tienen un espesor importante como sucede en los aeropuertos.

Los **fragmentadores de impacto** rompen el pavimento al dejar caer sobre el mismo, guillotinas o mazas metálicas. El rendimiento de estos equipos está influido por una serie de factores, como el espesor de las losas, la resistencia del hormigón, la cantidad y distribución del acero, y la capacidad de soporte de la base de apoyo del pavimento. En cada obra habrá que ajustar el número de pasadas del fragmentador, su velocidad de avance y la altura de caída de las masas. La energía de impacto debe también controlarse para minimizar el daño a las capas subyacentes y las obras de drenaje. El espaciamiento habitual es de 60 cm en losas de hormigón en masa, reduciéndose a unos 15 cm en las losas armadas, para poder retirar las armaduras haciendo posible su carga con pala. En losas de hormigón en masa de 20 cm de espesor se obtienen rendimientos del orden de 150 m²/h.

Las **mandíbulas hidráulicas**, montadas sobre equipos tractores, son capaces de ejercer una fuerza en su cierre sobre el material aprisionado, que procede de la demolición primaria, reduciendo sensiblemente su tamaño y facilitando, en su caso, la separación de armaduras antes del procesamiento en plantas de machaqueo.

Los **fracturadores de chorro de agua a alta presión**, con rendimientos de aproximadamente 10 m²/h, están indicados cuando se trata de eliminar un cierto espesor de las losas afectadas por deterioros superficiales, en pavimentos sobre tableros de puentes y en hormigón armado, rompiendo el hormigón que rodea a las armaduras sin dañarlas. Con estos equipos se consigue un coeficiente de reducción muy alto, y no se afecta la integridad de las capas subyacentes a la zona tratada.

Los **fracturadores por resonancia** permiten la trituración de losas de hormigón armado de hasta 30 cm de espesor en trozos no superiores a 25 mm, con rendimientos de 400 a 500 m²/h, así como la completa separación de la armadura y el hormigón.

4.2.2 PROCESAMIENTO EN PLANTAS CHANCADORAS

El machaqueo del material demolido puede hacerse en plantas fijas o móviles “in situ”.

Las plantas fijas son similares a las utilizadas para áridos naturales. Tras una primera fase de separación de los bloques con exceso de armadura metálica o demasiado grandes, el material se somete a un machaqueo primario mediante machacadoras de mandíbulas; en la cinta de salida de éstas se coloca un separador magnético que recupera los elementos metálicos, barras y pasadores de acero. El proceso continúa con el machaqueo secundario, en el que se utilizan machacadoras de impacto, obteniéndose, tras su cribado y clasificación, un material de granulometría adecuada a su utilización posterior.

Las plantas móviles están constituidas en la mayoría de los casos por una machacadora de mandíbulas o de impacto sobre orugas, que se mueve en función del ritmo de realización del trabajo. La alimentación se realiza mediante una pala de carga que accede por un terraplén o por rampas móviles. En estas plantas puede producirse una variación más amplia en el huso granulométrico debido a los desgastes y los ajustes periódicos a que debe ser sometida la machacadora.

Las plantas móviles constituyen la solución más económica para grandes proyectos debido a la reducción de gastos de transporte que se obtiene. En cualquier caso, la calidad de la nueva capa de firme depende en parte del resultado del proceso de machaqueo y mezclado. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

4.3 PROPIEDADES DEL MATERIAL PROCESADO

No se posee unas cualidades estándar de las propiedades del material reciclado ya que estas dependen de los materiales con los que fue elaborado y además, de su procesamiento que tiende a ser distinto en cada caso.

Propiedades del material original como su resistencia a la compresión, tipo de árido y cemento, edad, naturaleza o las condiciones ambientales de la antigua construcción, tienen influencia en las propiedades del material reciclado. Así mismo, la existencia de

impurezas (madera, papel, plásticos, betún o restos cerámicos) supondrá un factor determinante en algunas propiedades del nuevo material, como su comportamiento a la deformación o la sensibilidad a la helada. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

Algunos límites deben ser considerados sobre la contaminación permitida en el material reciclado, así sea sobrecapas de asfalto, parches, sello de juntas, o material de subbase. Se ha encontrado que algo de concreto asfáltico adherido no daña la mezcla y puede ser permitido. (Forster, 1986)

4.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS

La granulometría del material procesado debe adaptarse a las especificaciones que se exigen para las distintas aplicaciones. En general, el contenido de finos ($< 0,08$ mm) es muy reducido.

El árido reciclado, al proceder del machaqueo, tiene formas muy angulares. Además, debido al contenido de mortero adherido a los áridos naturales con los que se fabricó el concreto, tiene su textura superficial más áspera, su densidad más baja, y su porosidad y capacidad de absorción de agua más altas que las de los áridos de partida del mismo tamaño. Al disminuir el tamaño del árido reciclado, disminuye también la densidad y aumenta la absorción.

En la bibliografía internacional se indica que los áridos reciclados de tamaño superior a 4,75 mm presentan una buena resistencia a la abrasión (coeficiente de desgaste Los Ángeles entre 20 y 45) y a la acción de los sulfatos, así como una elevada capacidad de soporte (índices CBR entre 95 y 150).

En general, este tipo de materiales muestra una mayor variabilidad con el tiempo de sus propiedades físicas. Por otra parte, algunos proyectos de investigación han señalado que los métodos tradicionales de ensayo pueden no ser del todo apropiados para evaluar el comportamiento de los áridos reciclados, por ejemplo en lo relacionado con la sensibilidad a la helada. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

4.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

La composición química de los áridos reciclados refleja en gran medida la de los áridos que constituyen el hormigón de partida. Los componentes químicos del

cemento son la causa de la alta alcalinidad de estos materiales en contacto con el agua ($\text{pH} > 11$).

Además, si la alcalinidad es suficientemente alta se podrían llegar a dar en el concreto fabricado con áridos reciclados expansiones y fisuraciones no deseadas. En cualquier caso, no se recomienda el reciclaje de pavimentos que hayan presentado rápidos deterioros relacionados con reacciones silico-alcalinas y/o una mala calidad del concreto. El material reciclado puede estar contaminado con cloruros procedentes de las sales utilizadas como fundentes en la vialidad invernal o con sulfatos, si el pavimento ha estado en contacto con suelos ricos en ellos. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

4.3.3 ASENTAMIENTO DE CONO DE ABRAMS.

La consistencia en el concreto elaborado con material reciclado es de suma importancia, aunque es posible controlar esta propiedad teniendo mucho cuidado en la dosificación y corrección por humedad durante el diseño de mezclas.

En la investigación titulada: "Utilización del hormigón reciclado como material de reemplazo de árido grueso para la fabricación de hormigones", se precisa que el asentamiento de cono se ve afectado principalmente por la dosis de cemento, tipo de cemento y por el porcentaje de árido reciclado utilizado. En general, se observa un leve descenso de cono en los concretos con árido reciclado respecto a los concretos patrón. También se puede apreciar una pérdida de asentamiento de cono a medida que aumenta la cantidad de cemento empleada. Esto se advierte tanto en los concretos tradicionales como en los elaborados a partir de árido reciclado. Lo anterior puede atribuirse a que el aumento de la dosis de cemento implica una mayor cantidad de partículas de cemento a ser hidratadas con la misma dosis de agua, lo que produciría la pérdida de asentamiento registrada. (Carlos Aguilar, 2005)

4.4 APLICACIONES

Obras de tierra y terraplenes

Los áridos reciclados procedentes de la demolición de pavimentos de concreto pueden utilizarse en la ejecución de **terraplenes y rellenos**, pero esta valorización no es coherente con el principio de jerarquía, ya que existen otras valorizaciones que aprovechan mucho mejor las posibilidades de este tipo de materiales. Según la norma francesa NF P 11-300, estos materiales están adscritos a la familia F7, subproductos industriales, y para su empleo en terraplén, hay que tener en cuenta la homogeneidad de los mismos, su granulometría, así como la ausencia de armaduras y contaminantes. Para su empleo en explanada, la norma francesa requiere la eliminación de los tamaños superiores a 50 mm y de los finos, si el azul de metileno es superior a 0,2. Cuando se emplean en terraplén, relleno o explanada suelen utilizarse los materiales resultantes del pretratamiento y los áridos reciclados no clasificados, con un tratamiento previo muy reducido como es un machaqueo primario para satisfacer las exigencias de tipo granulométrico, y en su caso, la eliminación de armaduras.

Algunas administraciones norteamericanas de carreteras permiten el empleo de trozos de pavimento demolido, siempre que no se supere el tamaño máximo (150-200 mm). Para evitar problemas de corrosión, estos materiales no deben estar en contacto o en presencia de agua con tuberías de aluminio o acero galvanizado.

Firmes de carreteras

La aplicación más común de los áridos reciclados procedentes de pavimentos de concreto es en **capas de base o subbases granulares de nuevos firmes, tratadas o sin tratar**. Su proceso de almacenamiento y puesta en obra debe ser similar al de los áridos convencionales. Se debe tener especial cuidado para evitar la segregación de los áridos reciclados.

Cuando se utilizan en capas granulares sin tratar, aunque inicialmente la capacidad de soporte puede ser menor que en las capas granulares convencionales, debido a la mayor dificultad para su compactación, a lo largo del tiempo se suele cementar, igualando o superando la capacidad de soporte de otros materiales granulares.

Generalmente, se mezcla el material reciclado con arena de aportación que mejora su trabajabilidad y disminuye su permeabilidad.

Por otro lado, en secciones de firmes dotadas de drenaje subterráneo, es recomendable lavar los áridos previamente a su puesta en obra, para evitar que la precipitación de los lixiviados pueda obstruir los elementos de drenaje.

El tratamiento de los áridos reciclados con cemento o ligantes bituminosos aumenta la resistencia del material y reduce su permeabilidad y la posibilidad de lixiviados.

Los áridos reciclados pueden también utilizarse en la **fabricación de concreto**. Sus aplicaciones más habituales en capas de firmes son como concreto magro, concreto vibrado (con rodadura de 4 cm de concreto con áridos naturales), capas de base de concreto y concreto en pavimentos de arcenes. En todos estos casos, solamente se utilizarán los áridos procedentes de la demolición de pavimentos de concreto cuyos deterioros no sean imputables a la acción de la helada, reacciones árido /álcali, ataques de sulfatos o la acción de las sales fundentes. El proceso de diseño, fabricación y puesta en obra de los concretos en los que se utilizan los áridos reciclados es similar al de los concretos con áridos naturales, pero hay que tener en cuenta algunas consideraciones:

- La **alta absorción** de los áridos reciclados hace que sea necesaria una mayor cantidad de agua de amasado que cuando se emplean áridos naturales.
- Los áridos reciclados tienen el riesgo potencial de absorber agua de la mezcla si no se mantienen convenientemente saturados antes de su amasado.
- Se debe prestar especial atención al **contenido de áridos finos** reciclados (< 10 mm) en el nuevo concreto. La trabajabilidad del concreto fabricado con áridos reciclados depende en gran medida del contenido de áridos finos, no utilizándose altos contenidos debido a su angulosidad, alta absorción de agua y tendencia a apelmazarse durante su almacenamiento. Tampoco son apropiadas las propiedades de los áridos finos reciclados relacionadas con el hielo-deshielo, y por otra parte su uso tiene efectos adversos sobre la resistencia a la flexión. El porcentaje óptimo se debe fijar en cada proyecto, recomendándose entre el 10 y 20%, completando hasta el contenido total de árido fino con arenas naturales.

- Hay que cuidar especialmente **el curado** de los concretos fabricados con áridos reciclados de pavimentos de concreto. **La retracción y la fluencia** en el concreto fabricado con un contenido de árido grueso reciclado inferior al 20% del total son sensiblemente similares a las del fabricado totalmente con áridos naturales. Si el contenido de árido grueso reciclado aumenta hasta el 100%, la retracción puede aumentar hasta un 50% y la fluencia entre un 30 y un 60%, siendo aún mayor si se utiliza árido fino reciclado.
- **La resistencia** del nuevo concreto se mantiene sensiblemente para sustituciones de hasta el 30% del árido por árido reciclado. La resistencia a compresión del concreto disminuye ligeramente (10-20%) cuando la totalidad del árido grueso es reciclado; reduciéndose aún más cuando parte del árido reciclado utilizado es fino. Esto se debe a la mayor resistencia que tienen las arenas naturales en relación con los áridos finos reciclados que contienen un porcentaje importante de mortero del concreto original, especialmente el tamaño inferior a 2mm.
- El **consumo de cemento** en el concreto fabricado con áridos reciclados es algo mayor, para igualdad de resistencia, que si se emplean áridos naturales. Los valores de dosificación se verán incrementados unos 15 kg/m³.
- El **módulo de elasticidad** del concreto reciclado es siempre inferior (15-40%) al del concreto de referencia, alcanzado valores menores cuando se utiliza también árido fino reciclado. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

4.5 VENTAJAS

La resistencia al congelamiento y descongelamiento del concreto hecho con material reciclado es generalmente mejor que la de un concreto hecho con agregados naturales. (Forster, 1986)

Además de lo anterior, trabajar con áridos reciclados permite obtener beneficios medioambientales y económicos, los cuales se exponen a continuación.

4.6 CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

Desde el punto de vista medioambiental, el reciclado de pavimentos de concreto presenta una serie de ventajas, como son reducir el consumo de productos naturales y energía, y eliminar el impacto negativo de los vertederos.

En general, los áridos reciclados procedentes de los pavimentos de concreto no producen un efecto negativo en el medioambiente. En el caso que estén contaminados con cloruros, procedentes de las sales utilizadas como fundentes en la vialidad invernal, o por sulfatos, por haber estado en contacto con suelos que los contienen, se puede producir la corrosión de los elementos que contengan acero o fenómenos expansivos.

La alta alcalinidad de estos materiales en contacto con el agua ($\text{pH} > 11$) puede originar la corrosión de las tuberías de aluminio o galvanizadas en contacto con ellos. Aunque no parecen existir problemas medioambientales con los lixiviados procedentes de estos materiales, algunas jurisdicciones americanas estipulan distancias mínimas entre el material apilado y los cursos de agua debido a su naturaleza alcalina. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

4.7 ASPECTOS ECONÓMICOS

El reciclado de pavimentos de concreto conlleva ventajas económicas, tanto en el ahorro de materiales naturales como en el espacio que ocuparía el material en vertedero. La tendencia general es su reutilización en la propia carretera.

Siguiendo el principio de “quien contamina paga”, cada vez existe una mayor diferencia en las tasas de vertido dependiendo del tipo de residuo, penalizando el vertido de residuos mezclados. (Centro de Experimentación de Obras, 2011)

4.8 PROPORCIÓN DE MEZCLAS

El material reciclado triturado puede ser usado para agregado grueso y fino, sin embargo usar del 15 al 30% de arena natural en los finos puede mejorar la trabajabilidad y el acabado de la mezcla.

La dosificación de mezclas puede ser determinada a partir de mezclas de pruebas en laboratorio. Se debe buscar que la proporción de material grueso y fino reciclado sea la misma relación a la que es producida en la trituradora.

El contenido de cemento va relacionado de acuerdo con la resistencia deseada como lo es en una mezcla convencional, y el contenido de agua la necesaria para poder garantizar una adecuada trabajabilidad y acabado sin ser tan alta que se requiera mayor contenido de cemento para mantener la resistencia. (Forster, 1986)

Además, para mejorar estas características se pueden usar adiciones de agregados finos naturales, manteniendo el contenido de agua a un nivel razonable. También los reductores de agua pueden ser considerados en las especificaciones para mantener las relaciones agua – cemento en un nivel aceptable. Reductores de vacíos y cenizas volantes también incrementan la trabajabilidad.





5.1 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO

5.1.1 TRATAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO

5.1.1.1 DATOS DEL PROYECTO CUYA DEMOLICIÓN FUE RECICLADA

El árido reciclado utilizado para la presente investigación fue el proveniente de la demolición de pavimento rígido del componente “Mejoramiento de vías de accesibilidad peatonal en los jirones Santiago Giraldo (cuadra 1), Lambayeque (cuadra 1), Fermin Arbulú (cuadra 2), C.B. Oquendo (cuadra 2), Arequipa (cuadra 1 y 3)” de la obra “Mejoramiento del servicio de creación pasiva en el parque Manuel Pino de la ciudad de Puno, provincia de Puno - Puno”, cuyo detalle se explica a continuación:

A.- DATOS GENERALES

A.1.- NOMBRE DEL PROYECTO:

“MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE CREACIÓN PASIVA EN EL PARQUE MANUEL PINO DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO”

A.1.1.- COMPONENTE:

“Mejoramiento de vías de accesibilidad peatonal en los jirones Santiago Giraldo (cuadra 1), Lambayeque (cuadra 1), Fermin Arbulú (cuadra 2), C. B. Oquendo (cuadra 2) y Arequipa (cuadra 1 y 3)”

A.2.- INFORMACIÓN FINANCIERA

El presupuesto ha sido elaborado para ejecutar la obra bajo la modalidad de Ejecución Presupuestaria Directa, con precios referidos a junio 2014, el costo total del componente asciende a S/. 1'132,743.69 (un millón ciento treinta y dos mil setecientos cuarenta y tres con 69/100 nuevos soles) como se detalla en el cuadro siguiente:

COSTO DIRECTO	S/.	929,691.65
GASTOS GENERALES	S/.	126,894.71
GASTOS DE SUPERVISIÓN	S/.	41,844.65
GASTOS POR LIQUIDACIÓN	S/.	7,489.96
GASTOS POR ELAB. DE EXPEDIENTE TÉCNICO	S/.	26,822.72
TOTAL DE PRESUPUESTO	S/.	1,132,743.69

A.3.- MODALIDAD DE EJECUCIÓN

La modalidad de ejecución será a través de la Modalidad de Ejecución Presupuestaria Directa.

A.4.- PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo para la ejecución de la obra es de 120 Días Calendario

B. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

B.1.- UBICACIÓN DEL PROYECTO

UBICACIÓN POLÍTICA

REGIÓN : PUNO

PROVINCIA : PUNO

DISTRITO : PUNO

LUGAR : JIRONES; SANTIAGO GIRALDO (CUADRA 1), LAMBAYEQUE (CUADRA 1), FERMIN ARBULÚ (CUADRA 2), C.B.OQUENDO (CUADRA 2), AREQUIPA (CUADRA 1 Y 3) DE LA CIUDAD DE PUNO.

B.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El mejoramiento de vías de accesibilidad peatonal de los jirones; Santiago Giraldo (cuadra 1), Lambayeque (cuadra 1), Fermin Arbulú (Cuadra 2), C.B.Oquendo (Cuadra 2), Arequipa (Cuadra 1) De La Ciudad De Puno., comprende del mejoramiento de pisos mediante adoquines negros, grises de concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ y piso de

pedras tipo Amantani, en una longitud de 83.9, 58.9, 101.4, 102.7 y 79.6 metros respectivamente y un ancho aproximado de 7.5 metros. Dicho pavimento se construirá sobre una base de concreto, proveniente de las canteras de Cutimbo y Hallihuaya, en una dosificación de 50% y 50% respectivamente.

Actualmente las cuadras de la vía cuenta con veredas de concreto, las mismas que serán demolidas, asimismo el jirón Santiago Giraldo (cuadra 1) cuenta con carpeta asfáltica que será retirada como parte de la perspectiva del proyecto; se ha proyectado la construcción de jardines de 0.60 x 0.60 m laterales en las cuadras de los jirones mencionados.

B.3.- METAS DEL PROYECTO

El Proyecto: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RECREACIÓN PASIVA EN EL PARQUE MANUEL PINO DE LA CIUDAD DE PUNO PROVINCIA DE PUNO - PUNO”

Componente: “Mejoramiento De Vías De Accesibilidad Peatonal En Los Jirones Santiago Giraldo (Cuadra 1), Lambayeque (Cuadra 1), Fermin Arbulu (Cuadra 2), C.B.Oquendo (Cuadra 2), Arequipa (Cuadra 1), Arequipa (Cuadra 3)”

Jirones Santiago Giraldo (Cuadra 1)

- Mejoramiento de Piso mediante la colocación de adoquines negros, grises de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, y piedra tipo Amantani en una longitud de 83.9 metros lineales y una sección de 7.0 metros
- Construcción de 07 unidades de jardines de concreto $f'c=170\text{ Kg/cm}^2$ de área 0.36m², plantación de álamos como área verde de las calles.
- Construcción de 01 rampa de concreto de $f'c=140\text{Kg/cm}^2$

Jirón Lambayeque (Cuadra 1)

- Construcción de pavimento rígido de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, en una longitud de 83.7 metros lineales y una sección de 7.2 metros.
- Construcción de 09 unidades de jardines de concreto $f'c=170\text{ Kg/cm}^2$ de área 0.36m², plantación de álamos como área verde de las calles.
- Construcción de 01 rampa de concreto de $f'c=140\text{Kg/cm}^2$.

Jirón Fermin Arbulu (Cuadra 2)

- Construcción de pavimento rígido de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, en una longitud de 58.9 metros lineales y una sección de 7.13 metros.
- Construcción de 06 unidades de jardines de concreto $f'c=170\text{ Kg/cm}^2$ de área 0.36m^2 , plantación de álamos como área verde de las calles.
- Construcción de 01 rampa de concreto de $f'c=140\text{Kg/cm}^2$.

C.B.Oquendo (Cuadra 2)

- Construcción de pavimento rígido de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, en una longitud de 79.6 metros lineales y una sección de 6.8 metros.
- Construcción de 09 unidades de jardines de concreto $f'c=170\text{ Kg/cm}^2$ de área 0.36m^2 , plantación de álamos como área verde de las calles.
- Construcción de 02 rampa de concreto de $f'c=140\text{Kg/cm}^2$.

Arequipa (Cuadra 1)

- Construcción de pavimento rígido de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, en una longitud de 102.7 metros lineales y una sección de 8 metros.
- Construcción de 15 unidades de jardines de concreto $f'c=170\text{ Kg/cm}^2$ de área 0.36m^2 , plantación de álamos como área verde de las calles.
- Construcción de 01 rampa de concreto de $f'c=140\text{Kg/cm}^2$.

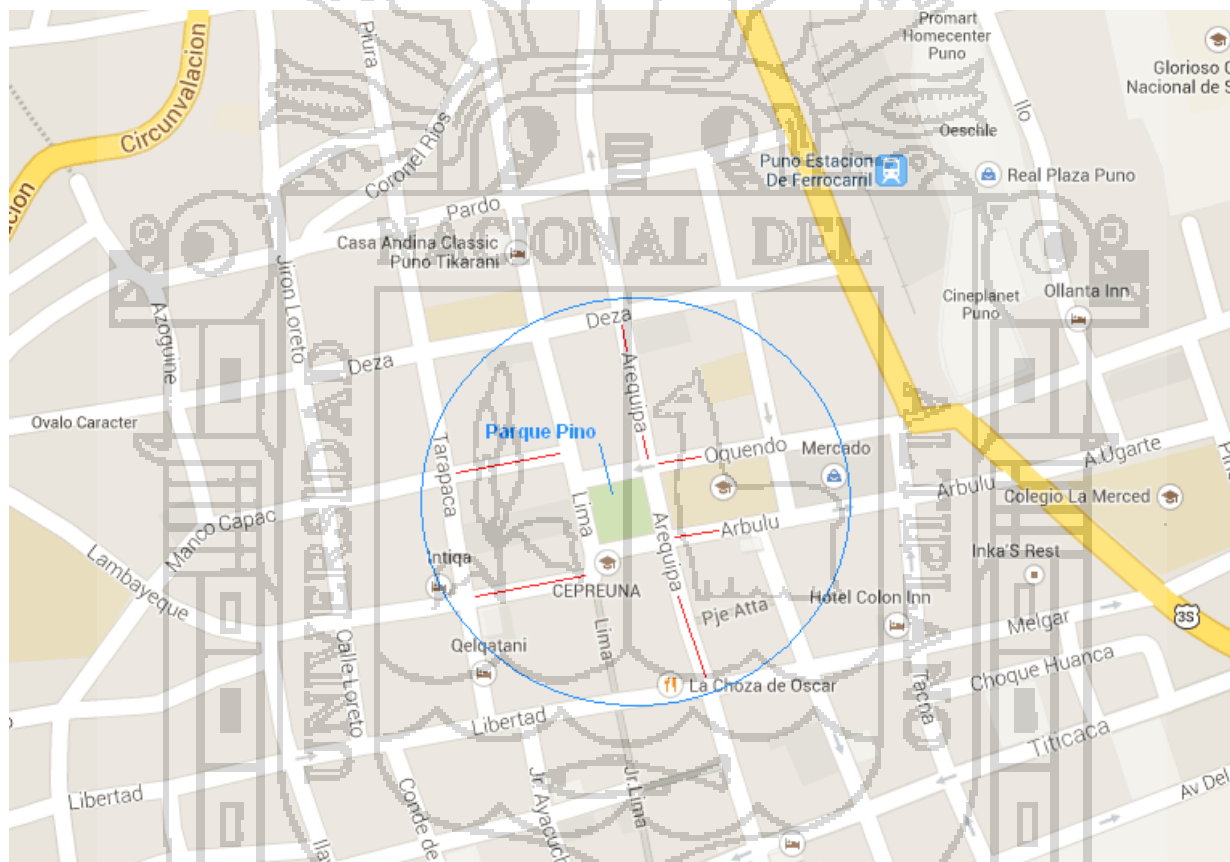
Arequipa (Cuadra 3)

- Construcción de pavimento rígido de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, en una longitud de 101.4 metros lineales y una sección de 7.2 metros.
- Construcción de 11 unidades de jardines de concreto $f'c=170\text{ Kg/cm}^2$ de área 0.36m^2 , plantación de álamos como área verde de las calles.
- Construcción de 01 rampa de concreto de $f'c=140\text{Kg/cm}^2$.

5.1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS CALLES Y DEL ESTADO DE PAVIMENTO

En la figura siguiente se muestra la distribución de calles que tiene la ciudad de Puno en su zona más céntrica, lugar donde se llevó a cabo las demoliciones y obras mencionadas en el ítem anterior. Los jirones que se contemplan en el componente “Mejoramiento De Vias De Accesibilidad Peatonal En Los Jirones Santiago Giraldo (Cuadra 1), Lambayeque (Cuadra 1), Fermin Arbulu (Cuadra 2), C.B.Oquendo (Cuadra 2), Arequipa (Cuadra 1), Arequipa (Cuadra 3)”, están marcados con color rojo.

Fig. 5.1 Calles del centro de la ciudad de Puno.



Fuente: <http://www.depuno.com/mapasmapa-puno>

5.1.1.2.1 DESCRIPCIÓN

- Todas las calles presentaban demolición de vereda y de pavimento, algunas de ellas poseían capas combinadas de pavimento (pavimento flexible sobre pavimento rígido).



Fig. 5.2 Jirón C.B. Oquendo.

- El pavimento no fue demolido en su totalidad, solo reducidas secciones que se ubicaban justo por encima de tuberías de agua y desagüe fueron las removidas, con el objetivo de cambiar las mismas ya que se encontraban deterioradas por su tiempo de servicio.



Fig. 5.3 Sección demolida del pavimento.

- En algunos lugares se observó profundas excavaciones en secciones de conexión domiciliaria, de las que se extrajo grandes cantidades de tierra, las mismas que se juntaron con el concreto demolido produciendo residuos con escasa homogeneidad.



Fig. 5.4 Excavación para conexión domiciliaría.

- El material ya se encontraba amontonado a lo largo de la calle o en lugares determinados, listas para su carguío y posterior eliminación. Se observó, en la mayoría de los casos, que estos residuos carecían de homogeneidad, se apreciaba gran cantidad de tierra, tuberías, ladrillos, concreto de veredas, asfalto, etc. Si bien es cierto, la mayor parte de este material era pavimento demolido, la elevada presencia de residuos ajenos a este, dificultaba su selección y procesamiento.



Fig. 5.5 Residuos producto de la demolición en obra.

5.1.1.2.2 METRADO

Teniendo en cuenta los posibles problemas que podía generar elegir un material escasamente homogéneo, se optó por seleccionar la demolición del jirón Arbulú, ya que en esta calle aún no se habían demolido las veredas y el concreto era exclusivamente el proveniente del pavimento rígido que se encontraba en mencionado jirón, destaco que esta calle no presentaba capas de pavimento flexible, sino solamente concreto. Se procedió a metrar el pavimento demolido.



Fig. 5.6 Demolición del Jr. Fermin Arbulú.

Como se describió anteriormente, esta calle presentaba demolición solo en determinadas secciones. Predominantemente se observó una sección longitudinal y algunas transversales, se calculó su ancho y espesor promedio, además de su longitud. Del ancho y espesor se tomaron al menos 10 lecturas de cada una.



Fig. 5.7 Metrado de la sección transversal demolida.

- SECCIONES LONGITUDINALES

Largo = 75m

Ancho promedio = 0.586m

Altura promedio = 0.18m

Volumen parcial = 7.911m³

- SECCIONES TRANSVERSALES

Largo = 8.9m

Ancho promedio = 0.586m

Altura promedio = 0.18m

Volumen parcial = 0.939m³

Se obtuvo un total aproximado de 8.85m³ de pavimento rígido demolido, este junto con tierra y otros residuos sumaron aproximadamente 12m³, los cuales se cargaron y transportaron en un volquete para su procesamiento.

5.1.1.3 PROCESAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO

Como se expuso en el Capítulo III y IV, el material que se desea reciclar debe seguir un “proceso de habilitación”, y el material para esta investigación no está exento de ello. Entonces se procedió de forma similar a lo que se haría en una planta de tratamiento de residuos, el detalle se expone a continuación:

- a. Se acopió el material, que para esta investigación es el pavimento rígido demolido del Jirón Fermín Arbulú.



Fig. 5.8 Acopiado de pavimento demolido por el cargador

- b. Además para tener conocimiento de cuanto de pavimento se había demolido en este jirón, se procedió a metrar el mismo; cabe destacar que, a mi llegada, se habían demolido solamente franjas de pavimento con el objetivo de cambiar las tuberías de desagüe que se encontraban muy deterioradas.



Fig. 5.9 Metrado del pavimento demolido

- c. Se trasladó el material a donde pudiera ser seleccionado y tratado adecuadamente, se empezó por retirar los residuos que eran perjudiciales para los fines de la investigación, también se separó las rocas de pavimento de otras más pequeñas y de tierra.



Fig. 5.10 Selección del material no utilizable



Fig. 5.11 Materiales seleccionados y separados

- d. Pasado el proceso de selección, el pavimento escogido fue lavado repetidas veces hasta retirar el polvo, la tierra e impurezas que tenían en su superficie, el lavado se realizó antes del proceso de trituración y posterior a este.



Fig. 5.12 Lavado del pavimento a utilizar

- e. La trituración se realizó con dos combas de 20 y 5 libras, la primera se utilizó para reducir las rocas, que tenían un tamaño máximo de 30pulg aproximadamente, a tamaños más trabajables y adecuados; y la segunda para obtener el tamaño máximo de una pulgada. Subrayo que toda la operación del tratamiento de los residuos fue manual, ya que se trataba de una cantidad muy pequeña que las plantas chancadoras de Puno no aceptaban como mínima.



Fig. 5.13 Proceso de trituración manual

- f. Finalmente el material se tamizó por las mallas N°4 y 1 pulg, para retirar las partículas finas y para darle el tamaño máximo adecuado respectivamente. El material obtenido, por último, se lavó para retirar el polvo y el material muy fino.



Fig. 5.14 Cribado del árido reciclado por la Malla 1"



Fig. 5.15 Tamizado del árido reciclado por la Malla N°4



Fig. 5.16 Combas utilizadas y árido resultante

5.1.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos mencionados a continuación se realizaron basándose en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000 del MTC), estos se hicieron tanto para el agregado fino como para el agregado grueso con algunas distinciones según indica el manual. El pavimento rígido reciclado, que ya pasó por un proceso como lo indica la sección 5.1.1, es ahora considerado un agregado; al cual también se le realizó ensayos, considerándose este como agregado grueso.

5.1.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

Este ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 108 – 2000; “MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO”, el cual está basado en la norma ASTM D2216

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Balanza con aproximación de 0.01g si la muestra es menor de 200gr y 0.1gr si es mayor de 200gr.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C
- Cucharón

❖ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se cuartea el material para tomar una muestra representativa, aproximadamente 250g, 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 3 muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado.

❖ DATOS LOGRADOS CON EL ENSAYO

Los datos que se aprecian en este ítem pueden verificarse en el ANEXO 3.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del suelo}} * 100$$

Tabla 5.1 Contenido de humedad del agregado fino.

AGREGADO FINO			
Nº Tara	A - 1	P - 02	J - 10
W. Tara	15.8	18.9	16.5
W. Tara + M.H.	181.21	192.32	188.46
W. Tara + M. Seca.	176.1	183.52	181.15
W. Muestra Seca	160.30	164.62	164.65
W. Agua	5.11	8.80	7.31
Cont. humedad	3.19	5.35	4.44
C.H. Promedio	4.32		

Tabla 5.2 Contenido de humedad del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO			
Nº Tara	T - 22	C - 11	B - 02
W. Tara	14.9	15.21	16.02
W. Tara + M.H.	198.2	194.23	200.04
W. Tara + M. Seca	195.54	191.48	196.93
W. Muestra Seca	180.64	176.27	180.91
W. Agua	2.66	2.75	3.11
Cont. humedad	1.47	1.56	1.72
C.H. Promedio	1.58		

Tabla 5.3 Contenido de humedad del agregado reciclado.

AGREGADO RECIKLADO			
Nº Tara	P - 22	B - 11	V - 12
W. Tara	14.1	17.01	14.04
W. Tara + M.H.	178.32	185.58	190.13
W. Tara + M. Seca.	173.02	180.15	181.47
W. Muestra Seca	158.92	163.14	167.43
W. Agua	5.30	5.43	8.66
Cont. humedad	3.34	3.33	5.17
C.H. Promedio	3.95		

$$W_{A. GRUESO} = 1.58$$

$$W_{A. FINO} = 4.32$$

$$W_{A. GRUESO RECIKLADO} = 3.95$$

5.1.2.2 PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 203 – 2000; PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS, el cual está basado en la norma ASTM C29

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Balanza
- Varilla compactadora de 5/8" de diámetro y 24" (600mm) de longitud. Un extremo debe ser semiesférico de 8 mm de radio
- Recipientes de volúmenes adecuados, según Tabla 1 del MTC E 203

❖ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se elige un molde de dimensiones adecuadas, de acuerdo al TMN del agregado, sin embargo para mi ensayo utilicé un molde de briqueta de 5.5 litros aproximadamente, por ser el más aproximado a lo indicado en la tabla y de dimensiones conocidas y casi invariables. 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, mas 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

NOTA. El procedimiento es el mismo para el agregado grueso, fino y reciclado; se usó también el mismo molde.

❖ DATOS LOGRADOS CON EL ENSAYO

Los datos que se aprecian en este ítem pueden verificarse en el ANEXO 3.

Tabla 5.4 Pesos unitarios del agregado fino y grueso.

PESO UNITARIO						
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
Diámetro molde (cm)	15.215	15.218	15.239	15.215	15.218	15.239
Altura de molde (cm)	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45
Peso de molde (gr)	10015	10015	10015	10015	10015	10015
Volumen del molde (cm ³)	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2
W molde + M suelta (gr)	17675	17735	17775	17970	17895	17885
W molde + M compactada (gr)	18325	18465	18520	18440	18525	18465
W. Muestra. suelta (gr)	7615	7675	7715	7910	7835	7825
W. Muestra. compactada (gr)	8265	8405	8460	8380	8465	8405
W promedio suelto (gr)	7668.33			7856.67		
W promedio compactado (gr)	8376.67			8416.67		
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.382			1.416		
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.510			1.517		

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.5 Peso unitario del agregado grueso reciclado puro.

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO RECIKLADO		
Diámetro molde (cm)	15.215	15.218	15.239
Altura de molde (cm)	30.4	30.45	30.45
Peso de molde (gr)	10015	10015	10015
Volumen del molde (cm ³)	5547.2	5547.2	5547.2
W molde + M suelta (gr)	16235	16220	16295
W molde + M compactada (gr)	17020	17075	17095
W. Muestra. suelta (gr)	6175	6160	6235
W. Muestra. compactada (gr)	6960	7015	7035
W promedio suelto (gr)	6190.00		
W promedio compactado (gr)	7003.33		
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.116		
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.262		

5.1.2.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 204 – 2000; ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C136.

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Balanza con aproximación a 0.1% del peso del material ensayado.
- Tamices normalizados (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, base y tapa)
- Horno a 105 +/- 5°C

❖ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se separa el material por la malla N°4, el retenido será agregado grueso y el fino será el que pase este tamiz.
- Según lo especificado en el MTC E 204; la cantidad de material fino será como mínimo 300 gr, para el material grueso según la tabla, para un TMN de 3/4 es de 5 kg. Para este ensayo se tomó, aproximadamente; 2, 6 y 6kg de agregado fino, grueso y reciclado respectivamente, para garantizar adecuados resultados.
- La muestra para someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas a una temperatura de 105 +/- 5°C



Fig. 5.17 Tamizado del agregado fino.

- La suma de las cantidades retenidas en los tamices debe ser comparada con la cantidad inicial, si esta diferencia es mayor a 0.3% del peso, el ensayo no será aceptado.

- 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.



Fig. 5.18 Tamizado del agregado grueso.

- 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 excederá el 0.3%.

❖ DATOS LOGRADOS CON EL ENSAYO

Tabla 5.6 Granulometría del agregado fino natural.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO						
W. inicial A.F.	1962.13					
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PSA
3"	76.200	-				
2 1/2"	63.500	-				
2"	50.600	-				
1 1/2"	38.100	-				
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
Nº4	4.750	0.00				100.00
Nº8	2.380	318.04	318.43	16.24	16.24	83.76
Nº16	1.190	272.04	272.38	13.89	30.13	69.87
Nº30	0.590	403.57	404.07	20.61	50.73	49.27
Nº50	0.300	506.92	507.55	25.88	76.62	23.38
Nº100	0.149	396.1	396.59	20.22	96.84	3.16
Nº200	0.074	61.87	61.95	3.16	100.00	0.00
BASE		2.42				
TOTAL		1960.96	1960.96	100	370.56	
PÉRDIDA		1.17		0.06	OK !	

Tabla 5.7 Granulometría del agregado grueso natural.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO						
W. inicial A.G.	6475	6475				
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PSA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.00				100
3/4"	19.050	1935.87	1941.94	30.00	30.00	70.00
1/2"	12.700	1552.03	1556.90	24.05	54.05	45.95
3/8"	9.525	921.23	924.12	14.28	68.33	31.67
1/4"	6.350	1445.19	1449.72	22.40	90.73	9.27
Nº4	4.750	598.25	600.13	9.27	100.00	0.00
Nº8	2.380					
Nº16	1.190					
Nº30	0.590					
Nº50	0.300					
Nº100	0.149					
Nº200	0.074					
BASE		20.23				
TOTAL		6472.80	6472.80	100.00	343.12	
PÉRDIDA		2.20				

Observación. El material de la base, que en este caso es de 20.23gr, se distribuye entre los tamices que generan peso retenido de acuerdo a su porcentaje de participación, así se obtiene el peso retenido corregido. Además, la pérdida representa un 0.03% del total de la muestra, que es menor a 0.3%; lo que indica que el ensayo es correcto.

De acuerdo a la Tabla 2.3 del marco teórico, utilizando los porcentajes pasantes del anterior ensayo granulométrico, se verifica que esta granulometría correspondiente al agregado grueso natural se ajusta para un Huso 57.

Tabla 5.8 Granulometría del agregado reciclado puro.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO RECICLADO						
W. inicial A.G.	6350	6350				
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PSA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0				
3/4"	19.050	470.3	487.59	7.68	7.68	92.32
1/2"	12.700	2234.4	2316.55	36.51	44.20	55.80
3/8"	9.525	1762.1	1826.88	28.79	72.99	27.01
1/4"	6.350	1191.9	1235.72	19.48	92.46	7.54
Nº4	4.750	461.2	478.16	7.54	100.00	0.00
Nº8	2.380					
Nº16	1.190					
Nº30	0.590					
Nº50	0.300					
Nº100	0.149					
Nº200	0.074					
BASE		225				
TOTAL		6344.9	6344.90	100.00	317.33	
PÉRDIDA		5.1				

Observación. El material de la base, que en este caso es de 225gr, se distribuye entre los tamices que generan peso retenido de acuerdo a su porcentaje de participación, así se obtiene el peso retenido corregido. Además, la pérdida representa un 0.08% del total de la muestra, que es menor a 0.3%; lo que indica que el ensayo es correcto.

De acuerdo a la Tabla 2.3 del marco teórico, utilizando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico anterior, se verifica que esta granulometría correspondiente al agregado grueso reciclado puro se ajusta para un Huso 67.

Tabla 5.9 Granulometría del agregado grueso con 20% de reciclado.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO CON 20% DE A. RECICLADO						
W. inicial A.G.	6500					
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PSA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0				100.00
3/4"	19.050	1117.19	1119.94	17.25	17.25	82.75
1/2"	12.700	2164.24	2169.57	33.41	50.65	49.35
3/8"	9.525	1494.52	1498.20	23.07	73.72	26.28
1/4"	6.350	1054.83	1057.43	16.28	90.00	10.00
Nº4	4.750	647.56	649.15	10.00	100.00	0.00
Nº8	2.380					
Nº16	1.190					
Nº30	0.590					
Nº50	0.300					
Nº100	0.149					
Nº200	0.074					
BASE		15.94				
TOTAL		6494.28	6494.28	100.00	331.62	
PÉRDIDA		5.72				

Tabla 5.10 Granulometría del agregado grueso con 40% de reciclado.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO CON 40% DE A. RECICLADO						
W. inicial A.G.	6500					
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PSA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0				100.00
3/4"	19.050	798.51	800.53	12.32	12.32	87.68
1/2"	12.700	2365.46	2371.45	36.51	48.83	51.17
3/8"	9.525	1651.82	1656.00	25.49	74.33	25.67
1/4"	6.350	1123.41	1126.26	17.34	91.67	8.33
Nº4	4.750	539.87	541.24	8.33	100.00	0.00
Nº8	2.380					
Nº16	1.190					
Nº30	0.590					
Nº50	0.300					
Nº100	0.149					
Nº200	0.074					
BASE		16.41				
TOTAL		6495.48	6495.48	100.00	327.15	
PÉRDIDA		4.52				

De acuerdo a la Tabla 2.3 del marco teórico, utilizando los porcentajes pasantes de los ensayos granulométricos anteriores (véase Tabla 5.9 y Tabla 5.10), se verifica que estas granulometrías correspondientes al agregado grueso con 20 y 40% de reciclado respectivamente, se ajustan para un Huso 57.

Tabla 5.11 Granulometría del agregado grueso con 60% de reciclado.

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO CON 60% DE A. RECICLADO						
W. inicial A.G.	6500					
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO CORREGIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PSA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0				100.00
3/4"	19.050	498.75	500.88	7.71	7.71	92.29
1/2"	12.700	2642.81	2654.09	40.87	48.59	51.41
3/8"	9.525	1457.31	1463.53	22.54	71.13	28.87
1/4"	6.350	1168.52	1173.51	18.07	89.20	10.80
Nº4	4.750	698.35	701.33	10.80	100.00	0.00
Nº8	2.380					
Nº16	1.190					
Nº30	0.590					
Nº50	0.300					
Nº100	0.149					
Nº200	0.074					
BASE		27.6				
TOTAL		6493.34	6493.34	100.00	316.63	
PÉRDIDA		6.66				

Observación. Las tablas 5.9, 5.10 y 5.11 que corresponden a la combinación de agregados 20, 40 y 60% de árido reciclado respectivamente, poseen una pérdida de 0.09, 0.07 y 0.10%. En ninguno de los casos se supera el 3%, por lo que el ensayo se declara correcto.

De acuerdo a la Tabla 2.3 del marco teórico, utilizando los porcentajes pasantes del ensayo granulométrico anterior, se verifica que esta granulometría correspondiente al agregado grueso con 60% de reciclado, se ajusta para un Huso 67.

Para el agregado grueso natural, agregado grueso reciclado y combinación de agregados; de sus respectivas tablas se deduce que:

$$\text{Tamaño máximo nominal (TMN)} = 3/4''$$

$$\text{Tamaño máximo} = 1''$$

- Nota: La elección del Tamaño Máximo Nominal y Tamaño Máximo, puede estar sujeto a varios criterios, los cuales se especifican en el ítem “2.1.2.3 LOS AGREGADOS”. Sin embargo lo que se indica en tales criterios no son aplicables para esta investigación, ya que estos se refieren a condiciones de obra y diseño de elementos estructurales. Por lo tanto, se ha considerado lo especificado en la ASTM C31, “Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo” (ver ANEXO 2); que indica que el T.M.N. de los agregados no deberá ser mayor a 1/3 del diámetro del molde utilizado para la elaboración de especímenes de concreto. El molde utilizado es el de 4” x 8” (100 x 200mm), al ser el tamiz de 1” (2.54cm) el inmediato menor a 3.33cm (la tercera parte del diámetro) se considera este como su tamaño máximo y el tamiz 3/4” como su T.M.N.

5.1.2.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E-205 – 2000; GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C128

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Balanza
- Picnómetro
- Molde cónico (cono de absorción)
- Varilla para apisonado metálica
- Bandejas
- Equipo que proporcione calor a una intensidad moderada

❖ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se selecciona una muestra de 1kg aproximadamente, asegurándose que es el material pasante de la malla N°4, 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 y comienza el proceso de desecado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y suministrándole calor a través de una cocinilla eléctrica graduable

tratando, todo el tiempo, de que este proceso sea homogéneo y constante.

- 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, que es el objetivo de esta sección del ensayo.



Fig. 5.19 Apisonado del agregado fino para determinar su estado S.S.S.



Fig. 5.20 Primer desmoronamiento, estado S.S.S.

- Se toma el material resultante del proceso anterior y se introduce una cantidad adecuada, en el picnómetro 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.



Fig. 5.21 Pesado del picnómetro, muestra y agua

- Finalmente el picnómetro 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 y se determina también el peso seco de este material.

❖ DATOS LOGRADOS CON EL ENSAYO
GRAVEDAD ESPECÍFICA

Tabla 5.12 Datos del ensayo de gravedad específica.

Gravedad específica	
W. Picnom (gr)	138.5
Vol Picnom (ml)	250
W. f. + M.S.S. (gr)	237.74
W. f. + M.S.S. + agua (gr)	444.79
W tara (gr)	82.25
W tara + M seca (gr)	175.81
W.M. Seca (gr)	93.56
W. M.S.S.S (gr)	99.24
W Picnom. + H2O (gr)	388.5

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Dónde:

A: Peso seco de la muestra.

B: Peso del picnómetro + agua.

C: Peso del picnómetro + agua + muestra.

S: Peso de la muestra saturada con superficie seca.

Peso específico = 2.51gr/cm³

Absorción = 6.07%

5.1.2.5 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Horno 105 +/- 5 °C
- Recipientes
- Balanza
- Probeta graduada

❖ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- De acuerdo a la tabla 1 del MTC E 206 se obtiene una muestra representativa de 3kg para un TMN de 3/4, la cual se satura por 24 horas, en seguida se retira el agregado cuidadosamente y se vierte sobre un paño absorbente 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.

El procedimiento para el agregado grueso natural y agregado grueso reciclado es el mismo.



Fig. 5.22 Agregado grueso en estado S.S.S.

❖ DATOS LOGRADOS CON EL ENSAYO

Tabla 5.13 Datos del ensayo de peso específico del agregado grueso.

Peso específico A. Grueso	
W. M.S.S.S. (gr)	693.37
W. muestra seca (gr)	669.46
W. muestra sumergida (gr)	415.60

Llamando:

A: Peso al aire de la muestra seca.

B: Peso de la muestra S.S.S.

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

P.E. nominal Agregado Grueso natural = 2.64 gr/cm³

Absorción Agregado Grueso natural = 3.57%

Tabla 5.14 Datos del ensayo de peso específico de la combinación de agregados.

Peso específico	A. Reciclado Puro	20% DE A. R.	40% DE A. R.	60% DE A. R.
W. M.S.S.S. (gr)	691.65	1049.12	1056.85	1070.31
W. muestra seca (gr)	629.46	1000.2	1000.05	1000.1
W. muestra sumergida (gr)	387.75	620.01	616.99	617.12
P.E. (gr/cm ³)	2.60	2.63	2.61	2.61
Absorción (%)	9.88	4.89	5.68	7.02

Llamando:

A: Peso al aire de la muestra seca.

B: Peso de la muestra S.S.S.

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Procedimiento de cálculo para el agregado reciclado puro.

$$P.E. \text{ Nominal del Agregado reciclado puro} = \frac{629.46}{629.46 - 387.75} = 2.60$$

$$\text{Absorción del Agregado reciclado puro} = \frac{691.65 - 629.46}{629.46} * 100 = 9.88$$

Resultados para cada condición de agregado.

- *P.E. nominal Agregado Reciclado puro = 2.60 gr/cm³*
- *Absorción Agregado Reciclado puro = 9.88%*
- *P.E. nominal Agregado con 20% de Reciclado = 2.63 gr/cm³*
- *Absorción Agregado con 20% de Reciclado = 4.89%*
- *P.E. nominal Agregado con 40% de Reciclado = 2.61 gr/cm³*
- *Absorción Agregado con 40% de Reciclado = 5.68%*
- *P.E. nominal Agregado con 60% de Reciclado = 2.61 gr/cm³*

- *Absorción Agregado con 60% de Reciclado = 7.02%*

5.1.2.6 ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 207 – 2000; ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5mm (1 ½"), el cual está basado en la norma ASTM C131.

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Horno 105 +/- 5 °C
- Tamices ¾", ½", ⅜" y N°12
- Bandejas
- Máquina de LOS ANGELES
- cucharon

❖ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se selecciona el método y el material de acuerdo a la Tabla N°2 del MTC E 207 – 2000, en este caso se trata del método B; el total del material es 5000gr, 2500gr de material pasante de la malla ¾" y retenido en la malla ½" y 2500gr de material pasante de la malla ½" y retenido en la malla ⅜". El material a ser utilizado en el ensayo deberá estar lavado y seco.



Fig. 5.23 Árido reciclado siendo introducido en la máquina de Los Ángeles

- Se establece que para el método de ensayo B (según MTC E 207 – 2000) se usan 11 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 con una velocidad de 30 a 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.



Fig. 5.24 Resultado del ensayo de Abrasión.

❖ DATOS LOGRADOS CON EL ENSAYO

Tabla 5.15 Resultados de abrasión de los agregados gruesos.

ABRACION			
TIPO DE AGREGADO	W. INICIAL (gr) 3/4"-1/2"	W. INICIAL (gr) 1/2"-3/8"	W.FINAL (gr)
A. Grueso Natural	2500.00	2500.00	4246.00
A. Grueso Reciclado puro	2500.00	2500.00	3412.76

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. Calcúlese tal valor así:

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

DONDE:

P1 = Peso muestra seca antes del ensayo.

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

El desgaste para cada condición es:

- **% Desgaste A. grueso Natural = 15.08 %**
- **% Desgaste A. grueso Reciclado puro = 31.74 %**
- **% Desgaste A. grueso con 20% de Reciclado = 20.36 %**
- **% Desgaste A. grueso con 40% de Reciclado = 22.50 %**
- **% Desgaste A. grueso con 60% de Reciclado = 25.20 %**

5.1.3 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES

5.1.3.1 CEMENTO

El Cemento Potland IP, clasificado así por la ASTM C150, se ha utilizado para la presente investigación, marca RUMI con 25% de puzolana, cuyas principales características son presentadas a continuación:

5.1.3.2 AGREGADOS NATURALES

Los agregados naturales provienen de la cantera Cutimbo, se optó por este material por razones que se explican a continuación. La cantera es la más utilizada para obras civiles de la ciudad de Puno; por ser accesible, cercano a la ciudad, de buena calidad, etc. (es la más comercial). La otra alternativa que se consideró utilizar era el agregado de la cantera Viluyo, si bien es cierto este material presenta mejores cualidades físicas que el agregado de Cutimbo, actualmente se restringe el acceso a dicha cantera ya que, con los años, se ha dañado el lecho del río y este en la actualidad representa un problema para los poblados aledaños, motivo por el cual los pobladores han optado por ya no permitir la explotación de agregados; así que se descartó su utilización.

PROPIEDADES FÍSICAS

▪ GRANULOMETRÍA

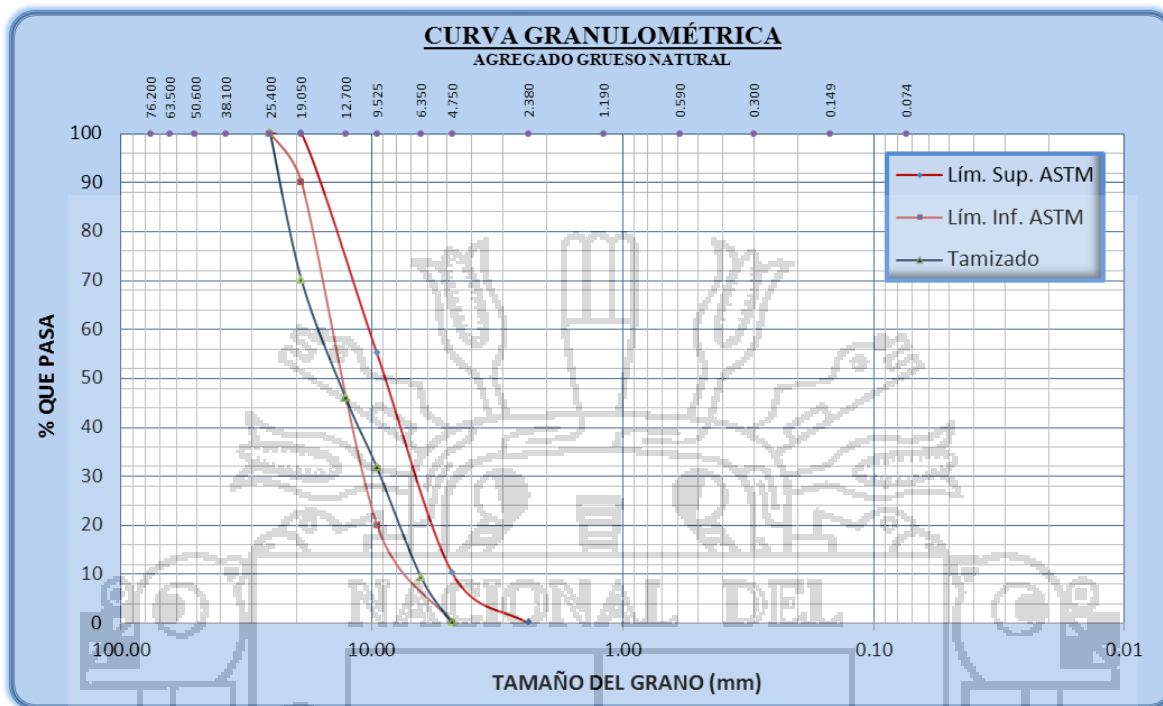


Fig. 5.25 Curva granulométrica del agregado grueso natural.

Interpretación. Se distingue la curva granulométrica del agregado grueso natural, el cual está dentro de los límites recomendados por la ASTM, pero solo una sección de ella; se encuentra muy aproximada al límite inferior, por lo tanto se deduce que es un agregado predominantemente grueso, el cual puede originar problemas como el compactado o varillado.

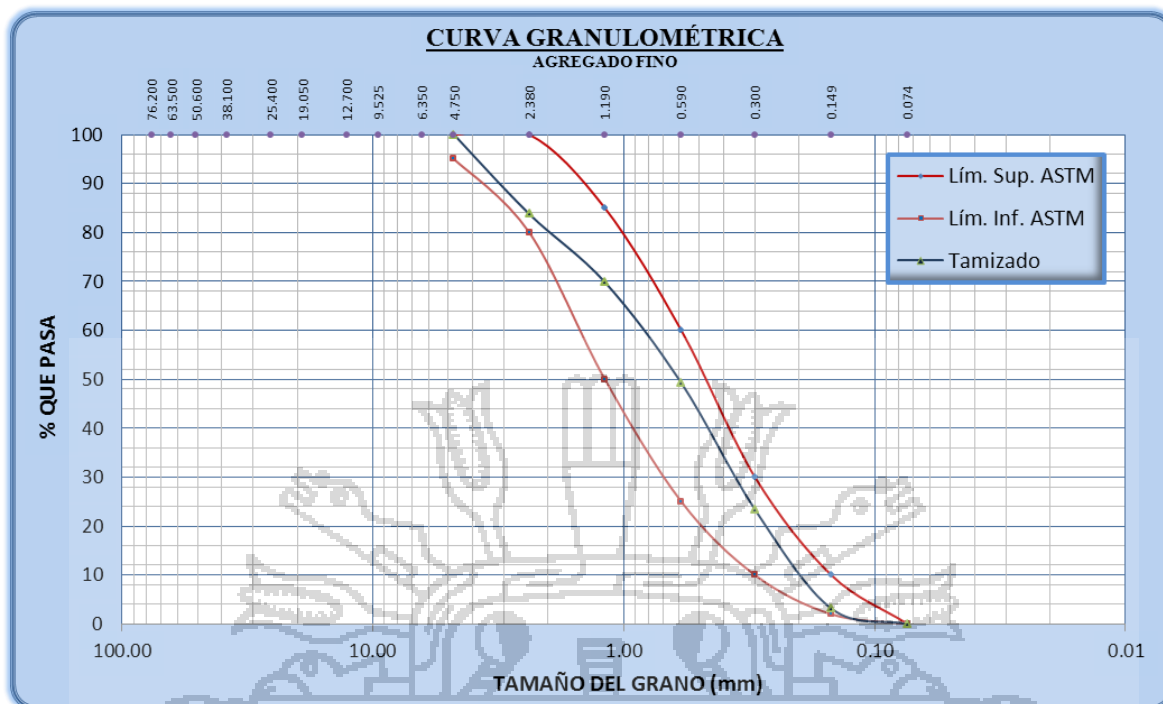


Fig. 5.26 Curva granulométrica del agregado fino natural.

Interpretación. El segundo gráfico muestra la curva granulométrica de agregado natural fino, la cual si está dentro de los límites establecidos por la ASTM, por lo que su uso no causará problema alguno.

▪ MÓDULO DE FINEZA

De la tabla granulométrica 5.6 se obtienen los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100; los cuales se suman y se dividen entre 100 para obtener el módulo de fineza, así:

$$\text{Módulo de fineza del A. Fino} = \frac{16.24 + 30.13 + 50.73 + 76.62 + 96.84}{100} = 2.71$$

De manera similar se obtiene el módulo de fineza del agregado grueso, con los porcentajes retenidos acumulados de la tabla 5.7 pero considerando los tamices 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. Se considera el 100% de acumulado para los tamices N°4 a N°100; porque implícitamente retienen todo el material.

$$\text{Módulo de fineza del A. Grueso} = \frac{30 + 68.33 + 6 * (100)}{100} = 6.98$$

Por lo tanto, se obtiene:

$$\text{Módulo de fineza del agregado fino} = 2.71$$

$$\text{Módulo de fineza del agregado grueso} = 6.98$$

Interpretación. El agregado fino es el principal componente del concreto, aparte del agua, que tiene que ver con su consistencia y fluidez, su módulo de fineza se encuentra entre los rangos de 2.2 y 2.8 por lo que se estima no tener problemas de segregación y tener, también, una mezcla trabajable.

- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Tabla 5.16 Características físicas de los agregados naturales.

	A. Grueso	A. Fino
Tamaño máximo	1"	-
Tamaño máximo nominal	3/4"	-
% que pasa la malla Nro 200	0.31	0.12

Interpretación. El tamaño máximo de 1", en ambos casos, se toma para garantizar la adecuada distribución de la mezcla en el molde de 4"x8" según lo indica el criterio de la ASTM C31, "Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo"; que indica que el Tamaño Máximo del agregado no debe ser mayor que tercera parte del diámetro del molde.

- PESO ESPECÍFICO Y ABSORSIÓN

Tabla 5.17 Peso específico y absorción de los agregados naturales.

	A. FINO	A. GRUESO
Peso Específico (gr/cm ³)	2.51	2.64
Absorción (%)	6.07	3.57

Interpretación. Mientras más alto sea el valor del peso específico, éste será más estable y menos poroso. Además que el peso específico deberá ser siempre mayor a 2.4 para obtener concretos con peso normal.

- PESO UNITARIO SECO, SUELTO Y COMPACTADO

Tabla 5.18 Peso unitario suelto y compactado de los agregados.

PESO UNITARIO						
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
Diámetro molde (cm)	15.224	15.224	15.224	15.224	15.224	15.224
Altura de molde (cm)	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45
Peso de molde (gr)	10015	10015	10015	10015	10015	10015
Volumen del molde (cm ³)	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2
W molde + M suelta (gr)	17675	17735	17775	17970	17895	17885
W molde + M compactada (gr)	18325	18465	18520	18440	18525	18465
W. Muestra. suelta (gr)	7615	7675	7715	7910	7835	7825
W. Muestra. compactada (gr)	8265	8405	8460	8380	8465	8405
W promedio suelto (gr)	7668.33			7856.67		
W promedio compactado (gr)	8376.67			8416.67		
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.382			1.416		
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.510			1.517		

Interpretación. Los valores se encuentran dentro de los rangos recomendables que son entre 1500 y 1700 Kg/m³.

- CONTENIDO DE HUMEDAD

Contenido de humedad del A. fino = 4.32 %

Contenido de humedad del A. grueso = 1.58 %

PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 5.19 Resultados del análisis físico químico del agregado grueso.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGREGADO GRUESO			
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS			
ASPECTO			Sólido
COLOR			Característico al A. Grueso
CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS			
pH			7.30
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
Cloruros como Cl	mg		29.10
Sulfatos como SO ₄	mg/l		98.22
Carbonatos	-		NEGATIVO

Fuente: ANEXO 1

Tabla 5.20 Resultados del análisis físico químico del agregado fino.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGREGADO FINO			
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS			
ASPECTO			Sólido
COLOR			Característico al A. Grueso
CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS			
pH			7.20
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
Cloruros como Cl	mg		46.50
Sulfatos como SO ₄	mg/l		31.20
Carbonatos	-		NEGATIVO

Fuente: ANEXO 1

5.1.3.3 AGREGADOS RECICLADOS Y COMBINADOS

El agregado reciclado, como ya se mencionó, procede de pavimento rígido de la ciudad de Puno y fue procesado y reducido a tamaños adecuados para los fines de la investigación.

PROPIEDADES FÍSICAS

- GRANULOMETRÍA

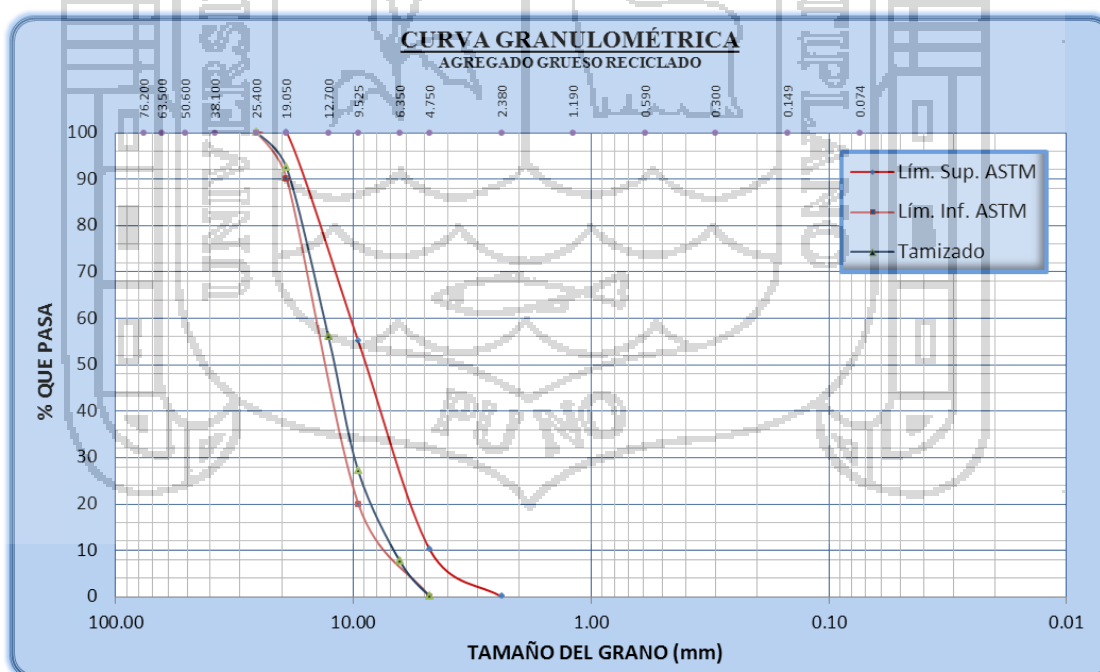


Fig. 5.27 Curva del agregado grueso reciclado puro.

Interpretación. Se aprecia la curva granulométrica del agregado reciclado, la cual está dentro de los límites establecidos por la ASTM. Sin embargo se encuentra muy

cercana al límite inferior, lo que indica que predominan las partículas grandes en este agregado.

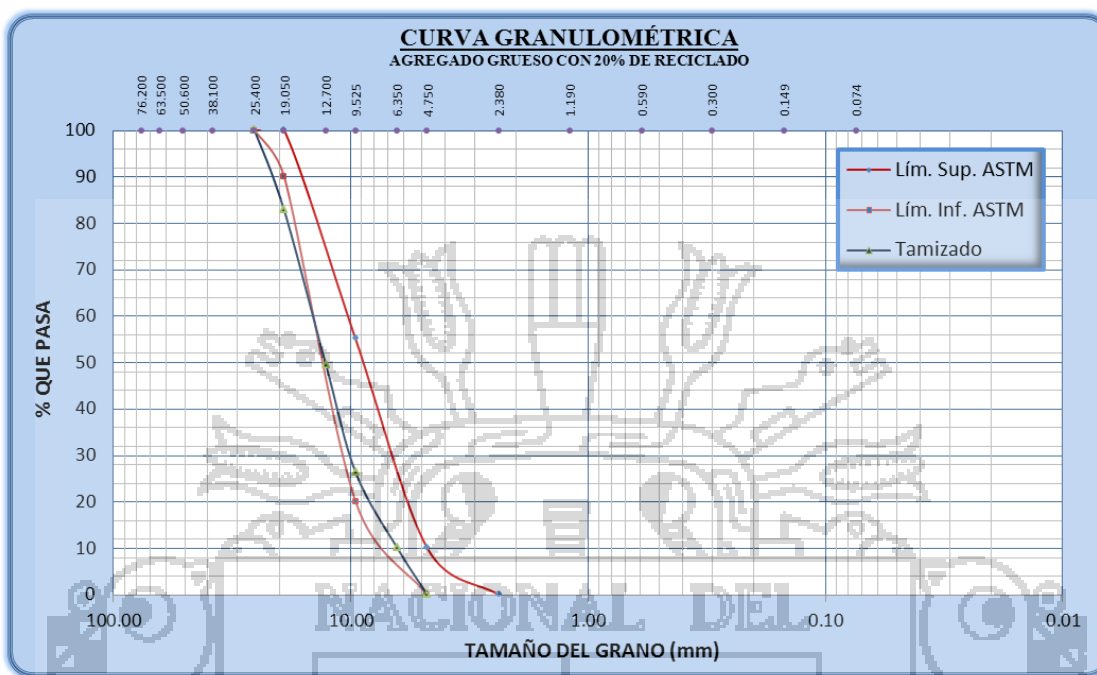


Fig. 5.28 Curva del agregado grueso con 20% de reciclado.

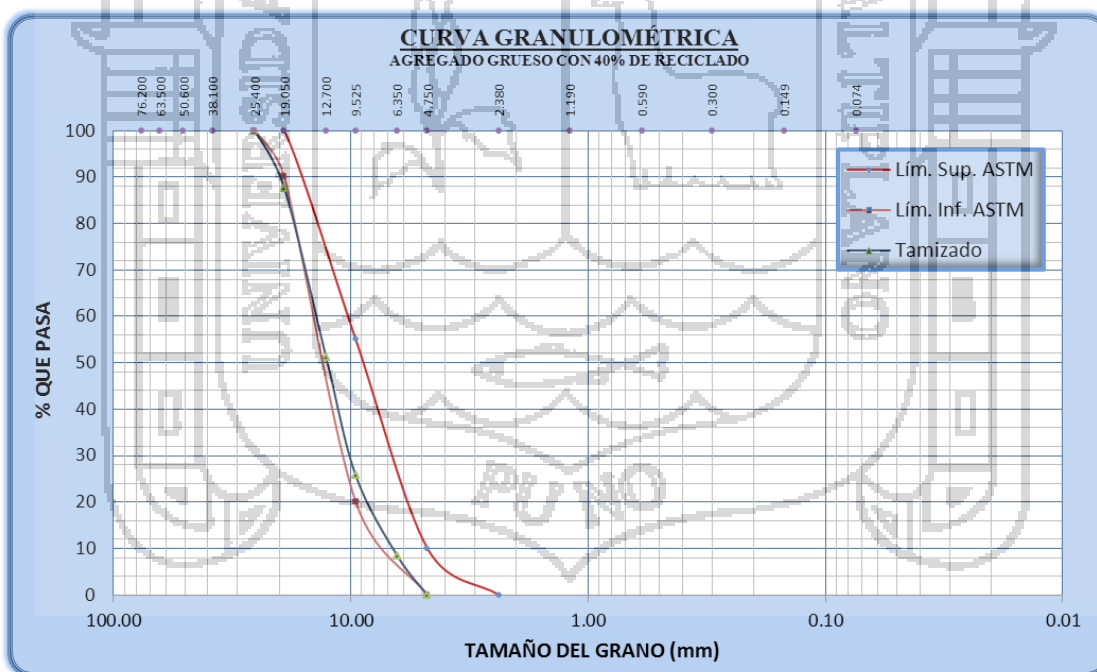


Fig. 5.29 Curva del agregado grueso con 40% de reciclado.

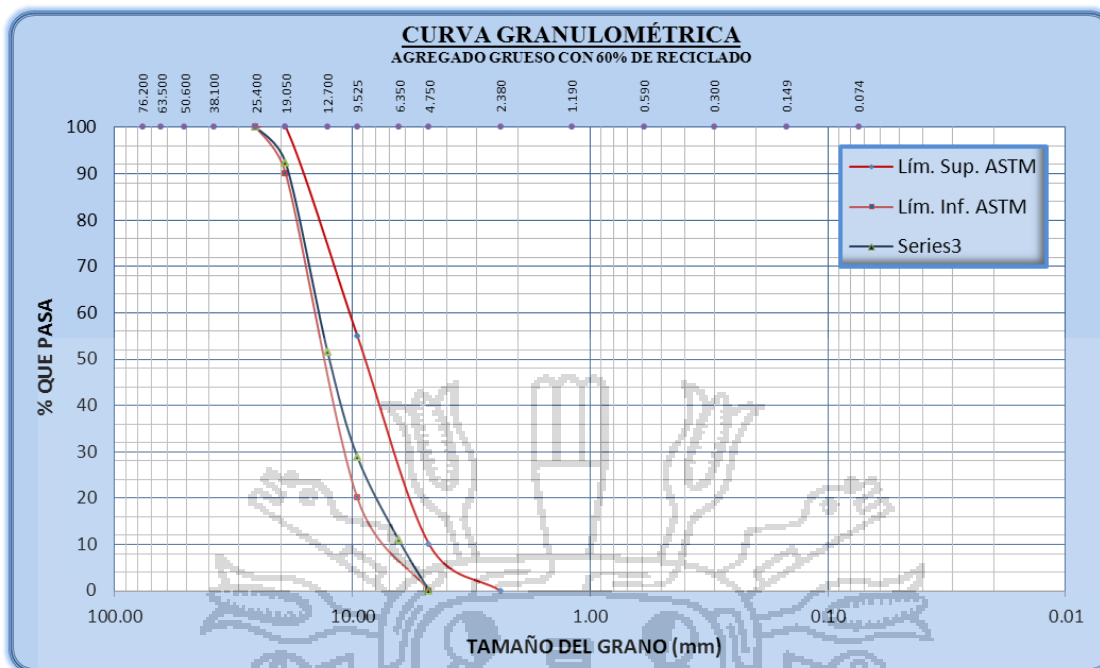


Fig. 5.30 Curva del agregado grueso con 60% de reciclado.

▪ MÓDULO DE FINEZA

Como ya se explicó en la sección de áridos naturales, se obtiene el módulo de fineza de los agregados gruesos combinados, sumando los porcentajes retenidos acumulados de las tablas 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11, considerando los tamices 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo la suma entre 100. Se asume el 100% de acumulado para los tamices N°4 a N°100; porque implícitamente retienen todo el material. Se efectúa cuatro veces este procedimiento y se obtiene la tabla siguiente:

Tabla 5.21 Módulos de fineza de los agregados reciclados.

MÓDULOS DE FINEZA DE LOS AGREGADOS	
MF A. Grueso Reciclado Puro	6.81
MF A. Grueso 20% Reciclado	6.91
MF A. Grueso 40% Reciclado	6.87
MF A. Grueso 60% Reciclado	6.79

Interpretación. Los módulos de fineza de los agregados con 20, 40 y 60% de reciclado incorporado deberían estar entre los rangos de 6.81 y 6.98 que son los módulos de fineza del agregado reciclado puro y el grueso natural respectivamente; sin embargo se observa que el agregado con 60% de reciclado está 2 centésimas por debajo del

límite inferior, se estima que se debe a la variabilidad que presenta la muestra, pese a los procedimientos de cuarteo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Tabla 5.22 Características físicas de los agregados reciclados.

	A. R. PURO	A. G. (20%)	A. G. (40%)	A. G. (60%)
Tamaño máximo	1"	1"	1"	1"
Tamaño máximo nominal	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
% que pasa la malla Nro 200	3.54	2.1	2.71	3.09

Interpretación. El tamaño máximo de 1", en todos los casos, se toma para garantizar la adecuada distribución de la mezcla en el molde de 4"x8" según lo indica el criterio de la NTP, tamaño máximo < 1/3 de la menor medida del encofrado. El porcentaje que pasa la malla Nro 200 en ningún caso excede el 5% que es el máximo permitido; por lo que los agregados son aceptables.

- PESO ESPECÍFICO Y ABSORSIÓN

Tabla 5.23 Peso específico y absorción de los agregados reciclados

Peso específico	A. Reciclado Puro	20% DE A. R.	40% DE A. R.	60% DE A. R.
W. M.S.S.S. (gr)	691.65	1049.12	1056.85	1070.31
W. muestra seca (gr)	629.46	1000.2	1000.05	1000.1
W. muestra sumergida (gr)	387.75	620.01	616.99	617.12
P.E. (gr/cm ³)	2.60	2.63	2.61	2.61
Absorción (%)	9.88	4.89	5.68	7.02

Interpretación. El peso específico es, en todos los casos, mayor a 2.4 por lo que no se evidencian problemas para obtener concretos de peso normal, además la absorción aumenta de manera directamente proporcional a la adición de árido reciclado.

- PESO UNITARIO SECO, SUELTO Y COMPACTADO

Tabla 5.24 Pesos unitarios de los agregados reciclados.

CARACTERÍSTICAS	A. GRUESO RECICLADO PURO	A. GRUESO 20% RECICLADO	A. GRUESO 40% RECICLADO	A. GRUESO 60% RECICLADO
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.116	1.324	1.258	1.203
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.262	1.458	1.398	1.346

Interpretación. Estas partículas son livianas y su peso disminuye cuando más material reciclado se incorpora.

- CONTENIDO DE HUMEDAD

Contenido de humedad del A. reciclado puro = 3.95 %

PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 5.25 Resultados del análisis físico químico del agregado grueso reciclado.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGREGADO GRUESO		
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		
ASPECTO		Sólido
COLOR		Característico al A. Grueso
CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS		
pH		7.20
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Cloruros como Cl	mg	46.56
Sulfatos como SO ₄	mg/l	176.20
Carbonatos	-	POSITIVO

Fuente: ANEXO 1

- RESULTADOS DE ABRASIÓN DE LOS AGREGADOS

Las especificaciones de uso común (ASTM C33) establecen una pérdida máxima permisible de 50% de esta prueba. (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 1, 1994)

Considerando lo mencionado, los resultados de laboratorio referentes a la abrasión son aceptables, ya que ninguno de los grupos ha excedido el 50% de pérdida.

- % Desgaste A. grueso Natural = 15.08 %
- % Desgaste A. grueso Reciclado puro = 31.74 %
- % Desgaste A. grueso con 20% de Reciclado = 20.36 %
- % Desgaste A. grueso con 40% de Reciclado = 22.50 %
- % Desgaste A. grueso con 60% de Reciclado = 25.20 %

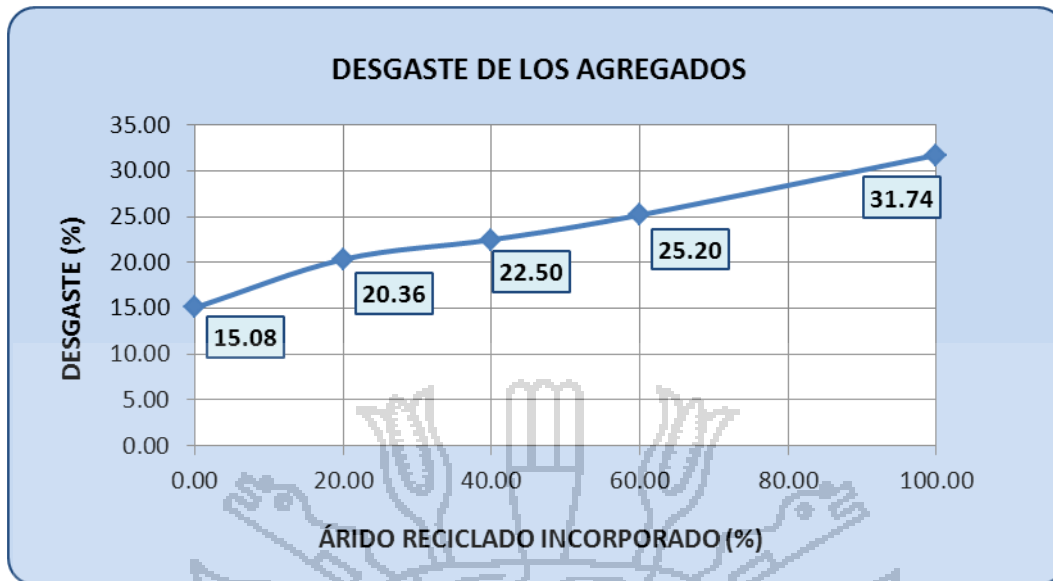


Fig. 5.31 Desgaste de los agregados.

Interpretación. La curva posee cierta linealidad, el agregado que posee la menor cantidad de pérdida (15.08%) es la que no presenta árido reciclado, los que indica que sus partículas son de mejor calidad y que podrían producir un concreto más durable. Se concluye que cuanto más partículas recicladas posea un agregado grueso, el desgaste será mayor.

5.1.3.4 AGUA

PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 5.26 Resultados del análisis físico químico del agua.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA		
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		
ASPECTO		Líquido
COLOR		Incoloro
CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS		
pH		7.40
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/l	109.08
Cloruros como Cl	mg	203.84
Sulfatos como SO ₄	mg/l	132.20
Sólidos totales	mg/l	662.40
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	609.30
Conductividad	microS/cm	1231.20

Fuente: ANEXO 1

Interpretación.- Los resultados obtenidos de la muestra de agua (ver ANEXO 1) en comparación con la tabla de la ASTM del CAPÍTULO 2, cumplen todos los requisitos; el PH (grado de acidez) es mayor a 7 pero menor a 8 que es lo recomendado.

5.1.4 RECONOCIMIENTO VISUAL DEL AGREGADO RECICLADO

Las partículas, producto del reciclado de pavimento rígido, poseen una relativa variabilidad. Es decir no se presentan partículas conglomeradas en un 100%, como se podría estimar, sino existen también canto rodado “limpio”, “mortero puro” o granos pequeños que son difíciles de describir y clasificar.

Por ello se ha llevado a cabo una inspección visual de este agregado con el objetivo de identificar las partículas más representativas y abundantes y su presencia en porcentaje.




Se ha tomado 3 muestras, cada una de 6kg aproximadamente, las cuales fueron disgregadas y caracterizadas por los tipos de áridos que se encontraron, los resultados se presentan a continuación.

Tabla 5.27 Resultados la inspección visual del árido reciclado.

TIPO DE PARTÍCULA	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03		PORCENTAJE PROMEDIO
	PESO	PESO (%)	PESO	PESO (%)	PESO	PESO (%)	
A. CONGLOMERADO	3060.70	48.65	2820.90	46.96	2941.20	48.29	48.0
A. LIMPIO	1619.80	25.75	1809.44	30.12	1722.60	28.29	28.1
A. LIMPIO + MORTERO	733.40	11.66	593.04	9.87	646.60	10.62	10.7
SOLO MORTERO	570.30	9.06	470.58	7.83	494.10	8.11	8.3
OTROS	307.50	4.89	313.14	5.21	285.60	4.69	4.9
TOTAL	6,291.7	100.0	6,007.1	100.0	6,090.1	100.0	100.0



Tabla 5.28 Descripción de la inspección visual del árido reciclado.

TIPO DE PARTÍCULA	FOTOGRAFÍA	PESO EN (%)	DESCRIPCIÓN
CONGLOMERADO		48.0%	Estas partículas poseen un tamaño aproximado de 1" a 3/8", están compuestas por agregado grueso predominantemente partido y mortero en cantidades similares; su superficie es áspera.
A. LIMPIO		28.1%	Partícula "limpia", es el agregado natural que no presenta cantidades notorias de mortero, su tamaño es de 1" a 1/2", se encuentra generalmente partido y su superficie es angular – lisa.
A. LIMPIO + MORTERO		10.7	Estas partículas presentan, generalmente, un tamaño de 3/4"; contienen aproximadamente un 30% de mortero y su superficie es lisa – áspera.
SOLO MORTERO		8.3%	De tamaño pequeño, 1cm aproximadamente, no contienen cantidades significativas de agregado grueso, su superficie es completamente áspera.
OTROS		4.9%	Estas partículas que por su tamaño, 5 – 6mm, no pueden ser clasificadas de manera sencilla; presentan una gran variabilidad, se observa la presencia de agregado limpio, mortero y raramente conglomerado.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. Las partículas que tienen mayor presencia son las conglomeradas (agregado grueso y mortero en cantidades similares), con 48%. Al ser estas las que mayor presencia tienen, serán también las que participen prioritariamente en los diversos ensayos que se efectúan al agregado, y aún más importante, son las que resistirán los esfuerzos del concreto.

Por otro lado, de manera genérica se observa que su superficie es áspera y en algunos casos rugosa, lo que será beneficioso para la producción del concreto ofreciendo un área grande y de calidad para la adherencia con el mortero.

Observación. Los porcentajes que se presentan en la tabla son el resultado del promedio de las tres muestras consideradas para esta sección.

5.2 SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO

El objetivo principal de esta investigación es evaluar las propiedades del concreto incorporado con árido reciclado y determinar el potencial de uso de este material, por lo tanto se ha elaborado un total de 4 diseños de mezclas para las resistencias de 140, 175, 210 y 245kg/cm²; dos resistencias para uso no estructural y otras dos para uso estructural, con este planteamiento se verificará la aptitud del árido reciclado, producto de pavimento rígido, para producir concreto.

1. DATOS DE LOS MATERIALES

Absorción de los agregados.

Absorción A. fino (%)	6.071
Absorción A. grueso (%)	3.57
Absorción A. reciclado (%)	9.88
Absorción 20% de A. reciclado (%)	4.89
Absorción 40% de A. reciclado (%)	5.68
Absorción 60% de A. reciclado (%)	7.02

Peso unitario de los agregados.

Tabla 5.29 Peso unitario suelto y compactado de todos los agregados.

	A. FINO NATURAL	A. GRUESO NATURAL	A. GRUESO RECICLADO PURO	A. GRUESO 20% RECICLADO	A. GRUESO 40% RECICLADO	A. GRUESO 60% RECICLADO
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.38	1.42	1.12	1.32	1.26	1.20
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.51	1.52	1.26	1.46	1.40	1.35

Tamaño máximo nominal de los agregados gruesos

TMN (") : 3/4"

Módulos de fineza de los agregados.

M.F. (Fino) : 2.71

M.F. (Grueso) : 6.98

M.F. (A. Reciclado) puro : 6.81

M.F. (A. Grueso) 20% de reciclado : 6.91

M.F. (A. Grueso) 40% de reciclado : 6.87

M.F. (A. Grueso) 60% de reciclado : 6.79

Peso específico del cemento

P.E. Cemento (gr/cm³) : 2.82

2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{cr})

Existen varios criterios para calcular la resistencia promedio, sin embargo no todos son aplicables para esta investigación. A continuación se presenta un sustento teórico del criterio utilizado en el presente cálculo de f'_{cr} .

Si la compañía constructora tiene un registro de sus resultados de ensayos de obras realizadas durante los últimos doce meses; el cual está basado en por lo menos 30 ensayos consecutivos de resistencia en compresión, o en dos grupos de resultados de ensayos que totalizan por lo menos 30 y se han efectuado en dicho periodo, deberá calcularse la desviación estándar de estos resultados. (Rivva López, 2010)

La desviación estándar, en esta sección, es una cantidad que se le adiciona a la resistencia de diseño (f'_c) para obtener la resistencia promedio (f'_{cr}). Sin

embargo, como se indica en el párrafo anterior, tal criterio solo se utiliza si “la compañía constructora” (el o los responsables de elaborar el concreto para los especímenes) poseen registros de ensayos anteriores. Debido a que no se cuenta con un registro de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se ha considerado utilizar los siguientes valores, que recomienda la norma E 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones:

Si $f'c < 210$ entonces $f_{cr} = f_c + 70$

Si $f'c \geq 210$ entonces $f_{cr} = f_c + 84$

Entonces, para las resistencias 140 y 175kg/cm² se le adicionará 70kg/cm², y para las resistencias 210 y 245kg/cm² la adición será de 84kg/cm². Lo cual se especifica en la tabla siguiente:

Tabla 5.30 Cálculo de la resistencia promedio (f'_{cr})

	$f'c$	Adición	f'_{cr}
MEZCLA N 01	140	70	210
MEZCLA N 02	175	70	245
MEZCLA N 03	210	84	294
MEZCLA N 04	245	84	329

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

El concreto se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3 y 4 pulgadas (75mm a 100mm) si la consolidación es por vibración; y de 5 pulgadas o menos (125mm o menos) si la compactación es por varillado. (Rivva López, 2010)

Para todas las resistencias y grupos, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, por lo tanto se considera el siguiente asentamiento:

Consistencia plástica : 3" a 4"

El asentamiento podrá ser eventualmente hasta 5" como máximo, ya que se utilizará el método de compactación por varillado.

4. CANTIDAD DE AGUA

Tabla 5.31 Selección del volumen unitario de agua, según A.C.I.

Agua, en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
Asentamiento	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 López, 2010)

Tabla 5.32 Selección del volumen unitario de agua, según U.N.I.

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

Fuente: (Rivva López, 2010)

Según las tablas precedentes, que fueron elaboradas por el Comité 211 del ACI y la Universidad Nacional de Ingeniería respectivamente, las cantidades de agua, para producir 1m³ de concreto, son las siguientes:

Litros/m³ 205 (Según A.C.I.)

Litros/m³ 185 (según Tabla U.N.I.)

De acuerdo a las mezclas de prueba elaboradas con estas cantidades de agua, para lograr un adecuado asentamiento, se optó por la que indica la U.N.I. La

cantidad de agua que propone el criterio de A.C.I. produjo un concreto muy fluido.

5. CONTENIDO DE AIRE

Tabla 5.33 Contenido de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
Pulg.	(%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: (Rivva López, 2010)

Según la Tabla precedente, el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal 3/4" es 2%

6. RELACIÓN A/C

Debido a que no se considerará ningún tipo de acción externa que pudiera dañar el concreto, se seleccionará la relación agua/cemento únicamente por resistencia. Para lo cual se hacen interpolaciones con los valores de la tabla siguiente:

Tabla 5.34 Relación agua cemento por resistencia.

f'cr 28 días	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: (Rivva López, 2010)

Interpolación para la resistencia f'c 140kg/cm² (f'cr 210kg/cm²)

MEZCLA N° 01 (f'c 140kg/cm²)

200	0.7	210
210	X	
250	0.62	

$$A/C = 0.684$$

Interpolación para la resistencia f'c 175kg/cm² (f'cr 245kg/cm²)

MEZCLA N° 02 (f'c 175kg/cm²)

200	0.7	245
245	X	
250	0.62	

$$A/C = 0.628$$

Interpolación para la resistencia f'c 210kg/cm² (f'cr 294kg/cm²)

MEZCLA N° 03 (f'c 210kg/cm²)

250	0.62	294
294	X	
300	0.55	

$$A/C = 0.558$$

Interpolación para la resistencia f'c 245kg/cm² (f'cr 329kg/cm²)

MEZCLA N° 04 (f'c 245kg/cm²)

300	0.55	329
329	X	
350	0.48	

$$A/C = 0.509$$

7. FACTOR CEMENTO

El factor cemento se obtiene dividiendo el agua necesaria entre la relación a/c; además la cantidad de cemento en bolsas, se obtiene dividiendo el factor cemento entre el peso de la bolsa del mismo (42.5kg). Se consideró un contenido de agua de 185lt.

Tabla 5.35 Factor cemento y cantidad de bolsas/m³.

Tipo mezcla	Relación A/C	Factor cemento (kg)	Cemento (bls)
MEZCLA N 01	0.684	270.47	6.36
MEZCLA N 02	0.628	294.59	6.93
MEZCLA N 03	0.558	331.30	7.80
MEZCLA N 04	0.509	363.17	8.55

8. VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

Se determina el volumen absoluto de la pasta, sumando el volumen del cemento, agua y aire para cada resistencia.

Para la resistencia de 140kg/cm², el procedimiento es el siguiente:

- Se determina el volumen unitario de cada uno de los componentes de la pasta. Considerando el factor cemento (270kg con 2.82gr/cm³ de peso específico), el agua (185litros con 1gr/cm³ de peso específico) y el contenido de aire que es 2%. Así:

$$\text{Cemento} \quad \frac{270}{2.82 \cdot 1000} = 0.096$$

$$\text{Agua} \quad \frac{185}{1 \cdot 1000} = 0.185$$

$$\text{Aire} \quad \frac{2}{100} = 0.020$$

- Sumando estos valores se obtendrá el volumen absoluto de la pasta n° 1 (f'c140kg/cm²), que es 0.30. El cálculo para las otras resistencias es

similar. Se presenta la siguiente tabla donde se aprecia los cuatro cálculos correspondientes.

Tabla 5.36 Volumen absoluto de la pasta para cada resistencia.

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA			
Para la resistencia f'c 140kg/cm²			
Factor Cemento (kg)	270	2.82	0.096
AGUA (lt)	185	1	0.185
AIRE (%)	2		0.020
Vol. Abs. Pasta Nro 1			0.301
Para la resistencia f'c 175kg/cm²			
Factor Cemento (kg)	295	2.82	0.105
AGUA (lt)	185	1	0.185
AIRE (%)	2		0.020
Vol. Abs. Pasta Nro 2			0.310
Para la resistencia f'c 210kg/cm²			
Factor Cemento (kg)	331	2.82	0.117
AGUA (lt)	185	1	0.185
AIRE (%)	2		0.020
Vol. Abs. Pasta Nro 3			0.322
Para la resistencia f'c 245kg/cm²			
Factor Cemento (kg)	363	2.82	0.129
AGUA (lt)	185	1	0.185
AIRE (%)	2		0.020
Vol. Abs. Pasta Nro 4			0.334

9. VOLUMEN DE AGREGADOS

Se obtiene restándole, a la unidad, el volumen absoluto de la pasta para cada caso. Se considera 1, porque la selección de proporciones del concreto se efectúa para 1m³.

Tabla 5.37 Volúmen de los agregados.

Nro de Mezcla	Cáculo	Vol. Abs. De agregados
Mezcla N° 1 (f'c 140kg/cm ²)	1 - 0.301 =	0.699
Mezcla N° 2 (f'c 175kg/cm ²)	1 - 0.310 =	0.690
Mezcla N° 3 (f'c 210kg/cm ²)	1 - 0.322 =	0.678
Mezcla N° 4 (f'c 245kg/cm ²)	1 - 0.334 =	0.666

10. MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Según la Tabla 5.38 confeccionada por Staton Walker; el módulo de fineza de la combinación de agregados, para cada caso, se obtiene considerando el tamaño máximo nominal y la cantidad de bolsas de cemento.

Tabla 5.38 Móludo de fineza de la combinación de agregados.

Tamaño Máximo nominal del Agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas por metro cúbico indicados			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: (Rivva López, 2010)

Para la mezcla N° 1 (f'c 140kg/cm²), el tamaño máximo nominal es 3/4" y la cantidad de bolsas es 6.36 (valor que no figura en la tabla), por lo tanto se deberá hacer una interpolación. Así:

$$\frac{6 - 6.37}{6 - 7} = \frac{4.96 - x}{4.96 - 5.04}$$

$$x = 4.99$$

El procedimiento es idéntico para los otros casos, se concibe la tabla siguiente:

Tabla 5.39 Módulos de fineza para cada condición.

SEGÚN TABLA DE STATON WALKER			
Tipo mezcla	T.M.N.	Bolsas/m3	M.F. C.A.
MEZCLA Nº 01	3/4"	6	4.99
MEZCLA Nº 02	3/4"	7	5.03
MEZCLA Nº 03	3/4"	8	5.10
MEZCLA Nº 04	3/4"	9	5.15

A continuación se deberá calcular el porcentaje de intervención del agregado grueso y del agregado fino, para lo cual se hace uso de las siguientes fórmulas:

$$r_f + r_g = 1$$

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

Donde:

r_f : Valor que representa el porcentaje de agregado fino.

r_g : Valor que representa el porcentaje de agregado grueso.

m_g : Módulo de fineza del agregado grueso.

m_f : Módulo de fineza del agregado fino.

m : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Para la primera condición, 0% de árido reciclado incorporado (ver Tabla 5.40), de la resistencia $f'c$ 140kg/cm²; el criterio de cálculo es el siguiente:

$$m_g: 6.98$$

$$m_f: 2.71$$

$$m: 4.99$$

$$r_f = \frac{6.98 - 4.99}{6.98 - 2.71} = 0.466$$

Y como $r_f + r_g = 1$, entonces $r_g = 0.534$.

Para la segunda condición, 20% de árido reciclado incorporado (ver Tabla 5.40), de la resistencia $f'c$ 140kg/cm²; el criterio de cálculo es el siguiente:

En primer lugar se determina el valor teórico del módulo de fineza del agregado grueso con 20% de agregado reciclado. El valor correspondiente a este agregado, el cual figura en el ítem 1 de este diseño de mezclas es de 6.91, se ha optado por no tomar este valor ya que los resultados del ensayo, aunque son bastante certeros, no coinciden con los valores teóricos que estos deberían tener. Se estima que tal variación se debe a que en la mezcla de agregados las muestras tomadas no son exactamente homogéneas. Cabe destacar que la mencionada variación es centesimal, muy pequeña.

El valor teórico del módulo de fineza del agregado con 20% de reciclado se obtiene multiplicando el módulo de fineza del árido natural por 0.8 y sumándole a este producto el módulo de fineza del árido reciclado por 0.2, así:
 $0.8(6.98)+0.2(6.98) = 6.95$.

$$m_g: 6.98 \text{ (Natural)}$$

$$m_{g.r}: 6.81 \text{ (Reciclado Puro)}$$

$$m_{g.r.(20\%)}: 6.95 \text{ (20\% de reciclado)}$$

$$m_f: 2.71$$

$$m: 4.99$$

$$r_f = \frac{6.95 - 4.99}{6.95 - 2.71} = 0.462$$

Y como $r_f + r_g = 1$, entonces $r_g = 0.538$.

Para la tercera condición, 40% de árido reciclado incorporado (ver Tabla 5.40), de la resistencia $f'c$ 140kg/cm²; el criterio de cálculo es el siguiente:

$$m_g: 6.98 \text{ (Natural)}$$

$$m_{g.r.}: 6.81 \text{ (Reciclado Puro)}$$

$$m_{g.r.(40\%)}: 6.91 \text{ (40\% de reciclado)}$$

$$m_f: 2.71$$

$$m: 4.99$$

$$r_f = \frac{6.91 - 4.99}{6.91 - 2.71} = 0.458$$

$$\text{Y como } r_f + r_g = 1, \text{ entonces } r_g = 0.542$$

Para la cuarta condición, 60% de árido reciclado incorporado (ver Tabla 5.40), de la resistencia f'_c 140kg/cm²; el criterio de cálculo es el siguiente:

$$m_g: 6.98 \text{ (Natural)}$$

$$m_{g.r.}: 6.81 \text{ (Reciclado Puro)}$$

$$m_{g.r.(60\%)}: 6.88 \text{ (60\% de reciclado)}$$

$$m_f: 2.71$$

$$m: 4.99$$

$$r_f = \frac{6.88 - 4.99}{6.88 - 2.71} = 0.453$$

$$\text{Y como } r_f + r_g = 1, \text{ entonces } r_g = 0.547.$$

Para las resistencias restantes, el procedimiento del cálculo es idéntico, los resultados se aprecian en la tabla siguiente:

Tabla 5.40 Cálculo de r_f y r_g para cada condición.

CONDICIÓN	f'_c	r_f	r_g
MEZCLA N° 01			
0%	140 kg/cm ²	0.466	0.534
20%		0.462	0.538
40%		0.458	0.542
60%		0.453	0.547
MEZCLA N° 02			
0%	175 kg/cm ²	0.456	0.544
20%		0.451	0.549
40%		0.447	0.553
60%		0.442	0.558
MEZCLA N° 03			
0%	210 kg/cm ²	0.441	0.559
20%		0.437	0.563
40%		0.432	0.568
60%		0.428	0.572
MEZCLA N° 04			
0%	245 kg/cm ²	0.428	0.572
20%		0.423	0.577
40%		0.418	0.582
60%		0.414	0.586

11. CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS

A continuación se deberá determinar el volumen absoluto de los agregados por metro cúbico de concreto. De la Tabla 5.37 ubicada en el ítem 9 de este diseño de mezclas figuran los volúmenes absolutos de los agregados pero sin especificar la cantidad de fino y grueso, lo cual se logra de la siguiente manera:

Para la condición N° 1 (0% de árido reciclado) de f'_c 140kg/cm² el volumen de agregados es 0.699 el cual debe multiplicarse por el r_f y r_g de dicha condición, valores que figuran en la tabla precedente. Así:

$$\text{Vol. A. Fino} \quad 0.699 \cdot 0.466 = 0.32603$$

$$\text{Vol. A. Grueso} \quad 0.699 \cdot 0.534 = 0.37323$$

Para la condición N° 2 (20% de árido reciclado) de f'_c 140kg/cm². Será:

$$\text{Vol. A. Fino} \quad 0.699 \cdot 0.462 = 0.32303$$

$$\text{Vol. A. Grueso} \quad 0.699 \cdot 0.538 = 0.37622$$

Para la condición N° 3 (40% de árido reciclado) de f'_c 140kg/cm². Será:

$$\text{Vol. A. Fino} \quad 0.699 \cdot 0.458 = 0.31999$$

$$\text{Vol. A. Grueso} \quad 0.699 \cdot 0.542 = 0.37927$$

Para la condición N° 4 (60% de árido reciclado) de $f'c$ 140kg/cm². Será:

$$\text{Vol. A. Fino} \quad 0.699 \cdot 0.453 = 0.31689$$

$$\text{Vol. A. Grueso} \quad 0.699 \cdot 0.547 = 0.38236$$

El cálculo para los grupos de las demás resistencias es similar, los valores figuran en la tabla siguiente:



Tabla 5.41 Volúmen absoluto de agregados.

MEZCLA 01 - 140	vol AF	normal	0.32603	0.699
	vol AG		0.37323	
	vol AF	20%	0.32303	0.699
	vol AG		0.37622	
	vol AF	40%	0.31999	0.699
	vol AG		0.37927	
	vol AF	60%	0.31689	0.699
	vol AG		0.38236	
MEZCLA 02 - 175	vol AF	normal	0.31455	0.690
	vol AG		0.37584	
	vol AF	20%	0.31154	0.690
	vol AG		0.37885	
	vol AF	40%	0.30847	0.690
	vol AG		0.38192	
	vol AF	60%	0.30536	0.690
	vol AG		0.38503	
MEZCLA 03 - 210	vol AF	normal	0.29903	0.678
	vol AG		0.37859	
	vol AF	20%	0.29599	0.678
	vol AG		0.38163	
	vol AF	40%	0.29290	0.678
	vol AG		0.38472	
	vol AF	60%	0.28977	0.678
	vol AG		0.38786	
MEZCLA 04 - 245	vol AF	normal	0.28498	0.666
	vol AG		0.38129	
	vol AF	20%	0.28192	0.666
	vol AG		0.38435	
	vol AF	40%	0.27881	0.666
	vol AG		0.38746	
	vol AF	60%	0.27565	0.666
	vol AG		0.39063	

Fuente: Elaboración propia.

12. PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

La tabla precedente muestra los volúmenes de los agregados para cada condición, sin embargo hace falta calcular los pesos por unidad cubica de concreto, para lo cual se requiere de los pesos específicos de los agregados.

En primer lugar se determina el valor teórico del peso específico del agregado grueso con 20% de agregado reciclado. El valor correspondiente a este agregado, el cual figura en el ANEXO 3 es de 2.63, se ha optado por no tomar este valor ya que los resultados del ensayo, aunque son bastante certeros, no coinciden con los valores teóricos que estos deberían tener. Se estima que tal variación se debe a que en la mezcla de agregados las muestras tomadas no son exactamente homogéneas. Cabe destacar que la mencionada variación es centesimal, muy pequeña.

Para determinar el peso específico del árido con 20% de reciclado se multiplica 0.2 por el peso específico del árido reciclado y se suma el producto de 0.8 por el peso específico del árido natural. Así: $(0.2 \cdot 2.6) + (0.8 \cdot 2.64) = 2.63$

El procedimiento para los grupos con 40 y 60% de árido reciclado es similar.

- A. con 20% de Reciclado: 2.63
- A. con 40% de Reciclado: 2.62
- A. con 60% de Reciclado: 2.61
- A. Reciclado Puro: 2.60
- A. Grueso Natural: 2.64

Para la condición normal que es la primera de la resistencia 140kg/cm^2 , el procedimiento es el siguiente:

Se multiplicará el Volumen por el Peso Específico del Fino por 1000 y se obtiene el Peso Seco. Así:

$$\text{A. Fino} \quad 0.32603 \cdot 2.51 \cdot 1000 = 818.33$$

$$\text{A. Grueso} \quad 0.37323 \cdot 2.64 \cdot 1000 = 985.32$$

Para la condición 20% de árido reciclado del $f'c$ 140kg/cm^2 , el procedimiento es el siguiente:

$$\text{A. Fino} \quad 0.32303 \cdot 2.51 \cdot 1000 = 810.81$$

$$\text{A. Grueso} \quad 0.37622 \cdot 2.64 \cdot 1000 = 990.22$$

Para la condición 40% de árido reciclado del f'c 140kg/cm², el procedimiento es el siguiente:

A. Fino $0.31999 \cdot 2.51 \cdot 1000 = 803.17$

A. Grueso $0.37927 \cdot 2.64 \cdot 1000 = 995.20$

Para la condición 60% de árido reciclado del f'c 140kg/cm², el procedimiento es el siguiente:

A. Fino $0.31689 \cdot 2.51 \cdot 1000 = 795.40$

A. Grueso $0.38236 \cdot 2.64 \cdot 1000 = 1000.26$

El procedimiento para los otros grupos es idéntico, los valores obtenidos son:

Tabla 5.42 Pesos secos de los agregados.

f'c	Condición	Agregado	Vol.	PESO ESPECÍFICO			Pesos Secos kg/m ³
				P.E. Fino	P.E. Grueso	P.E. G. Reciclado	
140 kg/cm ²	Normal	A fino	0.326	2.51			818.33
		A grueso	0.373		2.64	2.60	985.32
	20%	A fino	0.323	2.51			810.81
		A grueso	0.376		2.64	2.63	990.22
	40%	A fino	0.320	2.51			803.17
		A grueso	0.379		2.64	2.62	995.20
	60%	A fino	0.317	2.51			795.40
		A grueso	0.382		2.64	2.61	1000.26
175 kg/cm ²	Normal	A fino	0.315	2.51			789.53
		A grueso	0.376		2.64	2.60	992.21
	20%	A fino	0.312	2.51			781.96
		A grueso	0.379		2.64	2.63	997.14
	40%	A fino	0.308	2.51			774.26
		A grueso	0.382		2.64	2.62	1002.15
	60%	A fino	0.305	2.51			766.44
		A grueso	0.385		2.64	2.61	1007.25
210 kg/cm ²	Normal	A fino	0.299	2.51			750.57
		A grueso	0.379		2.64	2.60	999.49
	20%	A fino	0.296	2.51			742.94
		A grueso	0.382		2.64	2.63	1004.45
	40%	A fino	0.293	2.51			735.19
		A grueso	0.385		2.64	2.62	1009.50
	60%	A fino	0.290	2.51			727.31
		A grueso	0.388		2.64	2.61	1014.64
245 kg/cm ²	Normal	A fino	0.285	2.51			715.31
		A grueso	0.381		2.64	2.60	1006.62
	20%	A fino	0.282	2.51			707.62
		A grueso	0.384		2.64	2.63	1011.62
	40%	A fino	0.279	2.51			699.82
		A grueso	0.387		2.64	2.62	1016.71
	60%	A fino	0.276	2.51			691.88
		A grueso	0.391		2.64	2.61	1021.88

Fuente: Elaboración propia.

13. VALORES DE DISEÑO

Con los valores obtenidos en los procedimientos anteriores se confecciona la tabla de resumen siguiente:

Tabla 5.43 Valores de diseño preliminares

VALORES DE DISEÑO (Las unidades del A. fino, A. grueso y cemento son kilogramos; del agua es litros)											
f'c 140kg/cm ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (0%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>818.33</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>985.32</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (0%)		CEMENTO	270	AGUA	185	A fino	818.33	A grueso	985.32
	MEZCLA N 01 (0%)										
	CEMENTO	270									
	AGUA	185									
A fino	818.33										
A grueso	985.32										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (20%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>810.81</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>990.22</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (20%)		CEMENTO	270	AGUA	185	A fino	810.81	A grueso	990.22	
MEZCLA N 01 (20%)											
CEMENTO	270										
AGUA	185										
A fino	810.81										
A grueso	990.22										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (40%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>803.17</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>995.20</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (40%)		CEMENTO	270	AGUA	185	A fino	803.17	A grueso	995.20	
MEZCLA N 01 (40%)											
CEMENTO	270										
AGUA	185										
A fino	803.17										
A grueso	995.20										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (60%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>795.40</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1000.26</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (60%)		CEMENTO	270	AGUA	185	A fino	795.40	A grueso	1000.26	
MEZCLA N 01 (60%)											
CEMENTO	270										
AGUA	185										
A fino	795.40										
A grueso	1000.26										
f'c 175kg/cm ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 02 (0%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>295</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>789.53</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>992.21</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 02 (0%)		CEMENTO	295	AGUA	185	A fino	789.53	A grueso	992.21
	MEZCLA N 02 (0%)										
	CEMENTO	295									
	AGUA	185									
A fino	789.53										
A grueso	992.21										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 02 (20%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>295</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>781.96</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>997.14</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 02 (20%)		CEMENTO	295	AGUA	185	A fino	781.96	A grueso	997.14	
MEZCLA N 02 (20%)											
CEMENTO	295										
AGUA	185										
A fino	781.96										
A grueso	997.14										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 03 (40%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>295</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>774.26</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1002.15</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 03 (40%)		CEMENTO	295	AGUA	185	A fino	774.26	A grueso	1002.15	
MEZCLA N 03 (40%)											
CEMENTO	295										
AGUA	185										
A fino	774.26										
A grueso	1002.15										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 04 (60%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>295</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>766.44</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1007.25</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 04 (60%)		CEMENTO	295	AGUA	185	A fino	766.44	A grueso	1007.25	
MEZCLA N 04 (60%)											
CEMENTO	295										
AGUA	185										
A fino	766.44										
A grueso	1007.25										
f'c 210kg/cm ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (0%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>331</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>750.57</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>999.49</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (0%)		CEMENTO	331	AGUA	185	A fino	750.57	A grueso	999.49
	MEZCLA N 01 (0%)										
	CEMENTO	331									
	AGUA	185									
A fino	750.57										
A grueso	999.49										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (20%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>331</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>742.94</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1004.45</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (20%)		CEMENTO	331	AGUA	185	A fino	742.94	A grueso	1004.45	
MEZCLA N 01 (20%)											
CEMENTO	331										
AGUA	185										
A fino	742.94										
A grueso	1004.45										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (40%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>331</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>735.19</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1009.50</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (40%)		CEMENTO	331	AGUA	185	A fino	735.19	A grueso	1009.50	
MEZCLA N 01 (40%)											
CEMENTO	331										
AGUA	185										
A fino	735.19										
A grueso	1009.50										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (60%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>331</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>727.31</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1014.64</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (60%)		CEMENTO	331	AGUA	185	A fino	727.31	A grueso	1014.64	
MEZCLA N 01 (60%)											
CEMENTO	331										
AGUA	185										
A fino	727.31										
A grueso	1014.64										
f'c 245kg/cm ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (0%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>363</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>715.31</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1006.62</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (0%)		CEMENTO	363	AGUA	185	A fino	715.31	A grueso	1006.62
	MEZCLA N 01 (0%)										
	CEMENTO	363									
	AGUA	185									
A fino	715.31										
A grueso	1006.62										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (20%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>363</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>707.62</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1011.62</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (20%)		CEMENTO	363	AGUA	185	A fino	707.62	A grueso	1011.62	
MEZCLA N 01 (20%)											
CEMENTO	363										
AGUA	185										
A fino	707.62										
A grueso	1011.62										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (40%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>363</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>699.82</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1016.71</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (40%)		CEMENTO	363	AGUA	185	A fino	699.82	A grueso	1016.71	
MEZCLA N 01 (40%)											
CEMENTO	363										
AGUA	185										
A fino	699.82										
A grueso	1016.71										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEZCLA N 01 (60%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>363</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>A fino</td> <td>691.88</td> </tr> <tr> <td>A grueso</td> <td>1021.88</td> </tr> </tbody> </table>	MEZCLA N 01 (60%)		CEMENTO	363	AGUA	185	A fino	691.88	A grueso	1021.88	
MEZCLA N 01 (60%)											
CEMENTO	363										
AGUA	185										
A fino	691.88										
A grueso	1021.88										

14. CORRECCIONES POR HUMEDAD

En primer lugar deberá dividirse la cantidad de agregado grueso, excepto para la condición normal, en cantidades de agregado grueso natural y reciclado. Para lo cual se toma el agregado grueso total y se divide en proporciones según amerite el caso. Los cálculos solo se realizarán para la primera resistencia, los restantes son idénticos.

$f'c$ 140kg/cm² (0% de árido incorporado)

A. Fino 818.33

A. Grueso 985.32

$f'c$ 140kg/cm² (20% de árido incorporado)

A. Fino 810.81

A. Grueso $990.22*(0.8) = 792.18$

A. Grueso reciclado $990.22*(0.2) = 198.04$

$f'c$ 140kg/cm² (40% de árido incorporado)

A. Fino 803.17

A. Grueso $995.20*(0.6) = 597.12$

A. Grueso reciclado $995.20*(0.4) = 398.08$

$f'c$ 140kg/cm² (60% de árido incorporado)

A. Fino 795.40

A. Grueso $1000.26*(0.4) = 400.10$

A. Grueso reciclado $1000.26*(0.6) = 600.16$

Además de esto se deberá obtener el peso húmedo para cada agregado, multiplicando el peso seco por el contenido de humedad respectivo, así: $\text{Peso seco de agregado}*(1+C.H./100)$. En las Tablas 5.44 y 5.45, se ubican los resultados de la operación mencionada en la columna "Peso Hum."

Obtenidos estos valores se procede a la corrección por humedad. Los valores que se presentan a continuación provienen de los ensayos realizados a los materiales, los cuales figuran en la sección 5.1. El procedimiento es el siguiente:

Agregado Fino

Cont. Hum. 4.32

Absorción 6.07

Agregado Grueso

Cont. Hum. 1.58

Absorción 3.57

Agregado Grueso Reciclado

Cont. Hum. 3.95

Absorción 9.88

Para la condición normal, el aporte de agua se calculará así:

$$\text{Agua (lt)} = \text{Peso seco} * (\text{C.H.} - \text{ABS.}) / 100$$

$$\text{Para el A.F.} \quad 818.33 * (4.32 - 6.07) / 100 = -14.33 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G.} \quad 985.32 * (1.58 - 3.57) / 100 = -19.61 \text{ litros}$$

Para la condición con 20% de reciclado, el aporte de agua se calculará así:

$$\text{Para el A.F.} \quad 810.81 * (4.32 - 6.07) / 100 = -14.20 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G.} \quad 792.18 * (1.58 - 3.57) / 100 = -15.76 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G. Reciclado} \quad 198.04 * (3.95 - 9.88) / 100 = -11.74 \text{ litros}$$

Para la condición con 40% de reciclado, el aporte de agua se calculará así:

$$\text{Para el A.F.} \quad 803.17 * (4.32 - 6.07) / 100 = -14.06 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G.} \quad 597.12 * (1.58 - 3.57) / 100 = -11.88 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G. Reciclado} \quad 398.08 * (3.95 - 9.88) / 100 = -23.61 \text{ litros}$$

Para la condición con 60% de reciclado, el aporte de agua se calculará así:

$$\text{Para el A.F.} \quad 795.40 * (4.32 - 6.07) / 100 = -13.93 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G.} \quad 400.10 * (1.58 - 3.57) / 100 = -7.96 \text{ litros}$$

$$\text{Para el A.G. Reciclado} \quad 600.16 * (3.95 - 9.88) / 100 = -35.59 \text{ litros}$$

Finalmente, este aporte negativo de agua se le restará a las cantidades originales, las cuales figuran en la tabla 5.43. Las cantidades corregidas de agua y los pesos húmedos de los agregados para cada condición, son los siguientes:

Tabla 5.44 Correcciones por humedad para 140 y 175kg/cm².

Resistencia	Condición	Agregado	Peso Seco	% Áridos	ABS	CONT HUM	Peso Hum.	C.H. - ABS.	Aporte (lt)	Aporte total	AGUA REAL
f'c 140 kg/cm ²	normal	A fino	818.33	818.33	6.07	4.32	853.68	-1.75	-14.33		
		A grueso	985.32	985.32	3.57	1.58	1000.89	-1.99	-19.61	-33.94	218.94
	20%	A fino	810.81	810.81	6.07	4.32	845.84	-1.75	-14.20		
		A grueso	990.22	792.18	3.57	1.58	804.69	-1.99	-15.76		
		A reciclado	990.22	198.04	9.88	3.95	205.87	-5.93	-11.74	-41.71	226.71
		A fino	803.17	803.17	6.07	4.32	837.87	-1.75	-14.06		
	40%	A grueso	995.20	597.12	3.57	1.58	606.55	-1.99	-11.88		
		A reciclado	995.20	398.08	9.88	3.95	413.80	-5.93	-23.61	-49.55	234.55
		A fino	795.40	795.40	6.07	4.32	829.76	-1.75	-13.93		
		A grueso	1000.26	400.10	3.57	1.58	406.43	-1.99	-7.96		
	60%	A reciclado	1000.26	600.16	9.88	3.95	623.86	-5.93	-35.59	-57.48	242.48
		A fino	789.53	789.53	6.07	4.32	823.64	-1.75	-13.82		
A grueso		992.21	992.21	3.57	1.58	1007.89	-1.99	-19.74	-33.57	218.57	
A fino		781.96	781.96	6.07	4.32	815.74	-1.75	-13.69			
f'c 175 kg/cm ²	normal	A grueso	997.14	797.71	3.57	1.58	810.32	-1.99	-15.87		
		A reciclado	997.14	199.43	9.88	3.95	207.31	-5.93	-11.83	-41.39	226.39
	20%	A fino	774.26	774.26	6.07	4.32	807.71	-1.75	-13.56		
		A grueso	1002.15	601.29	3.57	1.58	610.79	-1.99	-11.97		
		A reciclado	1002.15	400.86	9.88	3.95	416.70	-5.93	-23.77	-49.29	234.29
		A fino	766.44	766.44	6.07	4.32	799.55	-1.75	-13.42		
	40%	A grueso	1007.25	402.90	3.57	1.58	409.27	-1.99	-8.02		
		A reciclado	1007.25	604.35	9.88	3.95	628.22	-5.93	-35.84	-57.28	242.28
		A fino	789.53	789.53	6.07	4.32	823.64	-1.75	-13.82		
		A grueso	992.21	992.21	3.57	1.58	1007.89	-1.99	-19.74	-33.57	218.57
	60%	A fino	781.96	781.96	6.07	4.32	815.74	-1.75	-13.69		
		A grueso	997.14	797.71	3.57	1.58	810.32	-1.99	-15.87		
A reciclado		997.14	199.43	9.88	3.95	207.31	-5.93	-11.83	-41.39	226.39	
A fino		774.26	774.26	6.07	4.32	807.71	-1.75	-13.56			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.45 Correcciones por humedad para 210 y 245kg/cm².

Resistencia	Condición	Agregado	Peso Seco	% Áridos	ABS	CONT HUM	Peso Hum.	C. H. - ABS.	Aporte (lt)	Aporte total	AGUA REAL
f'c 210 kg/cm ²	normal	A fino	750.57	750.57	6.07	4.32	782.99	-1.75	-13.14	-33.03	218.03
		A grueso	999.49	999.49	3.57	1.58	1015.28	-1.99	-19.89		
	20%	A fino	742.94	742.94	6.07	4.32	775.04	-1.75	-13.01		
		A grueso	803.56	803.56	3.57	1.58	816.26	-1.99	-15.99		
		A reciclado	1004.45	200.89	9.88	3.95	208.83	-5.93	-11.91	-40.91	225.91
		A fino	735.19	735.19	6.07	4.32	766.95	-1.75	-12.87		
	40%	A grueso	1009.50	605.70	3.57	1.58	615.27	-1.99	-12.05		
		A reciclado	1009.50	403.80	9.88	3.95	419.75	-5.93	-23.95	-48.87	233.87
		A fino	727.31	727.31	6.07	4.32	758.73	-1.75	-12.74		
		A grueso	1014.64	405.85	3.57	1.58	412.27	-1.99	-8.08		
	60%	A reciclado	1014.64	608.78	9.88	3.95	632.83	-5.93	-36.10	-56.91	241.91
		A fino	715.31	715.31	6.07	4.32	746.21	-1.75	-12.53		
A grueso		1006.62	1006.62	3.57	1.58	1022.52	-1.99	-20.03	-32.56	217.56	
A fino		707.62	707.62	6.07	4.32	738.19	-1.75	-12.39			
f'c 245 kg/cm ²	normal	A grueso	1011.62	809.30	3.57	1.58	822.08	-1.99	-16.11		
		A reciclado	1011.62	202.32	9.88	3.95	210.32	-5.93	-12.00	-40.49	225.49
	20%	A fino	699.82	699.82	6.07	4.32	730.05	-1.75	-12.25		
		A grueso	1016.71	610.02	3.57	1.58	619.66	-1.99	-12.14		
		A reciclado	1016.71	406.68	9.88	3.95	422.75	-5.93	-24.12	-48.51	233.51
		A fino	691.88	691.88	6.07	4.32	721.77	-1.75	-12.11		
	40%	A grueso	1021.88	408.75	3.57	1.58	415.21	-1.99	-8.13		
		A reciclado	1021.88	613.13	9.88	3.95	637.34	-5.93	-36.36	-56.61	241.61
		A fino	715.31	715.31	6.07	4.32	746.21	-1.75	-12.53		
		A grueso	1006.62	1006.62	3.57	1.58	1022.52	-1.99	-20.03	-32.56	217.56
	60%	A fino	707.62	707.62	6.07	4.32	738.19	-1.75	-12.39		
		A grueso	1011.62	809.30	3.57	1.58	822.08	-1.99	-16.11		
A reciclado		1011.62	202.32	9.88	3.95	210.32	-5.93	-12.00	-40.49	225.49	
A fino		699.82	699.82	6.07	4.32	730.05	-1.75	-12.25			

Fuente: Elaboración propia.

15. PROPORCIONES FINALES

Tabla 5.46 Proporciones finales para todas las condiciones.

RESISTENCIA	CONDICIÓN	CEMENTO (kg/m3)	AGREGADO (kg/m3)		AGUA (L/m3)
f'c 140 kg/cm2	normal	270	A fino	853.68	218.94
			A grueso	1000.89	
	20%	270	A fino	845.84	226.71
			A grueso	804.69	
			A reciclado	205.87	
	40%	270	A fino	837.87	234.55
			A grueso	606.55	
			A reciclado	413.80	
	60%	270	A fino	829.76	242.48
			A grueso	406.43	
			A reciclado	623.86	
	f'c 175 kg/cm2	normal	295	A fino	823.64
A grueso				1007.89	
20%		295	A fino	815.74	226.39
			A grueso	810.32	
			A reciclado	207.31	
40%		295	A fino	807.71	234.29
			A grueso	610.79	
			A reciclado	416.70	
60%		295	A fino	799.55	242.28
			A grueso	409.27	
			A reciclado	628.22	
f'c 210 kg/cm2		normal	331	A fino	782.99
	A grueso			1015.28	
	20%	331	A fino	775.04	225.91
			A grueso	816.26	
			A reciclado	208.83	
	40%	331	A fino	766.95	233.87
			A grueso	615.27	
			A reciclado	419.75	
	60%	331	A fino	758.73	241.91
			A grueso	412.27	
			A reciclado	632.83	
	f'c 245 kg/cm2	normal	363	A fino	746.21
A grueso				1022.52	
20%		363	A fino	738.19	225.49
			A grueso	822.08	
			A reciclado	210.32	
40%		363	A fino	730.05	233.51
			A grueso	619.66	
			A reciclado	422.75	
60%		363	A fino	721.77	241.61
			A grueso	415.21	
			A reciclado	637.34	

Fuente: Elaboración propia.

5.3 ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO FRESCO

5.3.1 ASENTAMIENTO ASTM C143; NTP 339.035

El ensayo de asentamiento se realizó para cada condición de concreto, la tabla siguiente indica el asentamiento de cada uno de los grupos.



Fig. 5.32 Medición del Slump, f'c 140 - 60% de árido reciclado.

Tabla 5.47 Resultados del asentamiento para cada condición.

RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO (Pulg)			PROMEDIO
140 kg/cm ²	Normal	5	4.25
	20%	4	
	40%	5	
	60%	3	
175 kg/cm ³	Normal	3	3.75
	20%	5	
	40%	4	
	60%	3	
210 kg/cm ⁴	Normal	3	3.75
	20%	4	
	40%	4	
	60%	4	
245 kg/cm ⁵	Normal	3	3.50
	20%	4	
	40%	3	
	60%	4	

Interpretación. Se observa que el asentamiento, aunque de forma no muy notoria, disminuye conforme aumenta la resistencia, lo cual se debe a la mayor presencia de finos en las mezclas de menor resistencia ya que proporcionan una mayor fluidez a las mismas.

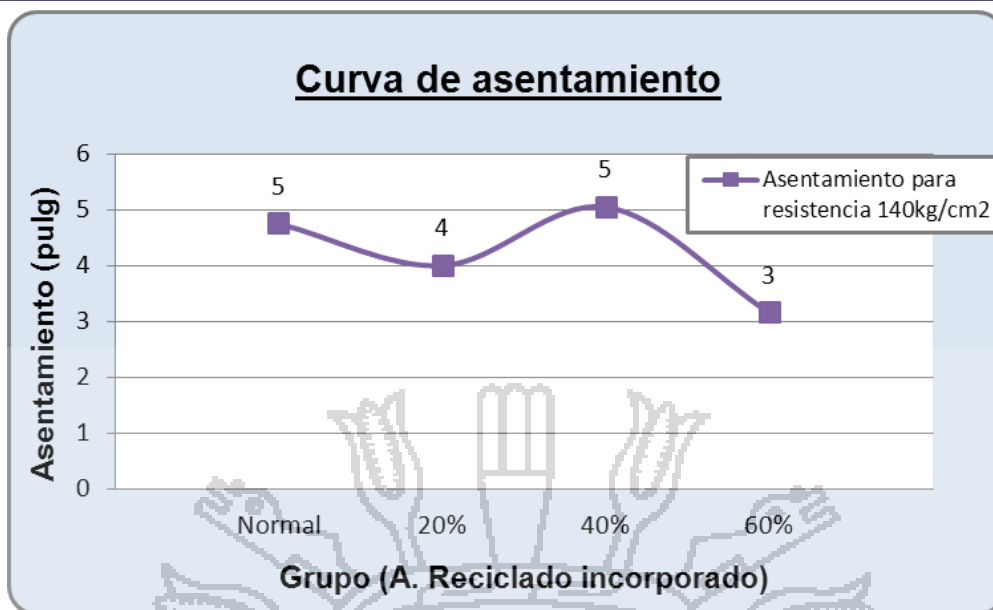


Fig. 5.33 Curva de asentamiento para la resistencia 140kg/cm².

Interpretación. Se aprecia una curva bastante variable, la cual tiene como extremos los asentamientos de 3 y 5 pulgadas, la mayor de estas excede el asentamiento máximo que es de 4pulg. Existe una tendencia a la reducción de asentamiento conforme se agrega árido reciclado, su asentamiento promedio es 4.25pulg.

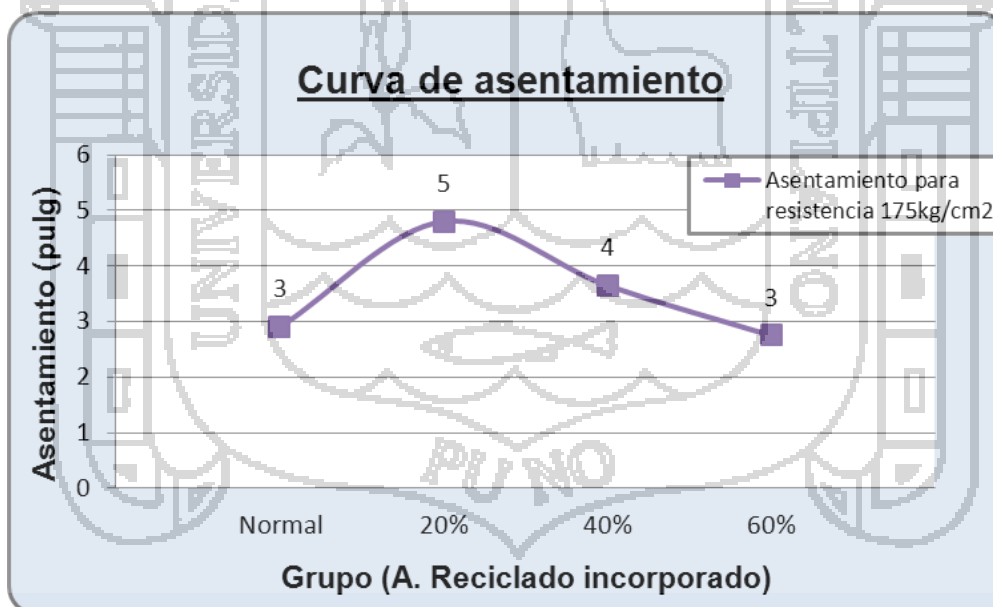


Fig. 5.34 Curva de asentamiento para la resistencia 175kg/cm².

Interpretación. Se observa una curva variable, que tiene un registro por encima de 4pulg, La curva tiende a la baja por la incorporación de árido reciclado, su asentamiento promedio es 3.75pulg.

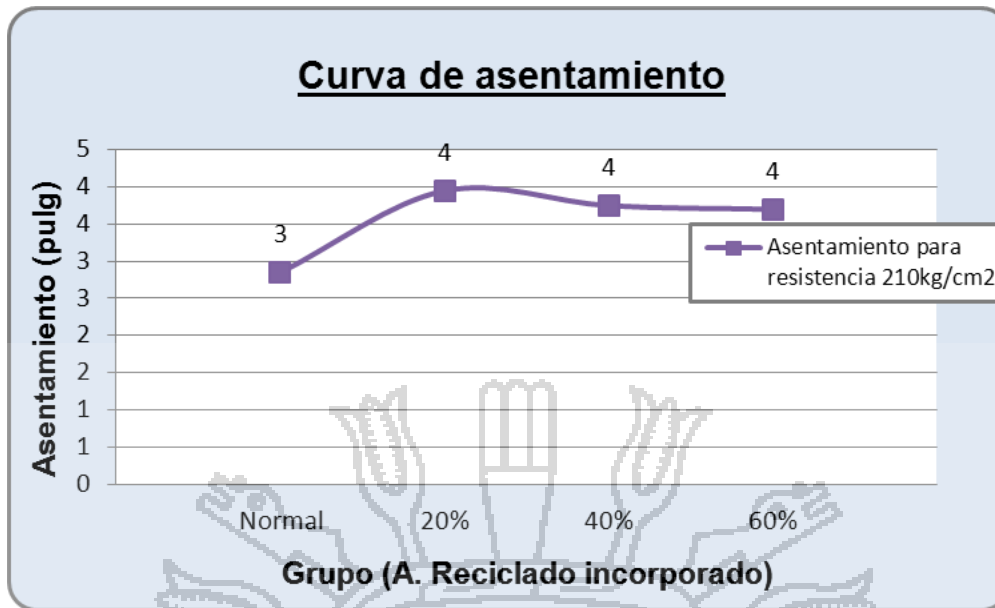


Fig. 5.35 Curva de asentamiento para la resistencia 210kg/cm².

Interpretación. Se observa una curva relativamente variable, que tiene registros entre 3 y 4 pulgadas. La curva es más estable, cuyo asentamiento promedio es 3.75pulg.

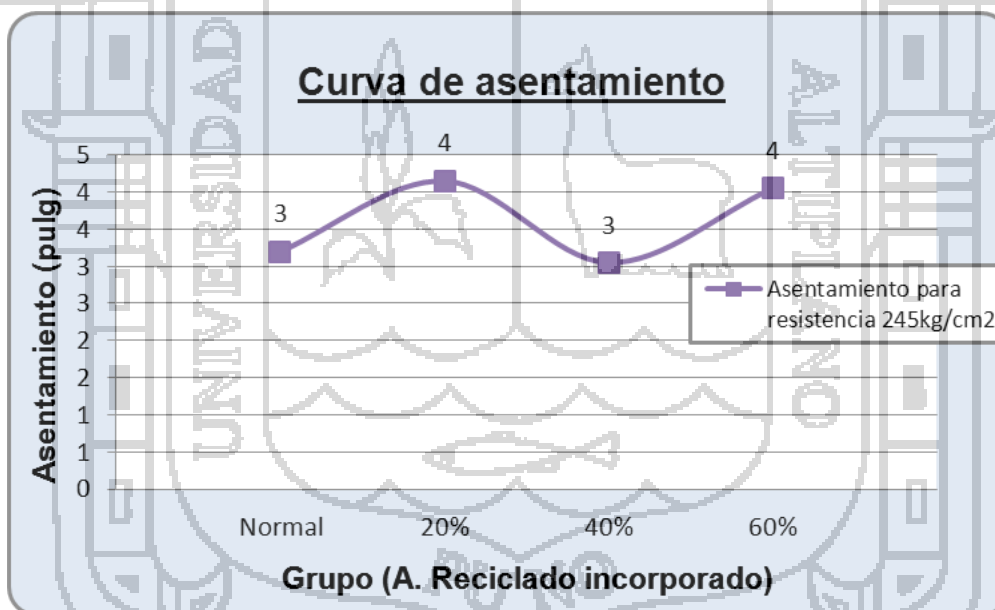


Fig. 5.36 Curva de asentamiento para la resistencia 245kg/cm².

Interpretación. La curva cuyo asentamiento promedio es 3.5pulg, es variable. Sin embargo sus registros son correctos para una mezcla de consistencia plástica que es de 3 a 4pulg.

5.3.2 EXUDACIÓN ASTM C232; NTP 339.077

Con este ensayo se obtendrá la cantidad de agua que sube a la superficie del concreto fresco depositado en el molde, esta agua libre podría generarse por efecto de la segregación, mala gradación de las partículas de agregado o el exceso de agua en la mezcla.

PROCEDIMIENTO

- Se coloca normalmente el concreto en los tubos de PVC. Y se retira el agua de la superficie de la mezcla, usualmente se hace uso de una pipeta para extraer el agua, sin embargo la utilización de esta entorpece el trabajo por ser la cantidad de agua exudada muy pequeña; por lo tanto se utilizó un paño muy delgado y absorbente, el cual se colocó sobre la superficie y se pesó para determinar la cantidad de agua absorbida.



Fig. 5.37 Ensayo de exudación para la resistencia $f'c$ 210 kg/cm².

- Por los primeros 40 minutos se realizó la operación, descrita anteriormente, con intervalos de 10 minutos. Luego se procedió a realizar la operación cada 30 minutos hasta que el espécimen dejó de exudar.

Tabla 5.48 Resultados de la exudación para todos los grupos.

Resistencia	Grupo	Total exudado
140 kg/cm ²	Normal	2.10
	20%	1.90
	40%	1.50
	60%	1.10
175 kg/cm ²	Normal	2.30
	20%	1.90
	40%	0.80
	60%	1.20
210 kg/cm ²	Normal	1.50
	20%	1.50
	40%	0.90
	60%	0.80
245 kg/cm ²	Normal	1.80
	20%	1.60
	40%	0.60
	60%	0.90

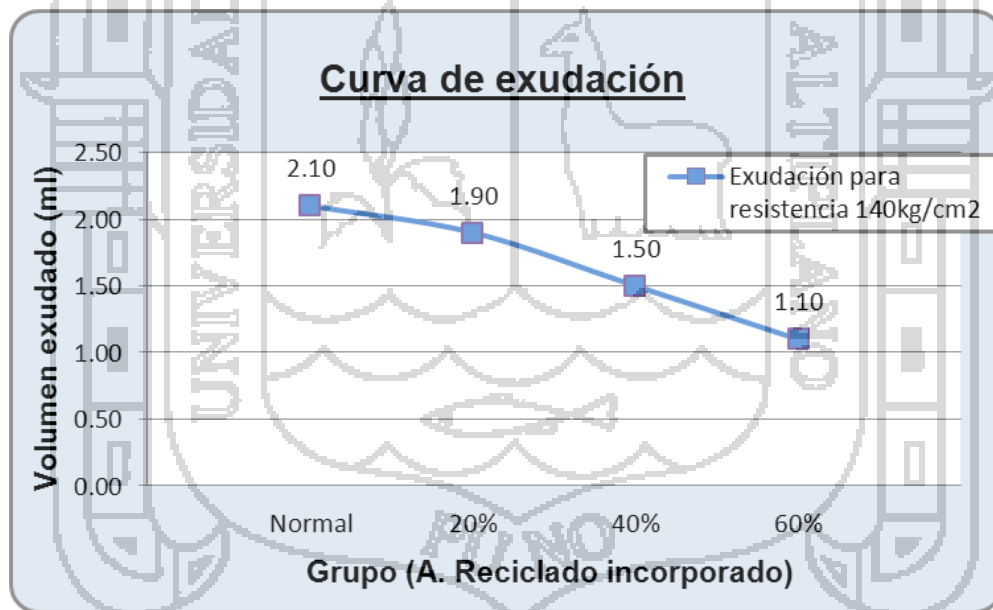


Fig. 5.38 Curva de exudación para f'c 140kg/cm².

Interpretación. Se aprecia una curva aparentemente lineal que tiene 2.1 y 1.1ml como extremos, tiende a disminuir la exudación por el incremento de árido reciclado.

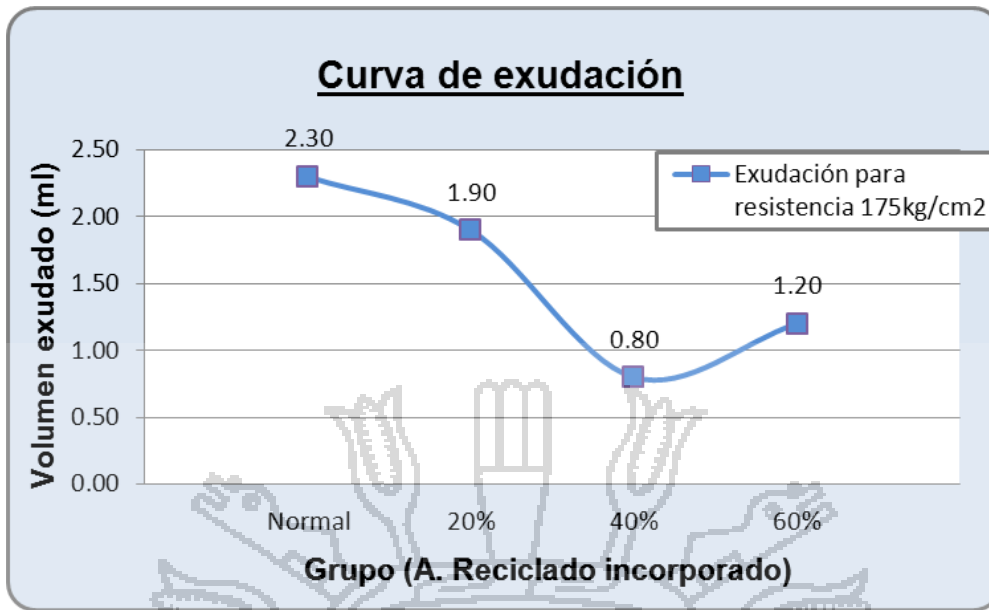


Fig. 5.39 Curva de exudación para $f'c$ 175kg/cm².

Interpretación. Se observa una curva relativamente variable que tiene 2.3 y 0.8ml como extremos, tiende a disminuir la exudación por el incremento de árido reciclado, aunque el último registro indica lo contrario.

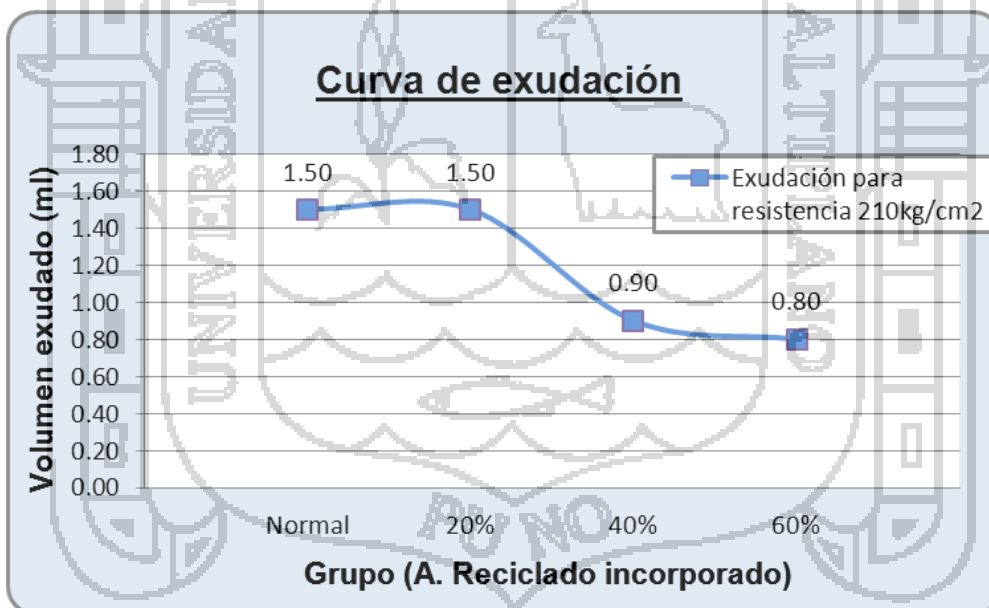


Fig. 5.40 Curva de exudación para $f'c$ 210kg/cm².

Interpretación. Se observa una curva relativamente variable que tiene 1.5 y 0.8ml como extremos, tiende a disminuir la exudación por el incremento de árido reciclado.

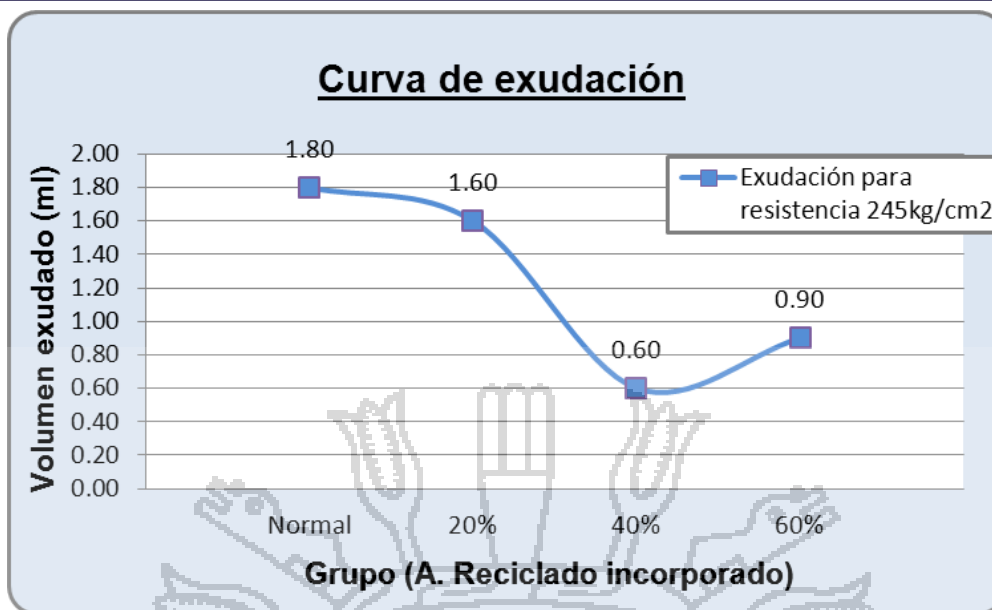


Fig. 5.41 Curva de exudación para $f'c$ 245kg/cm².

Interpretación. Se observa una curva relativamente variable que tiene 1.8 y 0.6ml como extremos superior e inferior, respectivamente. Existe una tendencia a disminuir la exudación por el incremento de árido reciclado.

5.3.3 TEMPERATURA INTERNA ASTM C1064

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

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

PROCEDIMIENTO

- Una vez compactada la muestra en el molde de PVC de 4" x 8", se colocó un tubo de ½" de diámetro en el centro de la muestra, el tubo tiene una longitud de aproximadamente 10cm; en él se realiza las mediciones de la temperatura interna.
- Se coloca el termómetro hasta que la lectura de la temperatura sea constante, anotando la hora y la lectura del termómetro.
- Se realiza esta operación por 5 horas consecutivas.



Fig. 5.42 Medición de temperatura del grupo 175 kg/cm² y 0% de agregado incorporado.

Se efectuaron un total de 9 lecturas de la temperatura para cada grupo de concreto, cada 15 minutos en la primera hora, y luego en cada hora; así: 15, 30 y 45 minutos, y a 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas

Tabla 5.49 Variación de la temperatura en el C° fresco, para cada condición.

Resistencia	Grupo	Temperatura (°C), para las horas indicadas										T° Max.	T° Min.	Máxima Variación T	PROMEDIO
		15'	30'	45'	1h	2h	3h	4h	5h	6h					
		0.25	0.50	0.75	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00					
140 kg/cm ²	Normal	14.9	14.9	15.1	14.8	15.2	15.5	15.5	15.0	14.9	15.5	14.8	0.7	1.00	
	20%	14.4	15.0	14.9	15.0	15.4	15.5	15.6	15.4	15.0	15.6	14.4	1.2		
	40%	14.6	14.5	14.7	14.8	15.0	15.2	15.6	15.4	15.1	15.6	14.5	1.1		
	60%	14.8	15.2	15.3	15.2	15.4	15.8	15.4	15.5	15.3	15.8	14.8	1.0		
Temperatura promedio		14.7	14.9	15.0	15.0	15.3	15.5	15.5	15.3	15.1					
175 kg/cm ²	Normal	15.7	15.9	15.6	15.7	16.1	16.5	16.3	16.3	15.8	16.5	15.6	0.9	1.08	
	20%	15.5	15.9	15.8	15.9	16.0	16.5	16.5	16.4	16.0	16.5	15.5	1.0		
	40%	15.2	15.3	15.4	15.6	15.8	16.0	16.6	16.1	15.9	16.6	15.2	1.4		
	60%	16.0	16.2	16.4	16.3	16.5	16.5	17.0	16.6	16.4	17.0	16.0	1.0		
Temperatura promedio		15.6	15.8	15.8	15.9	16.1	16.4	16.6	16.4	16.0					
210 kg/cm ²	Normal	15.9	16.2	16.4	16.8	16.9	17.1	17.4	17.3	17.1	17.4	15.9	1.5	1.90	
	20%	16.8	17.3	17.6	18.0	18.3	18.4	18.5	18.4	18.3	18.5	16.8	1.7		
	40%	17.4	17.9	18.5	18.6	19.8	19.8	19.5	19.4	19.2	19.8	17.4	2.4		
	60%	17.5	18.0	18.2	18.2	19.0	19.5	18.9	18.8	18.8	19.5	17.5	2.0		
Temperatura promedio		16.9	17.4	17.7	17.9	18.5	18.7	18.6	18.5	18.4					
245 kg/cm ²	Normal	16.4	16.4	16.8	17.1	17.6	18.1	17.5	17.4	17.2	18.1	16.4	1.7	2.03	
	20%	16.5	16.6	16.7	17.5	17.9	18.9	18.8	17.4	17.3	18.9	16.5	2.4		
	40%	17.5	17.3	17.4	17.8	18.2	18.6	19.4	17.5	17.6	19.4	17.3	2.1		
	60%	17.6	17.9	18.2	18.6	18.4	19.5	19.0	18.1	18.2	19.5	17.6	1.9		
Temperatura promedio		17.0	17.1	17.3	17.8	18.0	18.8	18.7	17.6	17.6					

Fuente: Elaboración propia.

Observación.- Los grupos de resistencia de 245kg/cm² poseen una mayor variación de temperatura que los otros grupos, llegando a una variación de 2.03°C; esto debido a el calor de hidratación que produce el cemento, que para estos grupos es mayor.

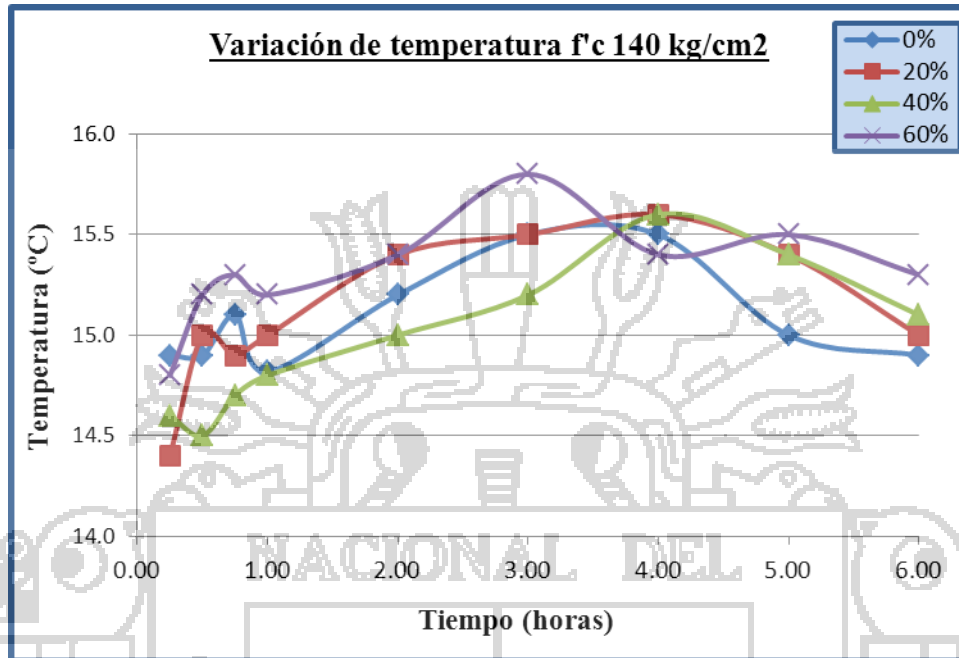


Fig. 5.43 Variación de temperatura de f'c 140 kg/cm²

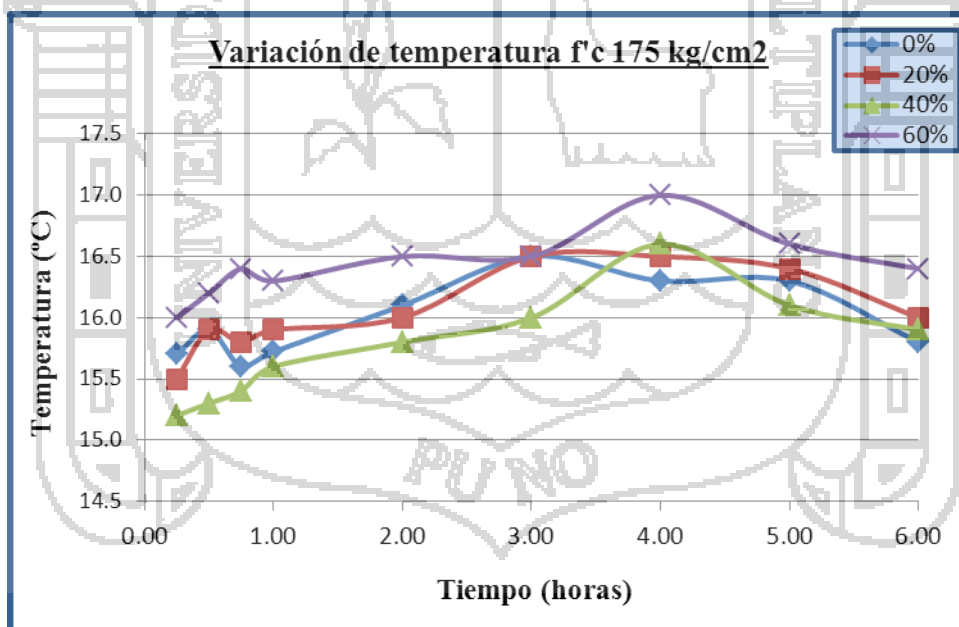


Fig. 5.44 Variación de temperatura de f'c 175 kg/cm²

Interpretación. En estos dos primeros casos que corresponden a las resistencias de 140 y 175kg/cm², se aprecian unas curvas muy sercanas y que inclusive se cruzan entre si, estas no presentan un cambio de temperatura muy significante.

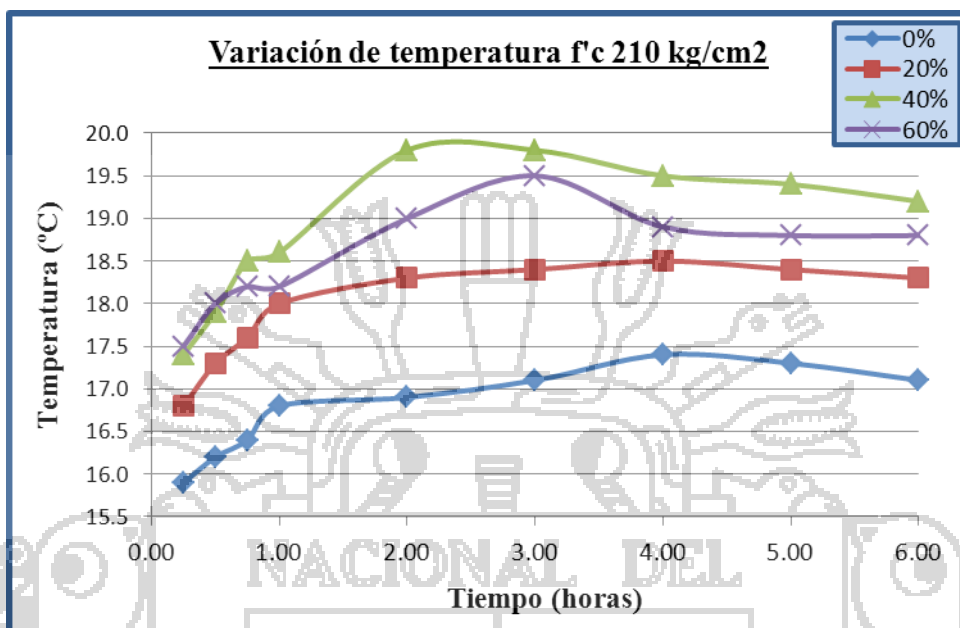


Fig. 5.45 Variación de temperatura de f'c 210 kg/cm²

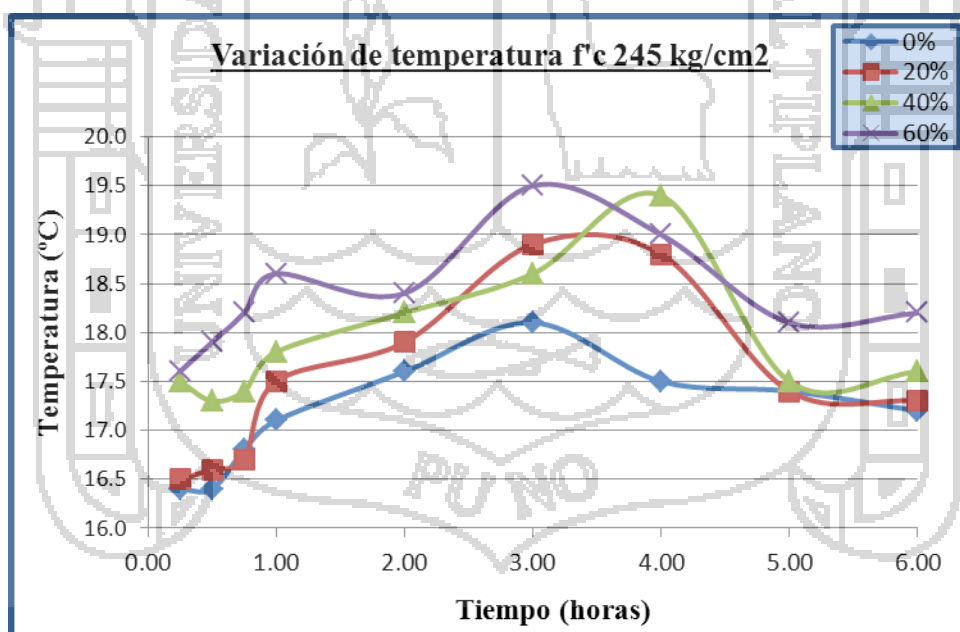


Fig. 5.46 Variación de temperatura de f'c 245 kg/cm²

Interpretación. Las últimas dos curvas que corresponden a las resistencias de 210 y 245kg/cm² son más dispersas, se aprecia un mayor cambio de temperatura y se aprecia, también, cierto “orden” entre ellas; cuanto más agregado reciclado poseen, mayor es la temperatura de la mezcla. Además las temperaturas son notablemente

mayores a las de las dos primeras figuras, esto debido a la mayor presencia de cemento.

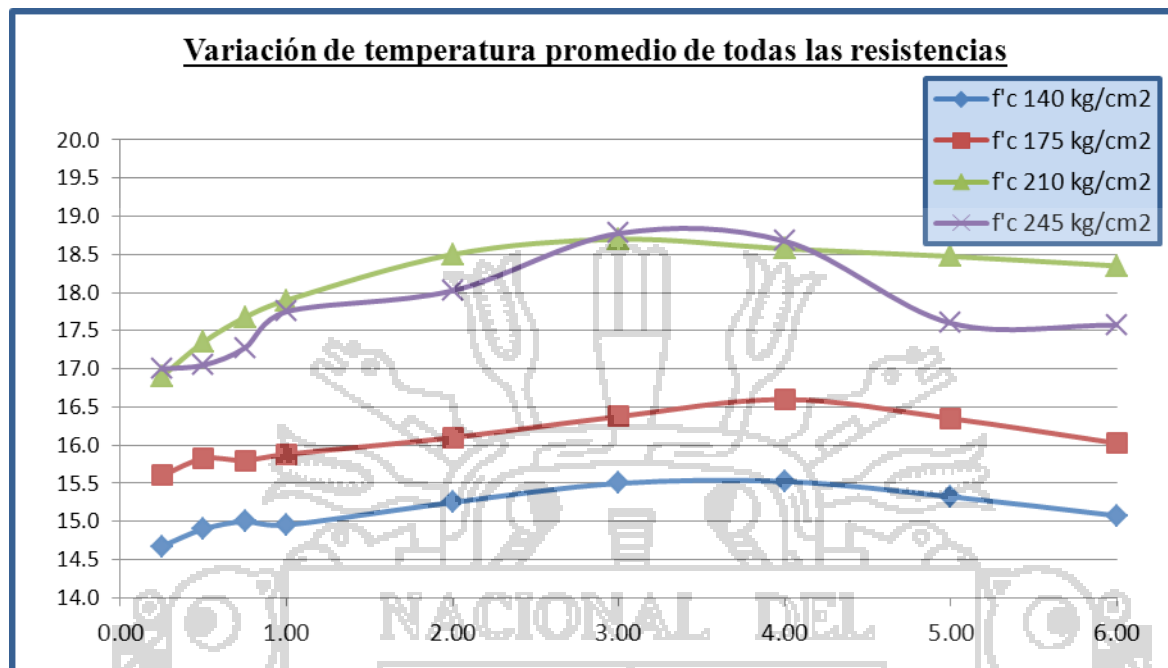


Fig. 5.47 Variación de la temperatura para todas las resistencias.

Interpretación. Finalmente se observa este conjunto de curvas que están elaboradas con las temperaturas promedio de cada resistencia, en ella se observa claramente el incremento de temperatura de la mezcla cuando se tiene una mayor cantidad de cemento.

5.4 ENSAYOS REALIZADOS AL CONCRETO ENDURECIDO

5.4.1 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

5.4.1.1 ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS

MOLDES CILÍNDRICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS

Los moldes, como lo especifica la ASTM C31, deberán tener una altura que sea el doble de su diámetro; 6x12", 4x8", 5x10", etc. Para el presente caso se ha utilizado briqueteras de 4" x 8", de superficie interior lisa, resistentes a la fuerza que ejerce el concreto fresco (indeformables) y no reactivos con el concreto.

VARILLA DE COMPACTACIÓN

Según la ASTM C31 para testigos de 4" x 8" se deberá utilizar una varilla de 3/8" y una longitud de 30 centímetros, además el extremo con el cual se compacta el concreto fresco debe tener una forma semiesférica.

Tabla 5.50 Características de la varilla de compactación.

Diámetro del cilindro		Dimensiones de la varilla			
		Diámetro		Longitud	
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
<6	150	3/8"	10	12	300
6	150	5/8"	16	20	500
9	225	5/8"	16	26	650

* La tolerancia de la longitud de la varilla es +/-4 y diámetro +/-1/6

Fuente: ASTM C31

PRENSA PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Se utilizará una máquina que esté adecuadamente calibrada y cuyos resultados sean confiables, el procedimiento de calibración se efectuará preferentemente cada 12 meses.

5.4.1.2 ESPECIFICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS

- MEZCLADO DE LA MUESTRA

1. Cada tanda debe ser cargada en la mezcladora de manera tal que el agua comience a ingresar antes que el cemento y los agregados. El agua continuará fluyendo por un período, el cual puede prolongarse hasta finalizar la primera cuarta parte del tiempo de mezclado especificado.
2. El material de una tanda no deberá comenzar a ingresar a la mezcladora antes de que la totalidad de la anterior haya sido descargada.
3. El concreto deberá ser mezclado en una mezcladora capaz de lograr una combinación total de los materiales, formando una masa uniforme dentro del tiempo especificado y descargando el concreto sin segregación.
4. En el proceso de mezclado se deberá cumplir lo siguiente:
 - a. El equipo de mezclado deberá ser aprobado por el Inspector.
 - b. La mezcladora deberá ser operada a la capacidad y al número de revoluciones por minuto recomendados por el fabricante.
 - c. La tanda no deberá ser descargada hasta que el tiempo de mezclado se haya cumplido. Este tiempo no será menor de 90 segundos después del momento en que todos los materiales estén en el tambor.
5. En la incorporación de aditivos a la mezcladora se tendrá en consideración lo siguiente:

- a. Los aditivos químicos deberán ser incorporados a la mezcladora en forma de solución empleando, de preferencia, equipo dispersante mecánico. La solución deberá ser considerada como parte del agua de mezclado.
 - b. Los aditivos minerales podrán ser pesados o medidos por volumen, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
 - c. Si se van a emplear dos o más aditivos en el concreto, ellos deberán ser incorporados separadamente a fin de evitar reacciones químicas que puedan afectar la eficiencia de cada uno de ellos o las propiedades del concreto.
6. El concreto deberá ser mezclado en cantidades adecuadas para su empleo inmediato. El concreto cuyo fraguado ya se ha iniciado en la mezcladora no deberá ser remezclado ni utilizado. Por ningún motivo deberá agregarse agua adicional a la mezcla.



Fig. 5.48 Concreto recién mezclado.

7. El concreto premezclado deberá ser dosificado, mezclado, transportado, entregado y controlado de acuerdo a la Norma ASTM C94. No se podrá emplear concreto que tenga más de 1 1/2 horas mezclándose desde el momento en que los materiales comenzaron a ingresar al tambor mezclador.
8. Se deberá anotar en el Registro de Obra:

- a. El número de tandas producidas.
 - b. Las proporciones de los materiales empleados.
 - c. La fecha y hora y la ubicación en el elemento estructural del concreto producido.
 - d. Cualquier condición especial de los proceso de mezclado y colocación.
- CONSISTENCIA. Utilizando el cono de Abrams, se realiza este ensayo a cada uno de los grupos planeados para la investigación.
 - LLENADO DE LOS MOLDES. Los moldes, antes de ser vaciados con concreto, deben ser cubiertos interiormente por una capa fina de aceite mineral que no sea reactivo o dañino para el concreto y, también, para no permitir la adherencia al molde.



Fig. 5.49 Llenado de los moldes.

- COMPACTACIÓN MANUAL
El compactado se debe realizar en toda su superficie y en todo el espesor; en las siguientes capas se deberá atravesar el espesor de la capa más $\frac{1}{2}$ " de la capa anterior para moldes de 4"; y atravesar 1" en caso de tener moldes de diámetro de 6". Colocar la última capa de concreto por encima del nivel de la probeta, para que con la compactación no quede espacios vacíos en la superficie.

Para evitar vacíos en el interior de la masa, compactar con un martillo de goma en las paredes del molde, y dejar las probetas en una superficie plana sin vibraciones.

Tabla 5.51 Requisitos para el moldeo por compactación.

REQUISITOS DEL MOLDEO POR VARILLADO			
Tipo y tamaño del espécimen	Número de capas	Número de varillados por capa	Profundidad aproximada de la capa, pulg [mm]
Cilindros:			
Diámetro, pulg. [mm]			
4 [100]	3	25	1/3 de la profundidad
6 [150]	3	25	1/3 de la profundidad
9 [225]	4	50	4.5 [112]
Vigas:			
Ancho, pulg. [mm]			
6 [150] to 8 [200]	2	Ver 8.3	1/2 ancho del espécimen
> 8 [200]	3 o más	Ver 8.3	3 [75] a 4 [100]

Fuente: ASTM C31

5.4.1.3 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Pasado el proceso de curado, las probetas se retiraron de la posa y fueron llevadas para su ensayo a compresión, todas las probetas se ensayaron a los 28 días.

Cabe decir que se tuvo mucho cuidado con el manejo, transporte y medición de los especímenes. Ya en el laboratorio, se efectuó tres lecturas del diámetro, tres lecturas de la altura y su peso de cada una de las probetas; finalmente se sometieron los especímenes al ensayo de compresión.



Fig. 5.50 Equipo de trabajo para pruebas de especímenes.

Tabla 5.52 Resultados de resistencia a compresión f'_c 140 kg/cm².

Resultados de resistencia a compresión a los 28 días f'_c 140 kg/cm ²	
Condición	Porcentaje promedio de resistencia alcanzada
Grupo 0% de árido reciclado	112.74%
Grupo 20% de árido reciclado	112.73%
Grupo 40% de árido reciclado	105.01%
Grupo 60% de árido reciclado	96.64%

Fuente: ANEXO 3

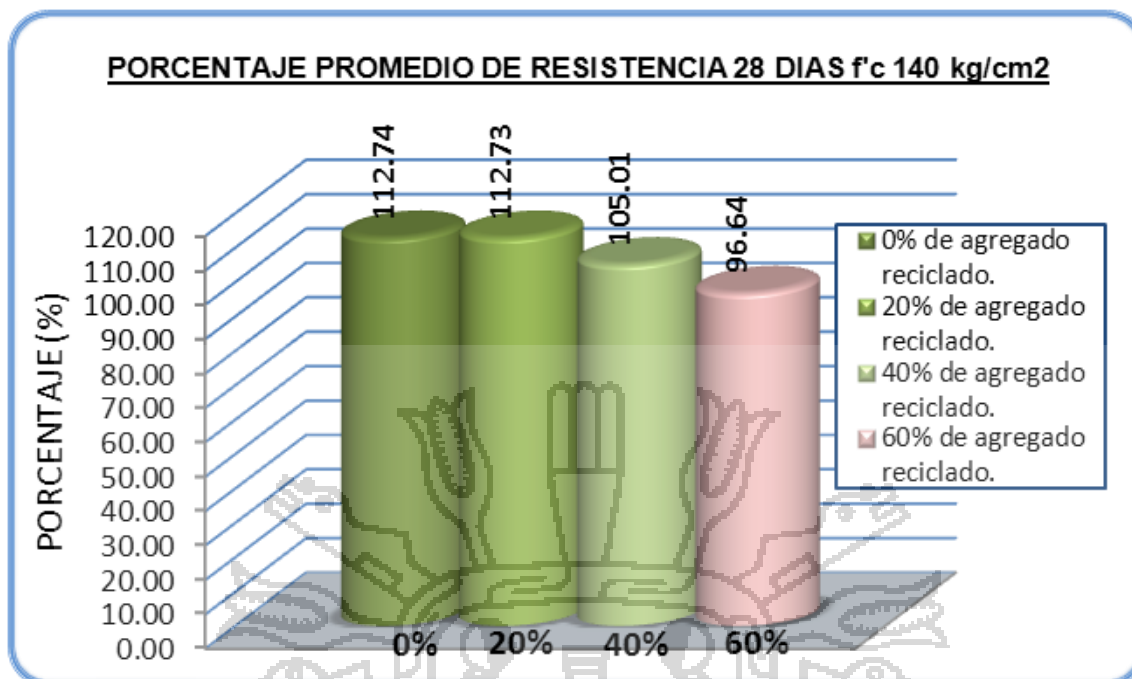


Fig. 5.51 Resistencia a compresión a los 28 días f'c 140 kg/cm2.

Interpretación. Para esta resistencia se observa que la resistencia de diseño se alcanza hasta cuando se agrega 40% de árido reciclado, sin embargo no se supera la resistencia de diseño por mucho.

Tabla 5.53 Resultados de resistencia a compresión f'c 175 kg/cm2.

Resultados de resistencia a compresión a los 28 días f'c 175 kg/cm2	
Condición	Porcentaje promedio de resistencia alcanzada
Grupo 0% de árido reciclado	107.32%
Grupo 20% de árido reciclado	108.84%
Grupo 40% de árido reciclado	99.57%
Grupo 60% de árido reciclado	89.97%

Fuente: ANEXO 3

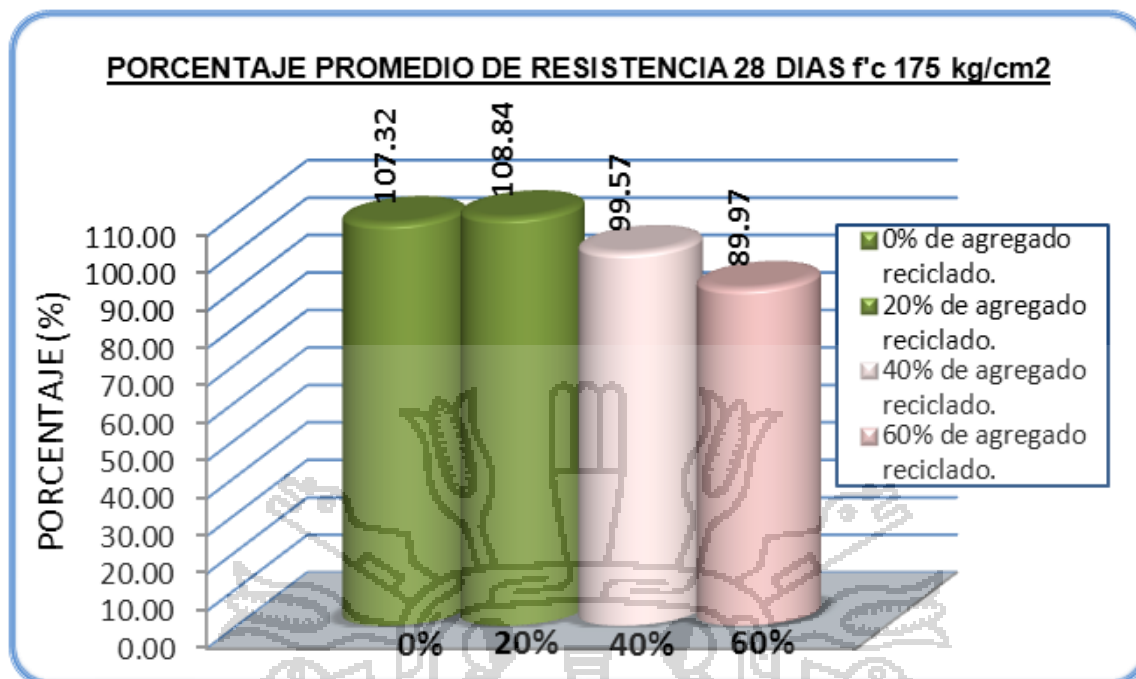


Fig. 5.52 Resistencia a compresión a los 28 días f'c 175kg/cm2.

Interpretación. Para la resistencia de 175kg/cm2, se observa que la resistencia de diseño se alcanza solamente cuando se agrega hasta un 20% de árido reciclado, sin embargo, el tercer grupo de 40% está muy cercano a la resistencia de diseño.

Tabla 5.54 Resultados de resistencia a compresion f'c 210 kg/cm2.

Resultados de resistencia a compresión a los 28 días f'c 210 kg/cm2	
Condición	Porcentaje promedio de resistencia alcanzada
Grupo 0% de árido reciclado	101.50%
Grupo 20% de árido reciclado	101.17%
Grupo 40% de árido reciclado	95.99%
Grupo 60% de árido reciclado	90.70%

Fuente: ANEXO 3

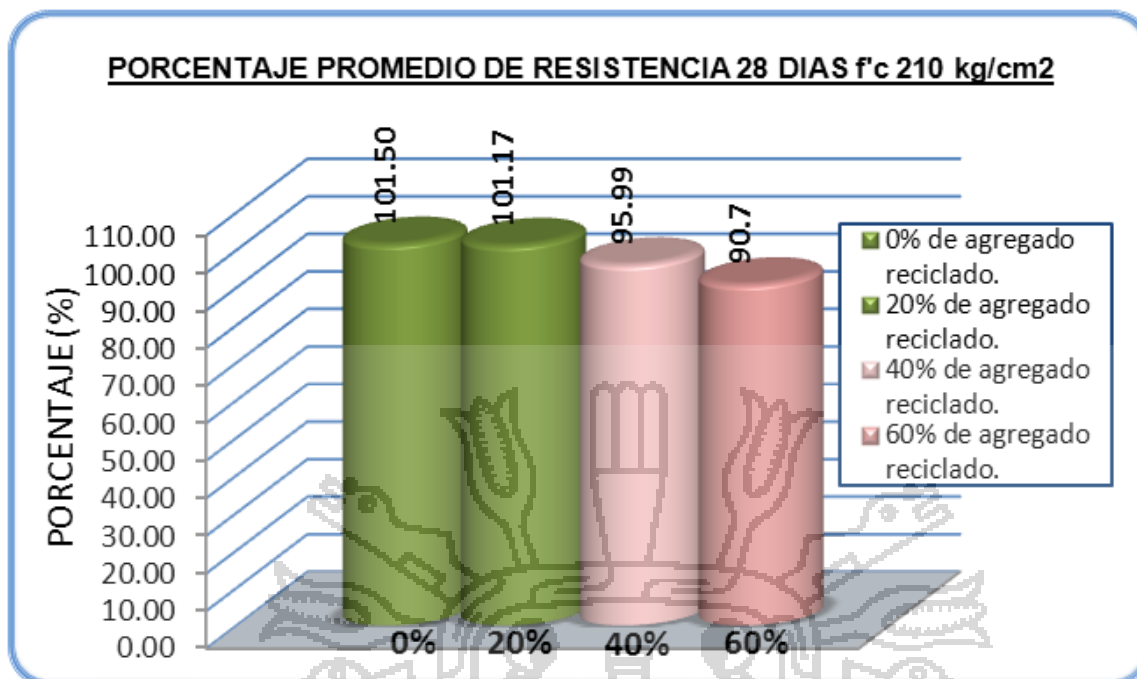


Fig. 5.53 Resistencia a compresión a los 28 días f'c 210 kg/cm².

Interpretación. Este caso es muy similar al anterior, se observa que la resistencia de diseño se alcanza solamente cuando se agrega hasta un 20% de árido reciclado, el tercer y cuarto grupo de 40% y 60% de árido reciclado incorporado no alcanzan la resistencia de diseño.

Tabla 5.55 Resultados de resistencia a compresion f'c 245 kg/cm².

Resultados de resistencia a compresión a los 28 días f'c 245 kg/cm ²	
Condición	Porcentaje promedio de resistencia alcanzada
Grupo 0% de árido reciclado	97.54%
Grupo 20% de árido reciclado	94.85%
Grupo 40% de árido reciclado	95.48%
Grupo 60% de árido reciclado	92.01%

Fuente: ANEXO 3

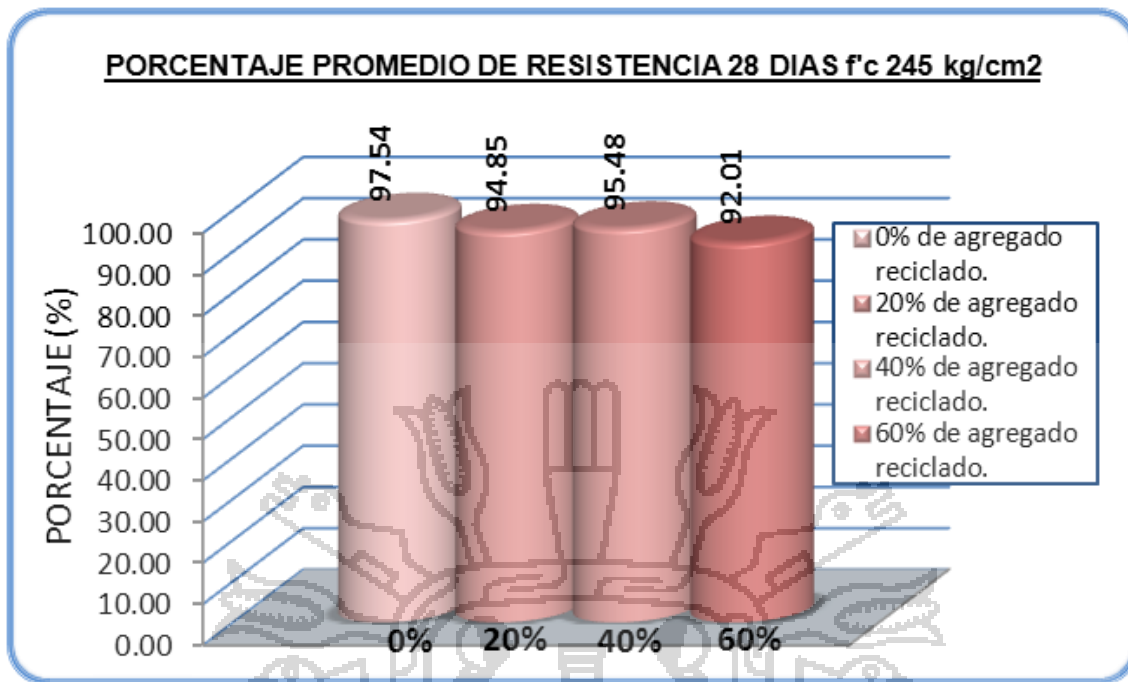


Fig. 5.54 Resistencia a compresión a los 28 días f'c 245 kg/cm².

Interpretación. Por último se aprecia la resistencia de 245kg/cm², todos los grupos presentan una resistencia deficiente al no alcanzar la de diseño debido principalmente a la calidad de los agregados.

5.4.2 TIPOS DE FALLAS EN LOS ESPECÍMENES

Los tipos de falla más comunes registrados en los especímenes de concreto fueron el de cono, columnar y de corte; sin embargo, eventualmente se producen otros tipos de falla que se aprecian en la figura siguiente.

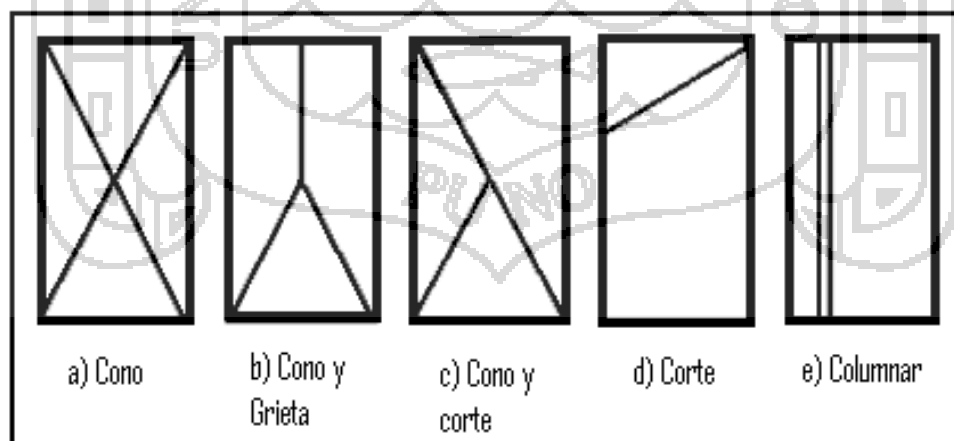


Fig. 5.55 Tipos de falla en cilindros de concreto.



Fig. 5.56 Falla tipo cono.

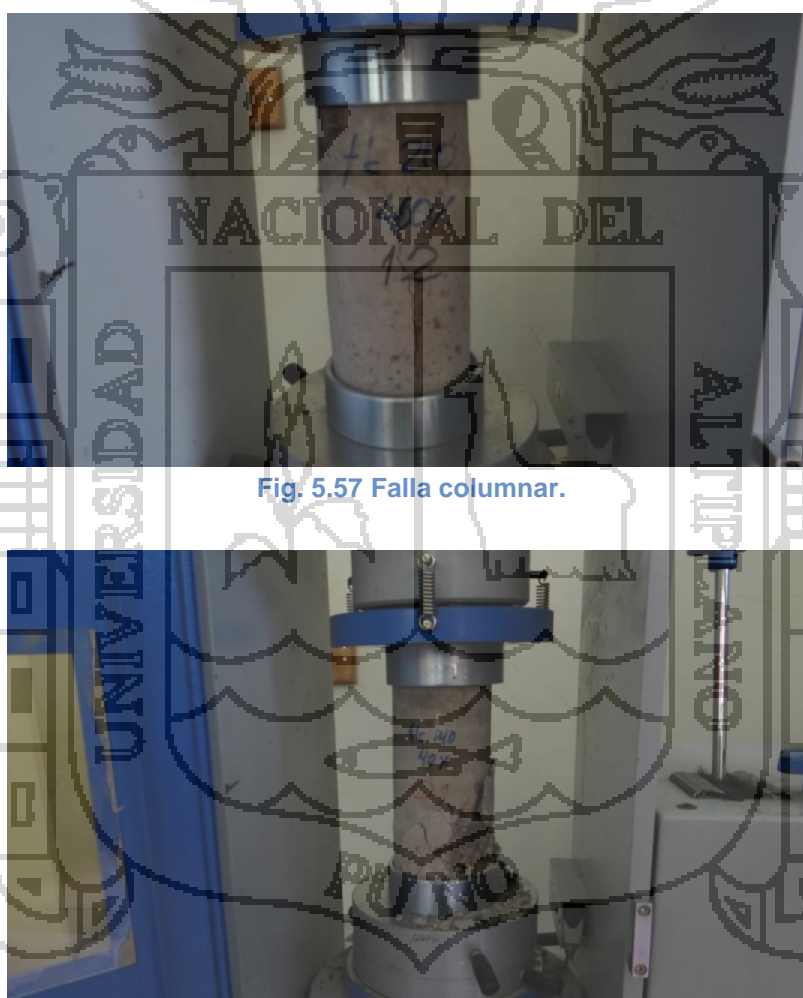


Fig. 5.57 Falla columnar.

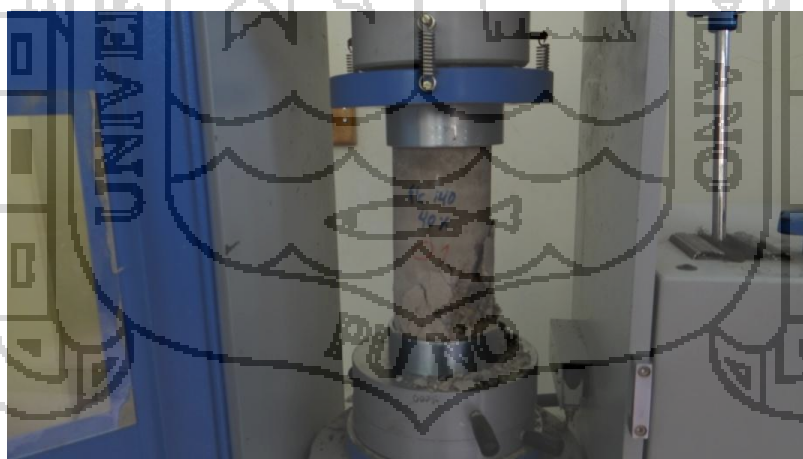


Fig. 5.58 Falla por corte.

Los tipos de falla que se registraron en todos los especímenes no fueron característicos de un grupo o condición, por lo tanto no se puede asociar un tipo de falla con un grupo específico o con un porcentaje de árido reciclado incorporado.

5.4.3 PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO

La siguiente tabla se ha confeccionado con los datos obtenidos en el laboratorio, los cuales son el promedio de la columna “Peso volumétrico”, para cada condición (ver ANEXO 3).

Tabla 5.56 *Peso volumétrico promedio para cada grupo.*

PORCENTAJE DE ÁRIDO INCORPORADO	PESO VOLUMÉTRICO PARA CADA RESISTENCIA (kg/m ³)			
	f'c 140kg/cm ²	f'c 175kg/cm ²	f'c 210kg/cm ²	f'c 245kg/cm ²
0%	2178.76	2179.98	2203.34	2189.66
20%	2165.37	2145.61	2187.00	2172.67
40%	2154.38	2159.55	2166.96	2160.50
60%	2104.37	2152.08	2157.15	2136.82

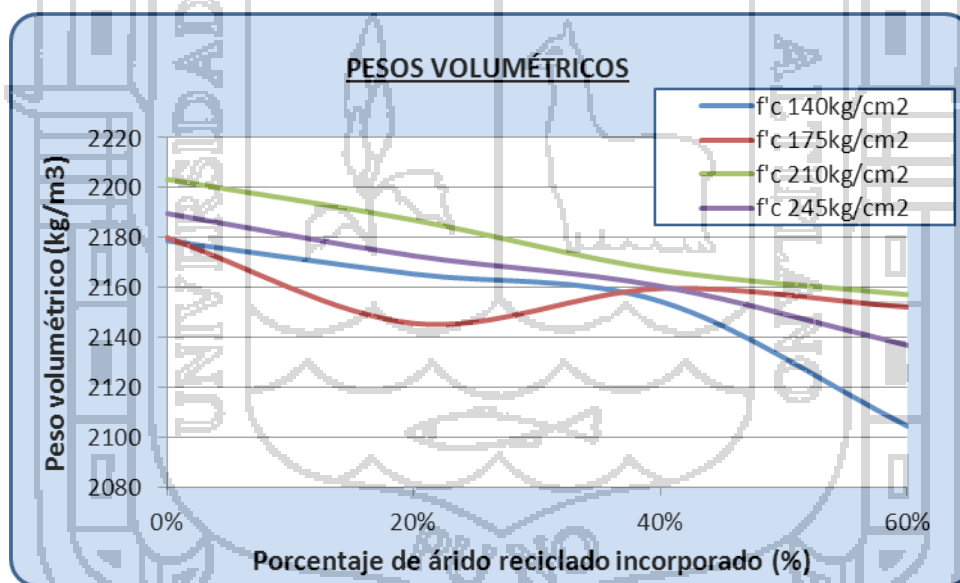


Fig. 5.59 *Disminución del peso volumétrico.*

Interpretación. Se aprecia claramente una reducción del peso volumétrico para todas las resistencias, lo que significa que el concreto es más liviano cuando se le incorpora árido reciclado.

5.5 CURADO DEL CONCRETO

Una vez desmoldadas las probetas, estas se introducen en una poza, en la cual hay agua suficiente para cubrir las completamente con el objetivo de evitar la evaporación del agua capilar y proveer, a las probetas, de una condición favorable para la adquisición de su resistencia. Durante las primeras 24 horas se debe dejar las probetas en un ambiente a una temperatura de 16°C a 27°C que eviten toda pérdida de humedad, pudiendo también cubrir las probetas con trapos mojados o lienzos humedecidos.



Fig. 5.60 Curado de especímenes.

Además, las probetas deberán ser curadas con agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y el agua deberá contener una solución de hidróxido de calcio, comúnmente llamada cal hidratada (ver ANEXO 2).



Fig. 5.61 Fase de curado de los especímenes.



6.1 COSTO DE LOS MATERIALES

El costo más importante a evaluar en esta sección es del árido reciclado, para ello se ha calculado el costo de todas las fases de producción de este. La materia prima, que es el material acopiado en obra procedente de sus demoliciones y que posee gran cantidad de impurezas, tiene que pasar por un proceso de separación y habilitado que consiste en retirar las impurezas y lavar los bloques de pavimento de manera que queden listos para ser llevados a la planta chancadora.

El análisis de costos que se presenta a continuación es el aproximado para procesar 1m^3 de materia prima; la cuadrilla, herramientas y costo de mano de obra se basan en el libro de "Costos y presupuestos en edificación" de CAPECO, y en obras de la región Puno; respectivamente.

Tabla 6.1 Análisis de costos de la habilitación manual de la materia prima.

COSTO DE LA HABILITACIÓN MANUAL DE LA MATERIA PRIMA				
Rendimiento:	10 m ³ /día	CUADRILLA:	0.1 Capataz + 1 peon	
Unidad:	m ³			
	unidad	cantidad	Precio unitario	Parcial
MATERIALES				
Costo de la materia prima (Incluye Transporte y carguío)	m ³	1	7.69	7.690
Agua	m ³	0.23	5.14	1.182
Costo de materiales				8.872
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.1	14.98	1.498
Peón	hh	1	10.89	10.890
Costo de la mano de obra				12.388
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Equipo de protección y otros	% M.O.	0.03	12.388	0.372
Costo de equipo y herramientas				0.372
TOTAL				21.632

El costo de habilitar el material para que sea llevado a una planta chancadora es de S/. 21.632, sin embargo este es el costo de 1m^3 de materia prima que se reduce a 0.6m^3 ya que posee un 40% de impurezas aproximadamente. Por lo tanto el costo de 0.6m^3 de bloques de pavimento libres de impurezas es S/. 21.632.

Lo siguiente es calcular el costo que tiene procesar los bloques de pavimento en una planta chancadora, para ello se ha realizado una cotización de 3 plantas, cuyos

precios para procesar 1m^3 de árido reciclado con dimensiones y características adecuadas son 45, 32 y 28 soles. Se tomará su promedio que es S/. 35.00.

Los bloques de pavimento al ser procesados en planta, generan polvo y partículas pequeñas menores a 4.75mm las cuales se descartan y pierden aproximadamente un 30% de su volumen (GERD, 2008 - 2011). Por lo tanto para producir 1m^3 de árido reciclado se necesitará aproximadamente 1.43m^3 de bloques de concreto.

El costo de 1m^3 de agregado reciclado con dimensiones y características adecuadas será S/.35 mas el costo de 1.43m^3 de bloques de pavimento libres de impurezas que es $(1.43*21.632)/0.6 = 51.56$. Finalmente el costo de 1m^3 de agregado reciclado será: $S/. 35 + S/.51.56 = S/. 86.56$

A continuación se presenta los costos de agregados en la ciudad de Puno, de donde se verifica que el costo del árido reciclado está entre S/.26.67 y s/.98.46 que son los precios de el canto rodado y piedra chancada respectivamente.

Tabla 6.2 Costo de agregados y piedra en la ciudad de Puno.

Tipo de material	Cantidad (m3)	Costo (S./) Cotización N°1	Costo (S./) Cotización N°2	Costo (S./) Cotización N°3	Costo promedio	Costo por m3
A. fino para acabado	13	800	600	650	S/. 683.33	S/. 52.56
A. fino asentado de ladrillo	13	450	420	450	S/. 440.00	S/. 33.85
Canto rodado (Hormigon)	13	340	350	350	S/. 346.67	S/. 26.67
Piedra chancada	13	1500	1300	1040	S/. 1,280.00	S/. 98.46
Piedra para cimentación	13	420	450	440	S/. 436.67	S/. 33.59

Fuente: Elaboración propia.

En seguida se presenta una tabla en la que figura el costo de los materiales. La columna "Costo del agregado" se obtiene multiplicando el agregado en volumen y su costo por metro cúbico, de igual manera el costo del cemento se obtiene multiplicando la columna "Cemento (bolsas)" por su costo S/. 21.50; además el agua tiene un costo de S/. 5.14, equivalente al doble de la tarifa para uso domiciliario, ya que se considera como "industrial" el agua para construcción. Los valores mencionados, para cada condición, figuran en la mencionada tabla.

Tabla 6.3 Costo de materiales f'c 140 y 175kg/cm².

RESISTENCIA	CONDICIÓN	AGREGADO EN VOLUMEN (m3)	CEMENTO (bis)	COSTO DE AGREGADO POR m3	COSTO DE AGREGADO	COSTO DEL CEMENTO	COSTO DE MATERIALES
f'c 140 kg/cm ²	normal	0.34	6.35	S/. 26.67	S/. 9.07	S/. 136.59	S/. 156.90
		0.38		S/. 26.67	S/. 10.11		S/. 156.90
	20%	0.34		S/. 26.67	S/. 8.99		S/. 161.72
		0.30		S/. 26.67	S/. 8.13		S/. 161.72
		0.08		S/. 86.56	S/. 6.85		S/. 161.72
		0.33		S/. 26.67	S/. 8.90		S/. 166.60
	40%	0.23		S/. 26.67	S/. 6.13		S/. 166.60
		0.16		S/. 86.56	S/. 13.78		S/. 166.60
		0.33		S/. 26.67	S/. 8.82		S/. 171.53
		0.15		S/. 26.67	S/. 4.11		S/. 171.53
	60%	0.24		S/. 86.56	S/. 20.77		S/. 171.53
	f'c 175 kg/cm ²	normal		0.33	6.94		S/. 26.67
0.38			S/. 26.67	S/. 10.18		S/. 169.29	
20%		0.32	S/. 26.67	S/. 8.67		S/. 174.15	
		0.31	S/. 26.67	S/. 8.19		S/. 174.15	
		0.08	S/. 86.56	S/. 6.90		S/. 174.15	
		0.32	S/. 26.67	S/. 8.58		S/. 179.07	
40%		0.23	S/. 26.67	S/. 6.17		S/. 179.07	
		0.16	S/. 86.56	S/. 13.87		S/. 179.07	
		0.32	S/. 26.67	S/. 8.50		S/. 184.03	
		0.16	S/. 26.67	S/. 4.13		S/. 184.03	
60%		0.24	S/. 86.56	S/. 20.91		S/. 184.03	

Tabla 6.4 Costo de materiales f'c 210 y 245kg/cm².

RESISTENCIA	CONDICIÓN	AGREGADO EN VOLUMEN (m3)	CEMENTO (bis)	COSTO DE AGREGADO POR m3	COSTO DE AGREGADO	COSTO DEL CEMENTO	COSTO DE MATERIALES
f'c 210 kg/cm ²	normal	0.31		S/. 26.67	S/. 8.32		S/. 187.14
		0.38		S/. 26.67	S/. 10.26		
	20%	0.31		S/. 26.67	S/. 8.24		S/. 192.04
		0.31		S/. 26.67	S/. 8.25		
		0.08		S/. 86.56	S/. 6.95		
		0.31		S/. 26.67	S/. 8.15		
	40%	0.23		S/. 26.67	S/. 6.22		
		0.16		S/. 86.56	S/. 13.97		S/. 196.99
		0.30		S/. 26.67	S/. 8.06		
		0.16		S/. 26.67	S/. 4.16		
	60%	0.24		S/. 86.56	S/. 21.07	S/. 167.45	S/. 201.99
		0.30		S/. 26.67	S/. 7.93		
f'c 245 kg/cm ²	normal	0.39		S/. 26.67	S/. 10.33		S/. 203.01
		0.29		S/. 26.67	S/. 7.84		
	20%	0.31		S/. 26.67	S/. 8.30		S/. 207.94
		0.08		S/. 86.56	S/. 7.00		
		0.29		S/. 26.67	S/. 7.76		
		0.23		S/. 26.67	S/. 6.26		
	40%	0.16		S/. 86.56	S/. 14.07		S/. 212.93
		0.29		S/. 26.67	S/. 7.67		
		0.16		S/. 26.67	S/. 4.19		
		0.25		S/. 86.56	S/. 21.22	S/. 183.64	S/. 217.96

De las dos tablas precedentes, considerando solamente los costos de los materiales, se ha elaborado el siguiente gráfico.

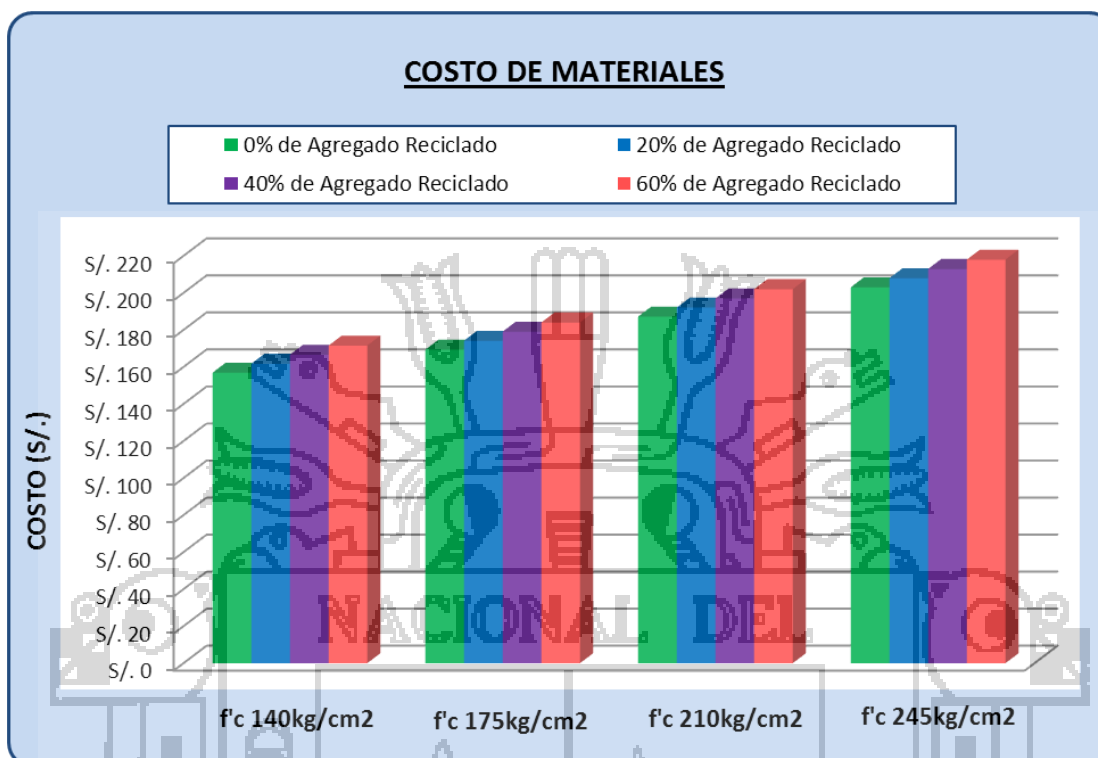


Fig. 6.1 Costo de los materiales para cada condición y resistencia

Se verifica que el costo del concreto se eleva cuando se utiliza agregado reciclado en mayor porcentaje, siendo la condición más cara la que tiene un 60% de árido reciclado. La resistencia 140kg/cm² posee el mayor incremento de costo equivalente a S/.14.63 que representa un aumento de 9.33%.

6.2 COSTO DIRECTO

Adicionalmente se ha hecho el análisis de costos para la producción de 1m³ de concreto considerando mano de obra, equipo, herramientas, etc. Únicamente con el objetivo de comparar los costos de producción, se ha considerado la partida de "Columnas", por ser típica para una obra de edificación. Las unidades, cuadrilla, equipo, etc.; se han tomado del libro de CAPECO, "Costos y presupuestos en edificación" y los costos de mano de obra, de obras de la región Puno. El detalle del análisis de costos se encuentra en el ANEXO 5.

Tabla 6.5 Costo de producción de 1m³ de concreto para columnas.

% de agregado reciclado	COSTO DE 1m3 DE CONCRETO			
	RESISTENCIAS EVALUADAS			
	140kg/cm2	175kg/cm2	210kg/cm2	245kg/cm2
0%	S/. 364.07	S/. 376.49	S/. 394.23	S/. 410.35
20%	S/. 368.90	S/. 381.32	S/. 399.33	S/. 414.91
40%	S/. 373.74	S/. 386.15	S/. 404.16	S/. 419.75
60%	S/. 378.56	S/. 391.25	S/. 408.99	S/. 425.71

Fuente: Elaboración propia, consultar ANEXO 5.

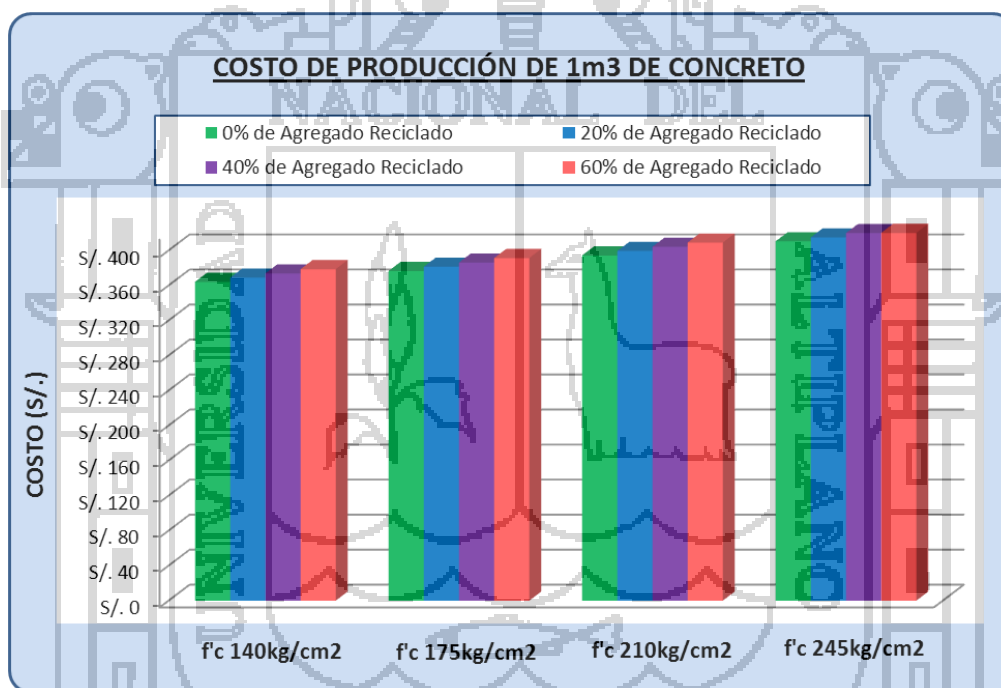


Fig. 6.2 Costo de 1m³ de concreto para columnas.

El costo de producción de 1m³ de concreto para columnas es directamente proporcional al incremento de árido reciclado en la mezcla. La resistencia de 140kg/cm² que es la que muestra un mayor incremento de costo para su condición de 60% de agregado reciclado incorporado, presenta un incremento de S/.14.49 que representa un aumento de 3.98%.

***CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE
RESULTADOS***



7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como se expuso en el capítulo del marco teórico, el análisis estadístico consistió en obtener la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada grupo planteado para la investigación, cuatro por cada resistencia. Para cada grupo se plantea una tabla y un gráfico de su distribución normal. Posteriormente se evaluará estos parámetros estadísticos con lo especificado en la Tabla 2.6, correspondiente al Capítulo 2.

Los datos de la resistencia a compresión f_c se han tomado de los resultados de laboratorio que se adjuntan en el ANEXO 3.

Como ya se ha mencionado, la cantidad de especímenes por cada condición de resistencia es de 15; sin embargo se ha optado por eliminar dos resultados de resistencia a compresión ya que algunos de los ejemplares, por motivos de transporte y accidentales golpes, presentaban imperfecciones en sus superficies. Estas imperfecciones perjudicaban su adecuado comportamiento en la prueba de compresión y generaron bajas resistencias que además provocarían, de no eliminarlas, un aumento en el coeficiente de variación y desviación estándar.

7.1.1 COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR $f'c$ 140 kg/cm²

*Tabla 7.1 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 140kg/cm² con
0% de árido incorporado.*

Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	157.37	-2.50	6.24
	2	166.43	6.56	43.07
				0.00
				0.00
	3	167.09	7.22	52.16
	4	168.81	8.94	79.88
Resistencia = 140 kg/cm ²	5	167.36	7.49	56.03
Condición: 0% de árido	6	153.39	-6.49	42.07
incorporado	7	164.40	4.53	20.53
	8	158.82	-1.05	1.10
	9	148.89	-10.98	120.63
	10	163.07	3.20	10.25
	11	151.00	-8.88	78.78
	12	146.73	-13.14	172.63
	13	164.96	5.09	25.89
Media (u)		159.87		
$\Sigma(xi - u)^2$				709.25
Varianza (σ^2)				59.10
Desviación estándar (σ)				7.69
Coeficiente de variación (vt)				4.81

En la tabla se obtienen los parámetros de la media, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación; ellos fueron determinados de la siguiente manera:

a. La Media

$$u = \frac{\Sigma f'c}{n} = 159.87$$

Donde $f'c$ es la resistencia a compresión obtenida de cada espécimen y n la cantidad de especímenes que conforman el grupo.

b. La varianza

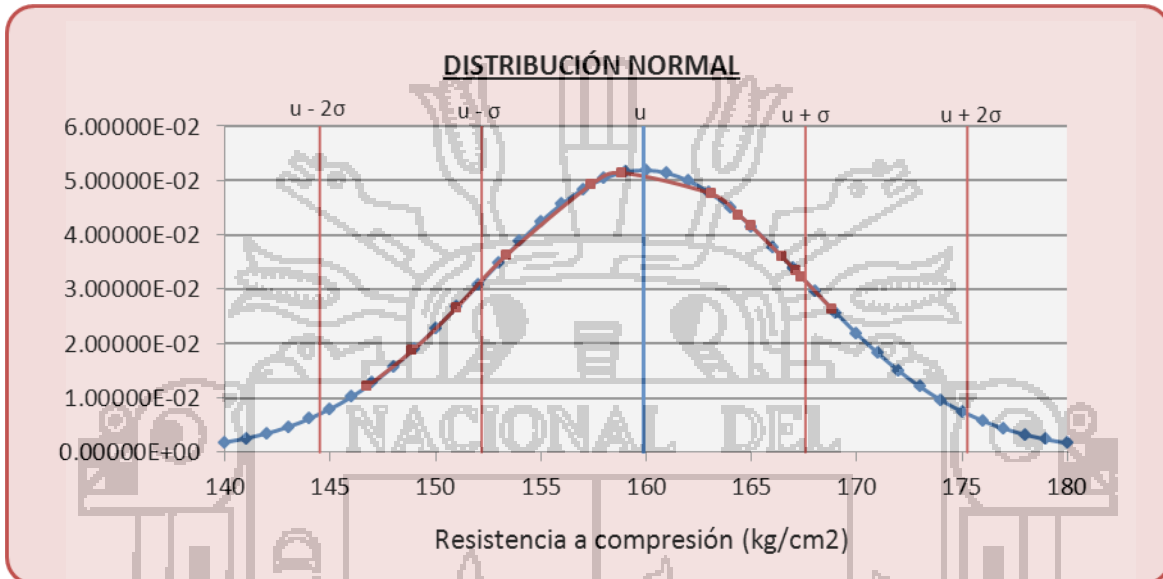
$$\sigma^2 = \frac{\Sigma(xi - u)^2}{n - 1} = \frac{709.25}{12} = 59.10$$

c. La desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{59.10} = 7.69$$

d. El coeficiente de variación

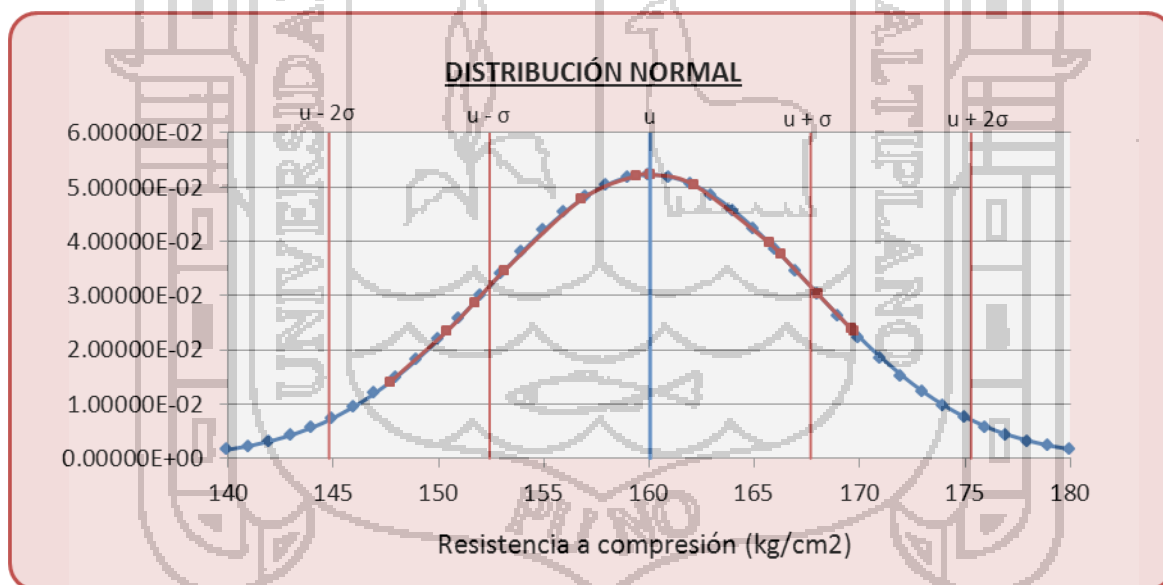
$$vt = \left(\frac{\sigma}{u}\right) * 100 = \frac{7.69}{159.87} * 100 = 4.81$$



Interpretación. Según la Tabla 2.6, para el presente grupo la desviación estándar se califica como excelente ya que 7.69 es menor a 14, y el coeficiente de variación que está entre 4 y 5 se considera suficiente. Además del gráfico se deduce que los resultados se ajustan a una distribución normal de dispersión mínima.

Tabla 7.2 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 140kg/cm² con 20% de árido incorporado.

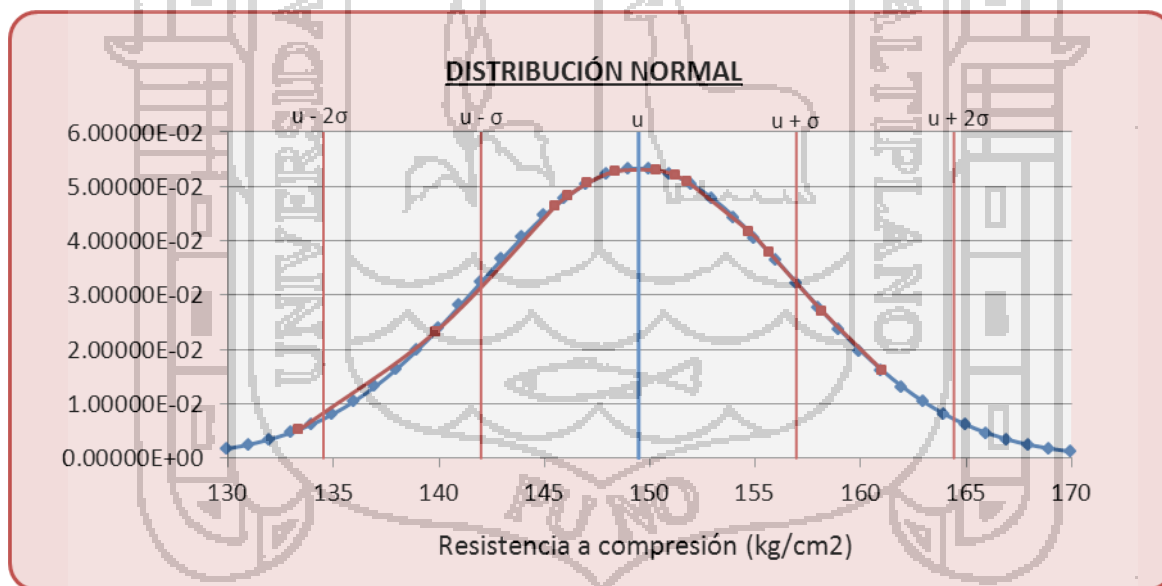
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	169.71	9.66	93.40
	2	169.60	9.56	91.35
	3	153.13	-6.91	47.77
	4	150.38	-9.66	93.34
	5	166.25	6.21	38.52
	6	147.69	-12.35	152.61
Resistencia = 140 kg/cm ²				0.00
Condición: 20% de árido	7	160.08	0.04	0.00
incorporado	8	165.70	5.66	32.04
	9	159.39	-0.65	0.42
				0.00
	10	162.12	2.08	4.31
	11	168.01	7.97	63.48
	12	156.78	-3.26	10.64
	13	151.71	-8.34	69.49
Media (u)		160.04		
$\Sigma(xi - u)^2$				697.39
Varianza (σ^2)				58.12
Desviación estándar (σ)				7.62
Coeficiente de variación (vt)				4.76



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente y el coeficiente de variación como suficiente, además los resultados se ajustan a una distribución normal.

Tabla 7.3 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 140kg/cm² con 40% de árido incorporado.

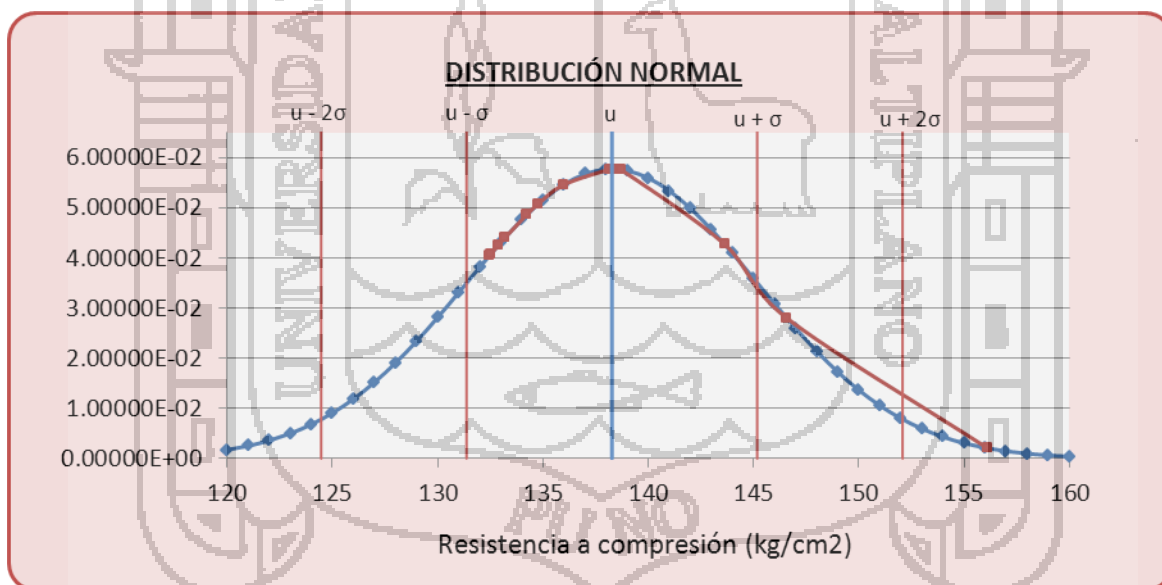
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	154.71	5.24	27.51
	2	133.34	-16.12	259.98
	3	148.37	-1.09	1.19
	4	155.65	6.18	38.20
	5	151.79	2.32	5.38
				0.00
Resistencia = 140 kg/cm ²	6	161.04	11.57	133.87
Condición: 40% de árido	7	150.32	0.86	0.74
incorporado	8	145.51	-3.96	15.65
	9	158.17	8.71	75.79
	10	147.01	-2.45	6.02
				0.00
	11	139.85	-9.62	92.52
	12	146.11	-3.36	11.27
	13	151.19	1.72	2.96
Media (u)		149.47		
$\Sigma(xi - u)^2$				671.07
Varianza (σ^2)				55.92
Desviación estándar (σ)				7.48
Coeficiente de variación (vt)				5.00



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente y el coeficiente de variación como suficiente ya que está en el límite de 4 a 5, además los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.4 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 140kg/cm² con 60% de árido incorporado.

Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
				0.00
	1	138.37	0.10	0.01
	2	132.46	-5.82	33.85
	3	132.52	-5.75	33.07
	4	143.63	5.35	28.65
	5	133.20	-5.07	25.71
Resistencia = 140 kg/cm ²	6	134.74	-3.53	12.46
Condición: 60% de árido	7	135.96	-2.31	5.35
incorporado	8	132.86	-5.42	29.33
	9	134.23	-4.04	16.33
	10	138.20	-0.08	0.01
	11	138.70	0.43	0.18
	12	146.57	8.30	68.81
	13	156.11	17.84	318.26
Media (u)		138.27		
$\Sigma(xi - u)^2$				572.02
Varianza (σ^2)				47.67
Desviación estándar (σ)				6.90
Coeficiente de variación (vt)				4.99

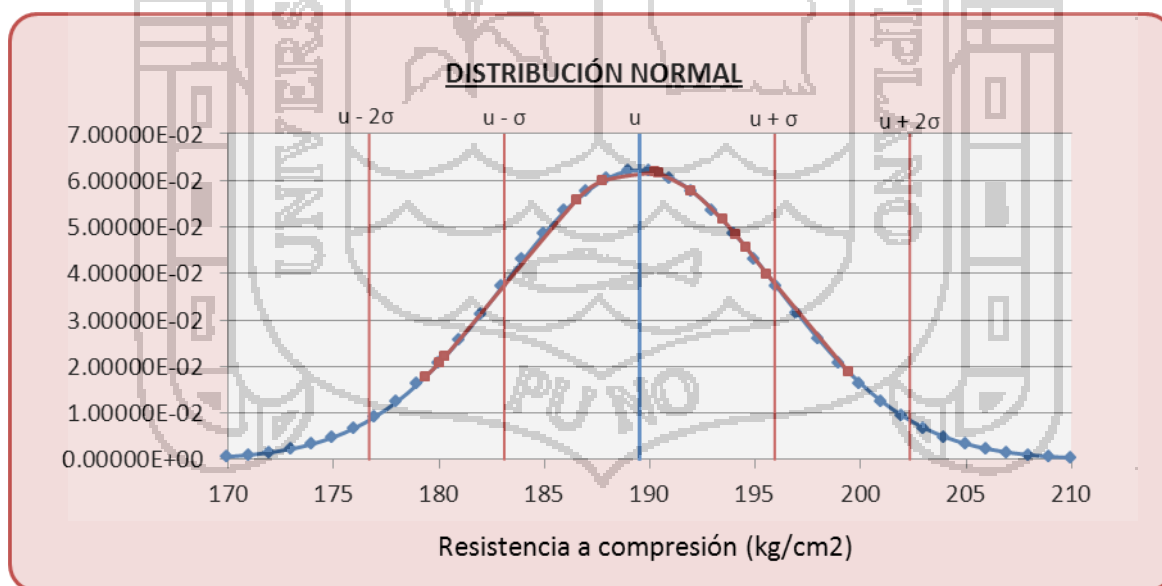


Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente y el coeficiente de variación como suficiente ya que está entre los valores de 4 a 5, además los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

7.1.2 COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR $f'c$ 175 kg/cm²

Tabla 7.5 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 175kg/cm² con 0% de árido incorporado.

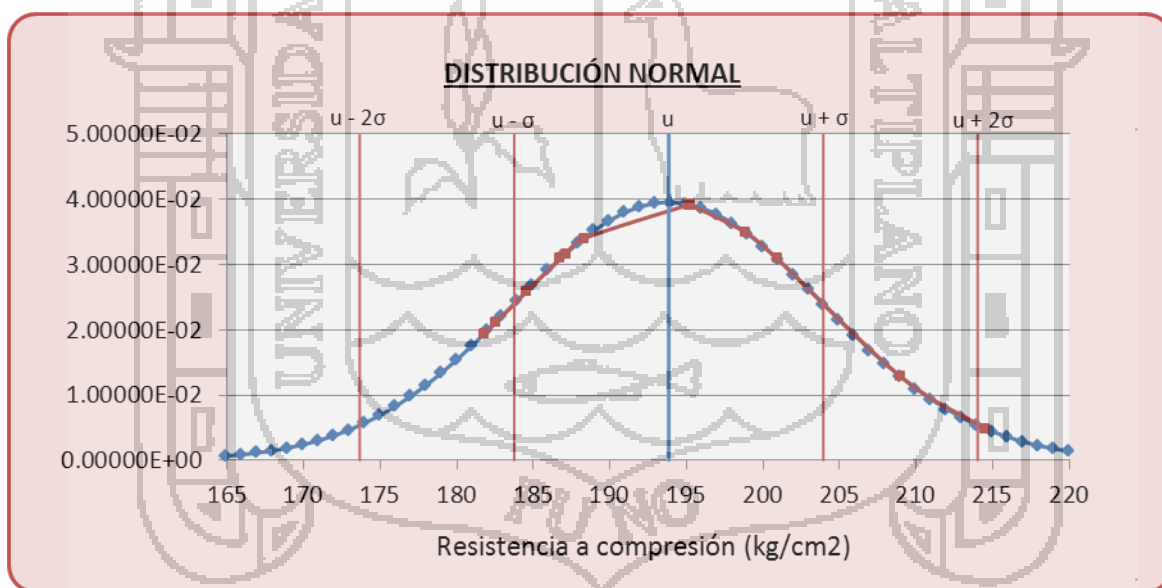
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	180.27	-9.24	85.40
	2	187.73	-1.78	3.17
	3	180.03	-9.47	89.72
	4	179.38	-10.13	102.60
	5	193.44	3.93	15.47
	6	199.41	9.90	98.08
Resistencia = 175 kg/cm ²	7	191.97	2.47	6.09
Condición: 0% de árido incorporado	8	195.55	6.04	36.48
	9	190.43	0.92	0.85
	10	190.27	0.76	0.58
	11	194.05	4.55	20.67
	12	194.55	5.05	25.48
				0.00
				0.00
	13	186.50	-3.00	9.01
Media (u)		189.51		
$\Sigma(xi - u)^2$				493.58
Varianza (σ^2)				41.13
Desviación estándar (σ)				6.41
Coeficiente de variación (vt)				3.38



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación como bueno ya que está entre los valores de 3 a 4 y además los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.6 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 175kg/cm² con 20% de árido incorporado.

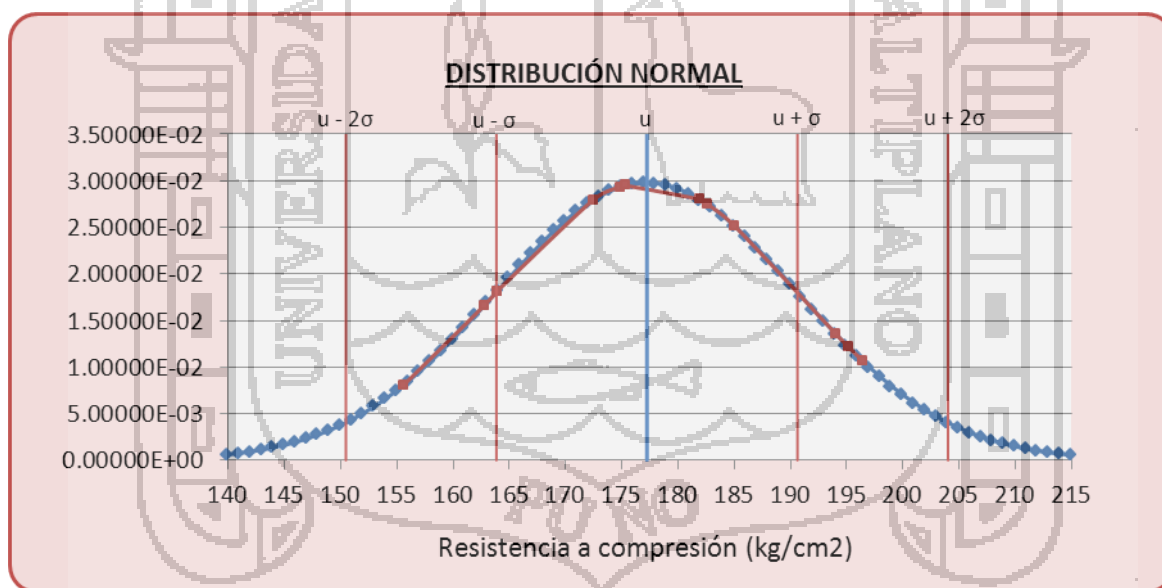
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	187.12	-6.72	45.20
	2	214.48	20.64	425.91
	3	198.87	5.03	25.30
	4	184.53	-9.31	86.58
	5	208.94	15.10	227.96
	6	200.92	7.08	50.19
Resistencia = 175 kg/cm ²	7	195.26	1.42	2.01
Condición: 20% de árido incorporado	8	188.31	-5.53	30.62
	9	195.26	1.42	2.01
	10	195.18	1.34	1.79
	11	181.76	-12.08	145.83
	12	186.75	-7.09	50.25
	13	182.54	-11.30	127.68
Media (u)		193.84		
$\Sigma(xi - u)^2$				1221.33
Varianza (σ^2)				101.78
Desviación estándar (σ)				10.09
Coeficiente de variación (vt)				5.20



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación excede las 5 unidades, por lo que se considera deficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.7 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 175kg/cm² con 40% de árido incorporado.

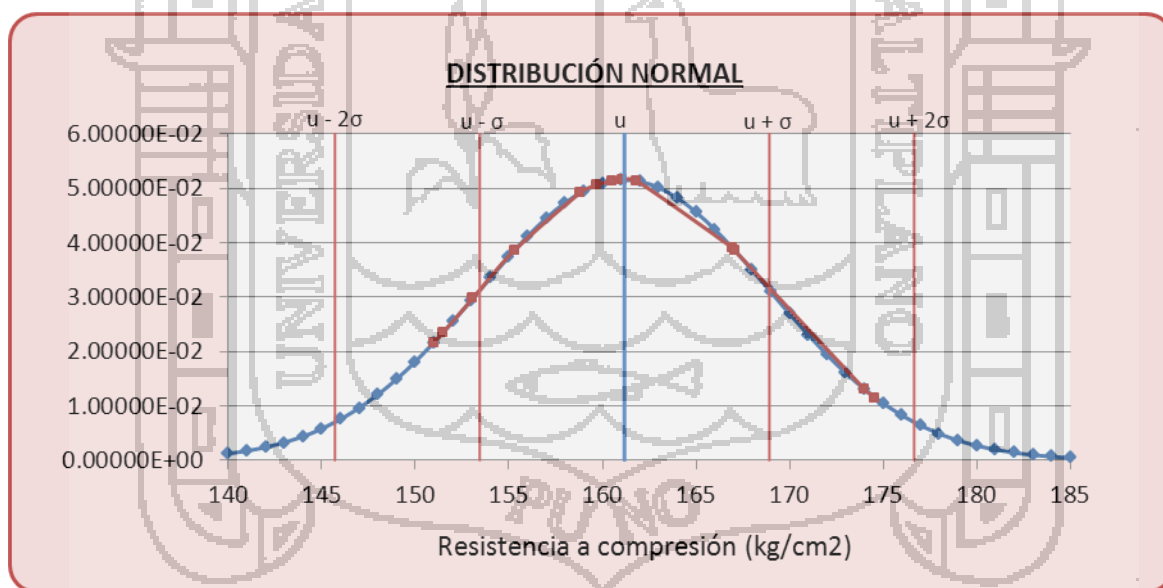
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	162.76	-14.47	209.29
	2	172.46	-4.77	22.77
	3	163.91	-13.32	177.42
	4	185.05	7.81	61.06
	5	174.88	-2.35	5.53
	6	155.54	-21.69	470.44
	7	182.60	5.36	28.78
	8	194.06	16.83	283.09
	9	163.91	-13.32	177.42
	10	181.94	4.71	22.21
	11	175.29	-1.94	3.75
	12	196.40	19.17	367.47
	13	195.20	17.97	322.88
Resistencia = 175 kg/cm ² Condición: 40% de árido incorporado				
Media (u)		177.23		
$\Sigma(xi - u)^2$				2152.11
Varianza (σ^2)				179.34
Desviación estándar (σ)				13.39
Coeficiente de variación (vt)				7.56



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación excede las 5 unidades, por lo que se considera deficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.8 Coeficiente de variación y desviación estándar de f'c 175kg/cm² con 60% de árido incorporado.

Nro de especímenes	13	f'c (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	161.84	0.66	0.43
	2	158.79	-1.08	1.16
	3	160.49	0.62	0.38
	4	151.50	-8.38	70.17
	5	166.91	7.04	49.58
	6	174.58	14.70	216.23
	7	159.69	-0.18	0.03
	8	167.09	7.22	52.11
	9	174.01	14.13	199.78
	10	151.00	-8.87	78.73
	11	155.31	-4.56	20.78
	12	153.07	-6.80	46.20
	13	161.05	1.18	1.39
Resistencia = 175 kg/cm ² Condición: 60% de árido incorporado				
Media (u)		161.18		
Σ(xi - u) ²				737.01
Varianza (σ ²)				61.42
Desviación estándar (σ)				7.84
Coeficiente de variación (vt)				4.86

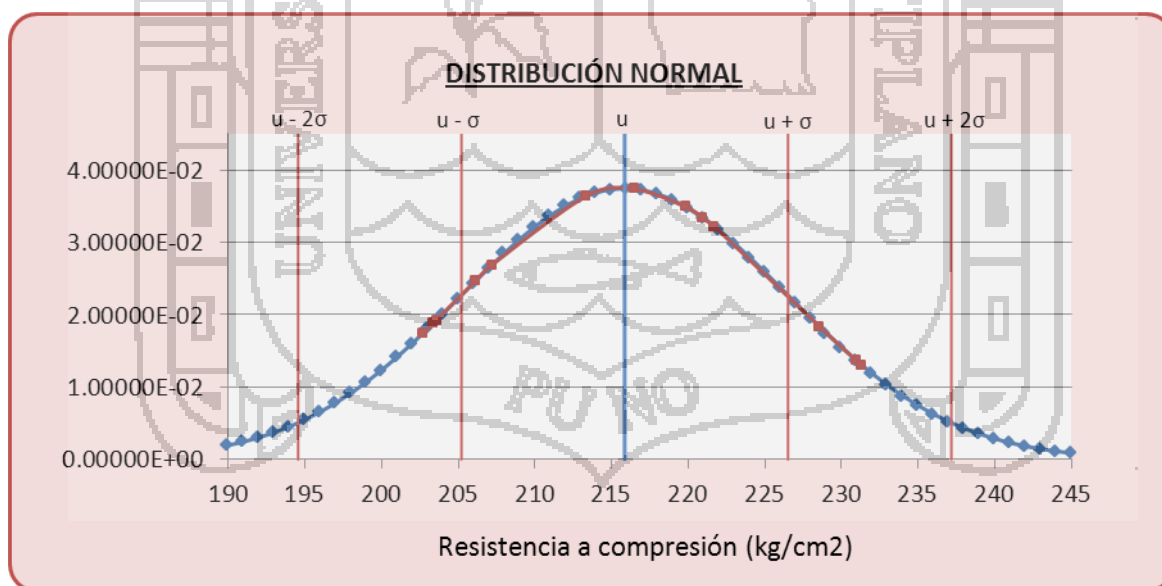


Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación está entre 4 y 5 unidades, por lo que se considera suficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

7.1.3 COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR $f'c$ 210 kg/cm²

Tabla 7.9 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 210kg/cm² con 0% de árido incorporado.

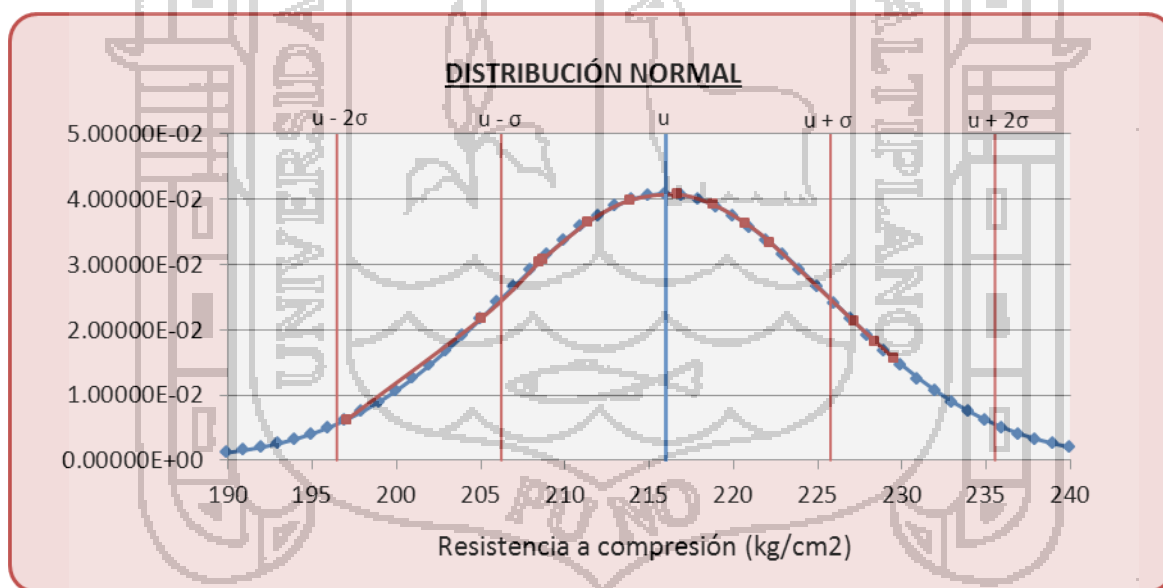
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	220.95	5.10	26.00
	2	221.71	5.85	34.23
	3	202.71	-13.15	172.79
	4	206.11	-9.75	94.99
	5	213.34	-2.51	6.31
	6	207.19	-8.66	75.06
Resistencia = 210 kg/cm ²				0.00
Condición: 0% de árido incorporado	7	228.57	12.72	161.72
				0.00
	8	230.97	15.12	228.55
	9	203.57	-12.28	150.82
	10	231.31	15.45	238.83
	11	203.36	-12.49	156.07
	12	219.84	3.98	15.84
	13	216.48	0.62	0.39
Media (u)		215.86		
$\Sigma(xi - u)^2$				1361.60
Varianza (σ^2)				113.47
Desviación estándar (σ)				10.65
Coeficiente de variación (vt)				4.93



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación está entre 4 y 5 unidades, por lo que se considera suficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.10 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 210kg/cm² con 20% de árido incorporado.

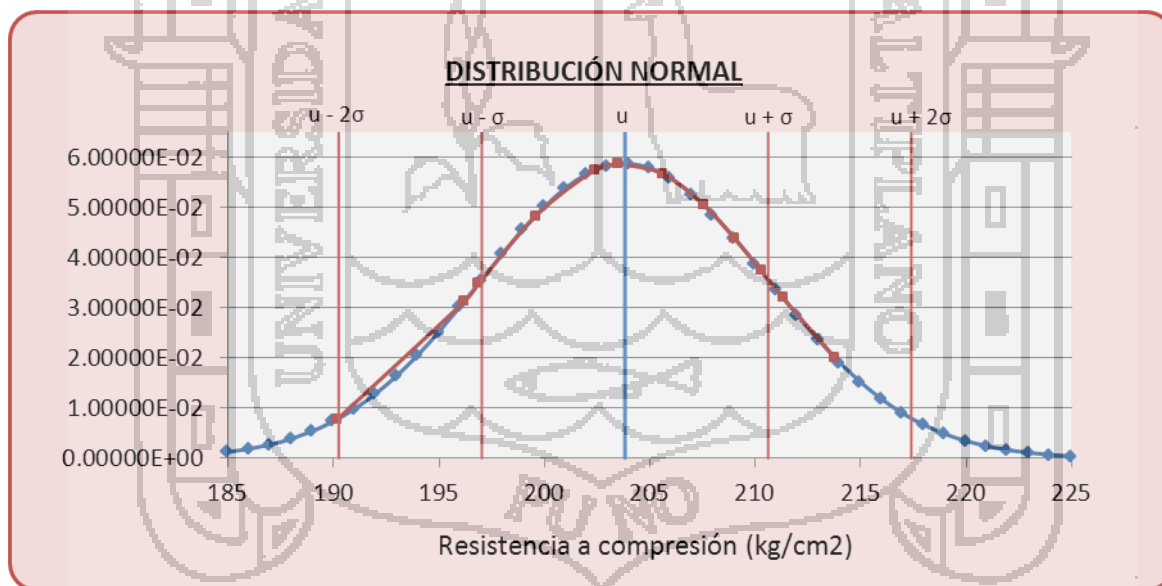
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	229.49	13.50	182.32
	2	211.39	-4.61	21.22
	3	197.04	-18.95	359.21
	4	213.88	-2.11	4.44
	5	228.39	12.40	153.68
	6	208.67	-7.33	53.66
Resistencia = 210 kg/cm ²				0.00
Condición: 20% de árido	7	222.18	6.19	38.29
incorporado	8	227.16	11.17	124.79
	9	208.49	-7.50	56.31
	10	205.01	-10.98	120.51
	11	220.74	4.75	22.53
	12	216.66	0.67	0.44
	13	218.79	2.80	7.85
				0.00
Media (u)		215.99		
$\Sigma(xi - u)^2$				1145.26
Varianza (σ^2)				95.44
Desviación estándar (σ)				9.77
Coeficiente de variación (vt)				4.52



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación está entre 4 y 5 unidades, por lo que se considera suficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.11 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 210kg/cm² con 40% de árido incorporado.

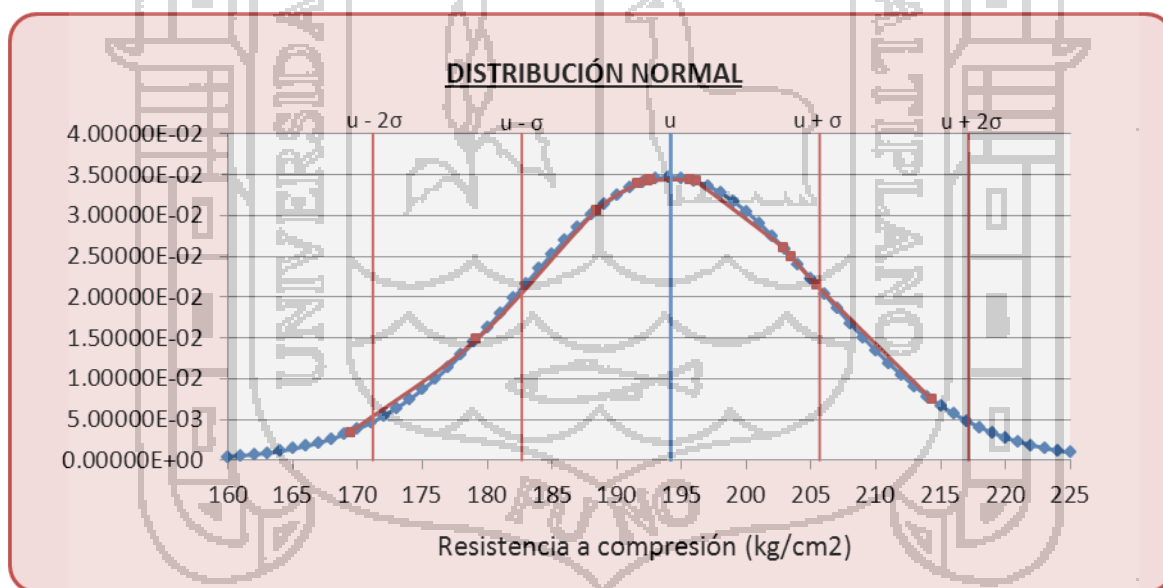
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	190.18	-13.64	186.13
	2	211.30	7.48	56.00
	3	196.20	-7.62	58.08
	4	213.76	9.94	98.80
	5	199.57	-4.25	18.07
				0.00
Resistencia = 210 kg/cm ²	6	209.00	5.18	26.80
Condición: 40% de árido	7	196.87	-6.95	48.29
incorporado	8	203.47	-0.35	0.12
	9	210.28	6.46	41.74
	10	207.57	3.75	14.06
	11	202.36	-1.46	2.14
	12	205.61	1.79	3.21
	13	203.50	-0.32	0.10
				0.00
Media (u)		203.82		
$\Sigma(xi - u)^2$				553.53
Varianza (σ^2)				46.13
Desviación estándar (σ)				6.79
Coeficiente de variación (vt)				3.33



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación está entre 3 y 4 unidades, por lo que se considera bueno. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.12 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 210kg/cm² con 60% de árido incorporado.

Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	192.53	-1.62	2.63
	2	188.46	-5.70	32.51
	3	192.37	-1.79	3.19
	4	214.30	20.15	405.91
	5	195.67	1.51	2.28
Resistencia = 210 kg/cm ²	6	196.13	1.98	3.90
Condición: 60% de árido	7	202.85	8.70	75.62
incorporado	8	205.45	11.29	127.56
	9	169.42	-24.74	611.85
	10	179.17	-14.99	224.64
	11	203.46	9.31	86.61
	12	191.63	-2.53	6.39
	13	192.59	-1.57	2.46
Media (u)	194.16			
$\Sigma(xi - u)^2$	1585.57			
Varianza (σ^2)	132.13			
Desviación estandar (σ)	11.49			
Coeficiente de variación (vt)	5.92			

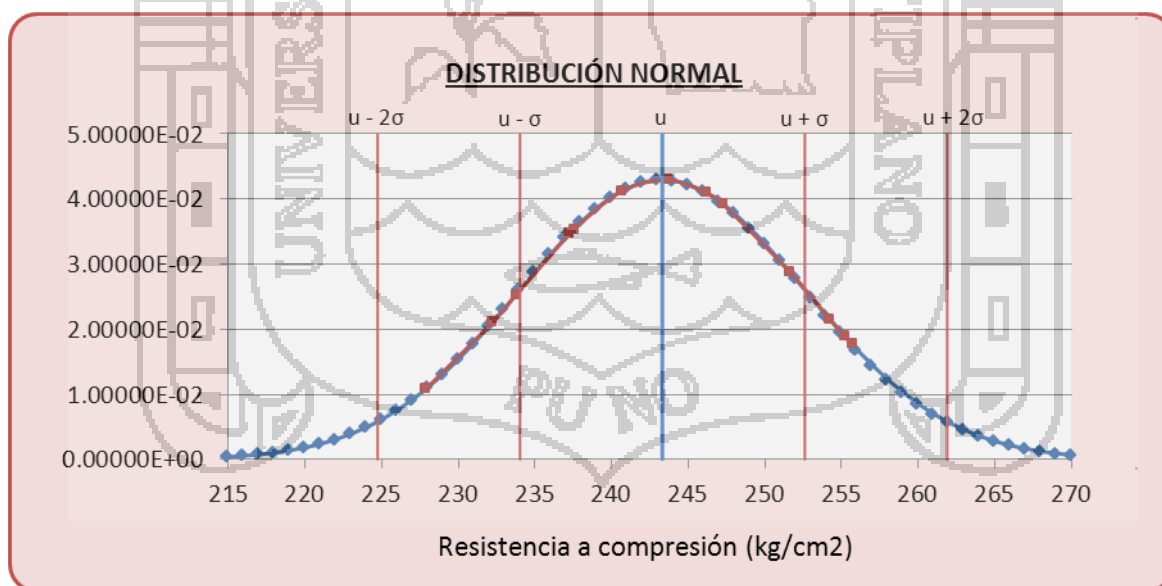


Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación excede las 5 unidades, por lo que se considera deficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

7.1.4 COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTANDAR $f'c$ 245 kg/cm²

Tabla 7.13 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 245kg/cm² con 0% de árido incorporado.

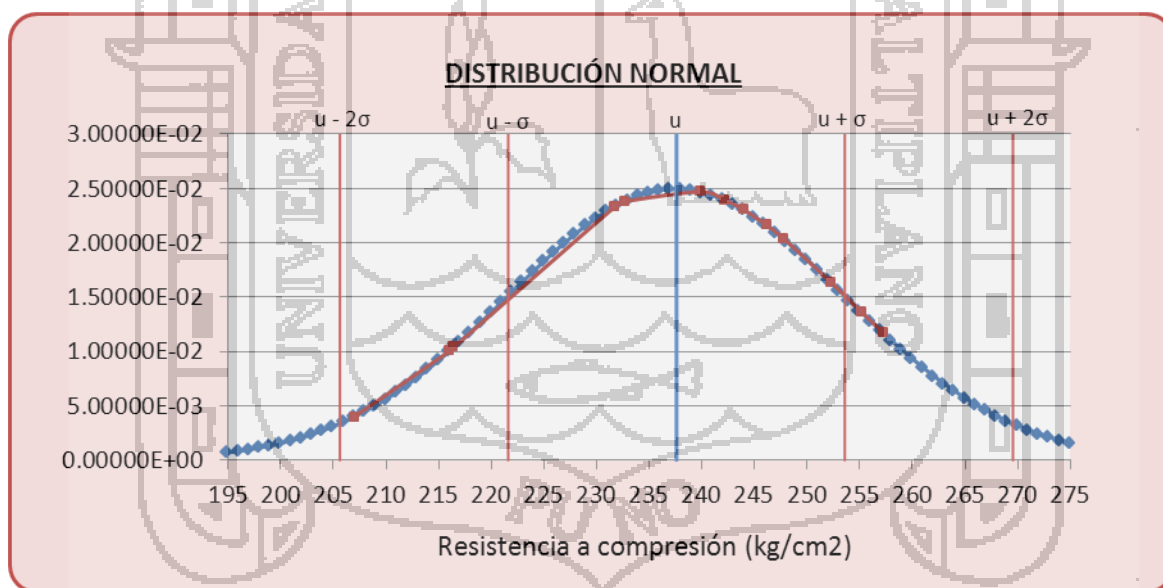
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	255.19	11.88	141.16
	2	247.26	3.94	15.56
	3	240.62	-2.69	7.23
	4	232.25	-11.07	122.47
	5	251.61	8.30	68.87
	6	237.22	-6.09	37.14
Resistencia = 245 kg/cm ²				0.00
Condición: 0% de árido incorporado	7	227.89	-15.43	237.94
	8	233.77	-9.54	91.00
				0.00
	9	254.24	10.92	119.29
	10	237.53	-5.78	33.46
	11	246.18	2.86	8.21
	12	243.63	0.32	0.10
	13	255.68	12.37	153.02
Media (u)		243.31		
$\Sigma(xi - u)^2$				1035.45
Varianza (σ^2)				86.29
Desviación estándar (σ)				9.29
Coeficiente de variación (vt)				3.82



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación está entre 3 y 4 unidades, por lo que se considera bueno. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.14 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 245kg/cm² con 20% de árido incorporado.

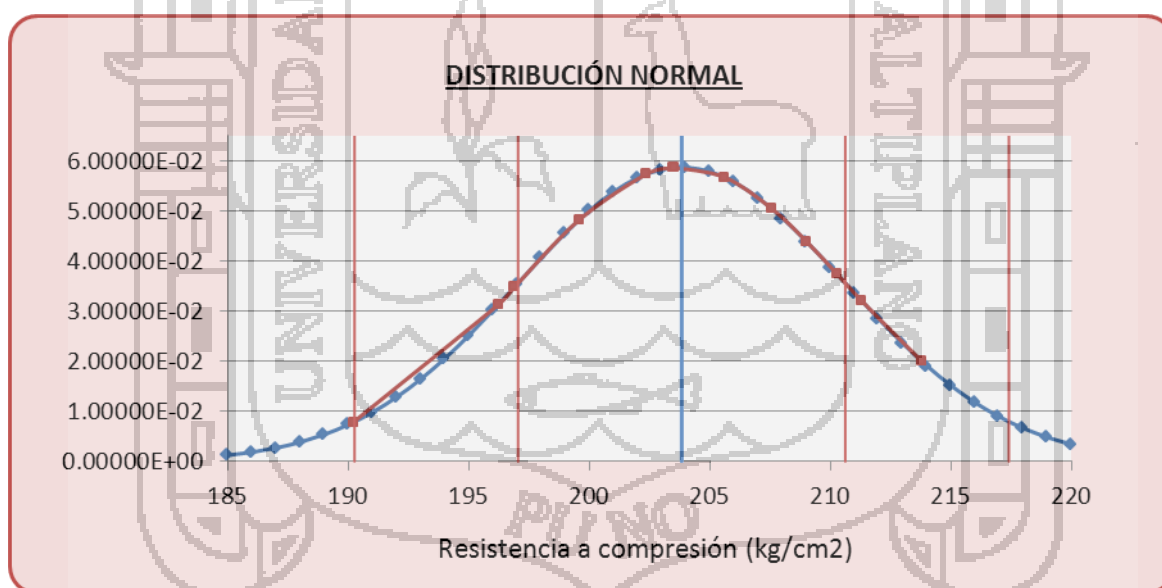
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
	1	242.19	4.61	21.25
	2	216.01	-21.58	465.55
	3	246.16	8.58	73.57
	4	255.15	17.57	308.54
	5	231.77	-5.81	33.80
Resistencia = 245 kg/cm ²	6	247.83	10.24	104.94
Condición: 20% de árido incorporado	7	216.43	-21.15	447.46
	8	206.97	-30.61	937.00
	9	257.27	19.68	387.30
	10	232.68	-4.91	24.08
	11	239.87	2.28	5.21
	12	252.32	14.74	217.17
	13	243.95	6.37	40.54
Media (u)		237.59		
$\Sigma(xi - u)^2$				3066.41
Varianza (σ^2)				255.53
Desviación estándar (σ)				15.99
Coeficiente de variación (vt)				6.73



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como muy bueno ya que esta entre los valores de 14.1 y 17.6, el coeficiente de variación excede las 5 unidades, por lo que se considera deficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.15 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 245kg/cm² con 40% de árido incorporado.

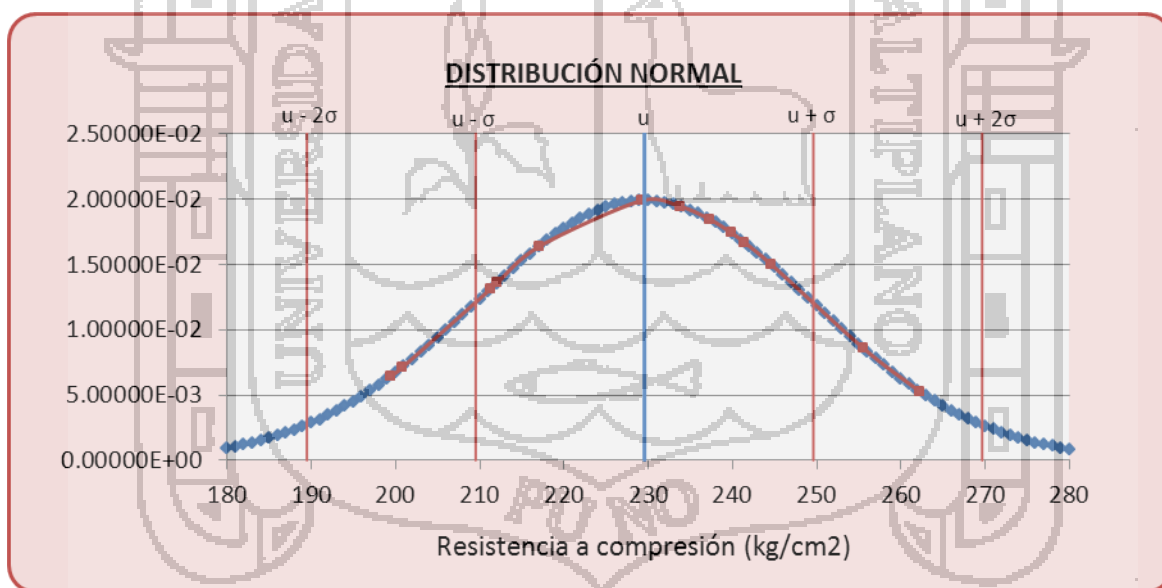
Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
				0.00
	1	215.25	-22.16	491.23
	2	227.10	-10.32	106.46
	3	246.27	8.85	78.36
	4	249.86	12.45	154.88
	5	232.74	-4.67	21.81
Resistencia = 245 kg/cm ²	6	252.04	14.62	213.83
Condición: 40% de árido	7	240.15	2.74	7.49
incorporado	8	245.42	8.01	64.19
	9	226.92	-10.50	110.16
	10	244.19	6.78	45.99
	11	249.37	11.95	142.88
	12	222.35	-15.07	226.98
	13	234.72	-2.69	7.23
Media (u)		237.41		
$\Sigma(xi - u)^2$				1671.50
Varianza (σ^2)				139.29
Desviación estándar (σ)				11.80
Coeficiente de variación (vt)				4.97



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como excelente ya que es menor a 14.1, el coeficiente de variación está entre 4 y 5 unidades, por lo que se considera suficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

Tabla 7.16 Coeficiente de variación y desviación estándar de $f'c$ 245kg/cm² con 60% de árido incorporado.

Nro de especímenes	13	$f'c$ (xi)	(xi - u)	(xi - u) ²
	Nro			
				0.00
	1	200.73	-28.83	831.24
	2	262.20	32.64	1065.42
	3	233.74	4.18	17.46
	4	212.06	-17.50	306.19
	5	229.17	-0.38	0.15
Resistencia = 245 kg/cm ²	6	241.39	11.84	140.12
Condición: 60% de árido	7	255.50	25.94	672.88
incorporado	8	199.40	-30.16	909.59
	9	211.24	-18.31	335.31
				0.00
	10	239.82	10.26	105.34
	11	217.13	-12.43	154.53
	12	244.55	14.99	224.70
	13	237.32	7.76	60.28
Media (u)		229.56		
$\Sigma(xi - u)^2$				4823.20
Varianza (σ^2)				401.93
Desviación estándar (σ)				20.05
Coeficiente de variación (vt)				8.73



Interpretación. De acuerdo a la Tabla 2.6, se califica la desviación estándar como buena ya que está entre los valores de 17.6 y 21.1, el coeficiente de variación excede las 5 unidades, por lo que se considera suficiente. Además, del gráfico se deduce que, los resultados se ajustan a una distribución normal de escasa dispersión.

7.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

De acuerdo a lo indicado en el marco teórico, se realizará la prueba de hipótesis para los resultados de resistencia del concreto. El desarrollo y los pasos para tal fin, se establecieron en el capítulo mencionado.

El objetivo de esta prueba es demostrar la disminución de la resistencia del concreto al añadirle agregado reciclado, lo cual se logra parcialmente con los resultados que se obtuvieron en el laboratorio.

Se procederá a comparar cada uno de los grupos que tienen incorporado el agregado grueso reciclado con el grupo patrón; es decir, se comparará el grupo N°1 con el grupo N°2, el grupo N°1 con el grupo N°3 y el grupo N°1 con el grupo N°4. Nombrando:

Grupo N°1: Grupo con 0% de agregado reciclado incorporado.

Grupo N°2: Grupo con 20% de agregado reciclado incorporado.

Grupo N°3: Grupo con 40% de agregado reciclado incorporado.

Grupo N°4: Grupo con 60% de agregado reciclado incorporado.

7.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA $f'c$ 140kg/cm².

Solo el conjunto de pruebas de esta primera resistencia será desarrollado con detalle y para simplificar esta sección se va a considerar lo siguiente:

Grupo N°1: Grupo con 0% de agregado reciclado incorporado, $f'c$ 140kg/cm².

Grupo N°2: Grupo con 20% de agregado reciclado incorporado, $f'c$ 140kg/cm².

Grupo N°3: Grupo con 40% de agregado reciclado incorporado, $f'c$ 140kg/cm².

Grupo N°4: Grupo con 60% de agregado reciclado incorporado, $f'c$ 140kg/cm².

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_2 : Resistencia promedio del grupo N°2.

u_3 : Resistencia promedio del grupo N°3.

u_4 : Resistencia promedio del grupo N°4.

σ_1 : Desviación estándar del grupo N°1.

σ_2 : Desviación estándar del grupo N°2.

σ_3 : Desviación estándar del grupo N°3.

σ_4 : Desviación estándar del grupo N°4.

n: número de especímenes del grupo (n es igual a 13 en todos los grupos).

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°2.

Se tienen los parámetros siguientes, que fueron logrados en el ítem 6.1 de este capítulo:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1) 159.87

Desviación estándar (σ_1) 7.69

Número de especímenes (n_1) 13

Parámetros del grupo N°2

Media (u_2) 160.04

Desviación estándar (σ_2) 7.62

Número de especímenes (n_2) 13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_2 : Resistencia promedio del grupo N°2.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_2$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_2$$

4. Nivel de significancia. Como ya se describió en el ítem anterior $\alpha = 0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística (ver ANEXO 4) se obtiene $Z = 1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, “se acepta”)

5. Test estadístico.

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

$$Z_0 = \frac{159.87 - 160.04}{\sqrt{\frac{7.69^2}{13} + \frac{7.62^2}{13}}}$$

$$Z_0 = -0.057$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 < Z$ ($-0.057 < 1.645$), la hipótesis alternativa se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 20%, contrario a lo que se pensó, aumenta la resistencia del concreto $f'c$ 140kg/cm^2 en una mínima cantidad.

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°3.

Se tienen los parámetros siguientes, que fueron logrados en el ítem 6.1 de este capítulo:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	159.87
Desviación estándar (σ_1)	7.69
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°3

Media (u_3)	149.47
-----------------	--------

Desviación estándar (σ_3) 7.48

Número de especímenes (n_3) 13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_3 : Resistencia promedio del grupo N°3.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_3$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_3$$

4. Nivel de significancia. Como ya se describió en el ítem anterior $\alpha = 0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística (ver ANEXO 4) se obtiene $Z = 1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_3}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_3^2}{n_3}}}$$

$$Z_0 = \frac{159.87 - 149.47}{\sqrt{\frac{7.69^2}{13} + \frac{7.48^2}{13}}}$$

$$Z_0 = 3.498$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($3.498 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 40%, disminuye la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 140kg/cm².

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°4.

Se tienen los parámetros siguientes, que fueron logrados en el ítem 6.1 de este capítulo:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	159.87
Desviación estándar (σ_1)	7.69
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°4

Media (u_4)	138.27
Desviación estándar (σ_4)	6.90
Número de especímenes (n_4)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:
 u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.
 u_4 : Resistencia promedio del grupo N°4.
2. Hipótesis nula.
 $H_0: u_1 \leq u_4$
3. Hipótesis alternativa.
 $H_1: u_1 > u_4$
4. Nivel de significancia. Como ya se describió en el ítem anterior $\alpha = 0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística (ver ANEXO 4) se obtiene $Z = 1.645$ (positivo). Por lo que se plantea:
 Rechazar $H_0: u_1 \leq u_4$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_4$, "se acepta")
5. Test estadístico.

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_3}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_3^2}{n_3}}}$$

$$Z_0 = \frac{159.87 - 138.27}{\sqrt{\frac{7.69^2}{13} + \frac{6.90^2}{13}}}$$

$$Z_0 = 7.536$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($7.536 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 60%, disminuye la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 140kg/cm².

7.2.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA $f'c$ 175kg/cm²

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°2.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	189.51
Desviación estándar (σ_1)	6.41
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°2

Media (u_2)	193.84
Desviación estándar (σ_2)	10.09
Número de especímenes (n_2)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_2 : Resistencia promedio del grupo N°2.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_2$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_2$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = -1.307$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 < Z$ ($-1.307 < 1.645$), la hipótesis alternativa se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 20%, aumenta la resistencia del concreto $f'c$ 175kg/cm² en una mínima cantidad.

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°3.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1) 189.51

Desviación estándar (σ_1) 6.41

Número de especímenes (n_1) 13

Parámetros del grupo N°3

Media (u_3) 177.89

Desviación estándar (σ_3) 13.39

Número de especímenes (n_3) 13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_3 : Resistencia promedio del grupo N°3.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_3$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_3$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 2.981$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($2.981 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 40%, disminuye la resistencia del concreto $f'c$ 175kg/cm².

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°4.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1) 189.51

Desviación estándar (σ_1) 6.41

Número de especímenes (n_1) 13

Parámetros del grupo N°4

Media (u_4)	177.89
Desviación estándar (σ_4)	13.39
Número de especímenes (n_4)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_4 : Resistencia promedio del grupo N°4.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_4$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_4$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_4$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_4$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 10.086$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($10.086 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 60%, disminuye la resistencia del concreto $f'c$ 175kg/cm².

7.2.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA $f'c$ 210kg/cm²**Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°2.**

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	215.86
Desviación estándar (σ_1)	10.65
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°2

Media (u_2)	215.99
Desviación estándar (σ_2)	9.77
Número de especímenes (n_2)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_2 : Resistencia promedio del grupo N°2.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_2$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_2$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = -0.034$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 < Z$ ($-0.034 < 1.645$), la hipótesis alternativa se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en

un 20%, aumenta la resistencia del concreto $f'c$ 175kg/cm² en una mínima cantidad.

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°3.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	215.86
Desviación estándar (σ_1)	10.65
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°3

Media (u_3)	203.82
Desviación estándar (σ_3)	6.79
Número de especímenes (n_3)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_3 : Resistencia promedio del grupo N°3.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_3$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_3$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 3.435$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($3.435 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 40%, disminuye la resistencia del concreto $f'c$ 210kg/cm².

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°4.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1) 215.86

Desviación estándar (σ_1) 10.65

Número de especímenes (n_1) 13

Parámetros del grupo N°4

Media (u_4) 194.16

Desviación estándar (σ_4) 11.49

Número de especímenes (n_4) 13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_4 : Resistencia promedio del grupo N°4.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_4$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_4$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_4$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_4$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 4.992$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($4.992 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 60%, disminuye la resistencia del concreto $f'c$ 210kg/cm².

7.2.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA $f'c$ 245kg/cm²

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°2.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	243.31
Desviación estándar (σ_1)	9.29
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°2

Media (u_2)	237.59
Desviación estándar (σ_2)	15.99
Número de especímenes (n_2)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_2 : Resistencia promedio del grupo N°2.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_2$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_2$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_2$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_2$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 1.117$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 < Z$ ($1.117 < 1.645$), la hipótesis alternativa se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 20%, no aumenta la resistencia del concreto f_c 245kg/cm² ni se rechaza lo contrario.

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°3.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	243.31
Desviación estándar (σ_1)	9.29
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°3

Media (u_3)	237.41
Desviación estándar (σ_3)	11.80
Número de especímenes (n_3)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_3 : Resistencia promedio del grupo N°3.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_3$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_3$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_3$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_3$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 1.416$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 < Z$ ($1.416 < 1.645$), la hipótesis nula no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 40%, no aumenta la resistencia del concreto $f'c$ 245kg/cm² ni se rechaza lo contrario.

Prueba de hipótesis del grupo N°1 con el grupo N°4.

Del ítem 6.1 se tienen los parámetros siguientes:

Parámetros del grupo N°1

Media (u_1)	243.31
Desviación estándar (σ_1)	9.29
Número de especímenes (n_1)	13

Parámetros del grupo N°4

Media (u_4)	229.56
Desviación estándar (σ_4)	20.05
Número de especímenes (n_4)	13

Se desarrolla la prueba de hipótesis de acuerdo a los pasos establecidos en el marco teórico.

1. Parámetro de interés. Se considerará las resistencias promedio de los grupos siguientes:

u_1 : Resistencia promedio del grupo N°1.

u_4 : Resistencia promedio del grupo N°4.

2. Hipótesis nula.

$$H_0: u_1 \leq u_4$$

3. Hipótesis alternativa.

$$H_1: u_1 > u_4$$

4. Nivel de significancia. $\alpha = 0.05$, $Z = 1.645$ (positivo).

Se plantea:

Rechazar $H_0: u_1 \leq u_4$, si $Z_0 > Z$ (no se rechaza $H_1: u_1 > u_4$, "se acepta")

5. Test estadístico.

$$Z_0 = 2.245$$

6. Conclusión. Puesto que $Z_0 > Z$ ($2.245 > 1.645$), la hipótesis alternativa no se rechaza para un $\alpha = 0.05$, y se concluye que el árido reciclado incorporado en un 60%, disminuye la resistencia del concreto $f'c$ 245kg/cm².

7.3 DISCUSIÓN DE VARIABLES

En esta sección se van a evaluar las diferentes variables o indicadores que se han planteado para esta investigación, las cuales se precisan en la matriz de consistencia que se adjunta en este ítem.

Los materiales que se han usado para producir el concreto en esta investigación poseen, en su mayoría, características que son adecuadas según las normas establecidas. La granulometría de las partículas de agregado fino se ajustan a los límites establecidos por la ASTM; sin embargo el agregado grueso natural, que tiene una curva muy cercana al límite inferior y que en una sección excede la misma, posee una granulometría "gruesa", hecho que no es motivo de descarte. El peso específico, que está ligado íntimamente a la absorción, es normal ya que se encuentra entre 2.5 y 2.8gr/cm³; el peso unitario también se considera normal, aunque el agregado fino se encuentra escasas unidades por debajo de los límites recomendados lo que podría

producir un concreto ligero y permeable. El ensayo de abrasión, practicado al agregado grueso natural ha demostrado que tales partículas superan por mucho el límite de desgaste con solamente un 15% de pérdida.

La materia prima utilizada poseía variados agentes contaminantes, pero ellos fueron retirados y se trabajó únicamente con el concreto proveniente del pavimento rígido. El árido reciclado, puro y en sus tres combinaciones, resultó ser muy similar al agregado natural. Sus curvas granulométricas se ajustaron mejor a las curvas límite, en comparación al árido natural; el peso unitario es notablemente menor aunque en combinaciones menores, este disminuye. El resultado de abrasión ha demostrado un desgaste máximo de 31.74% para el agregado reciclado puro, porcentaje que es claramente mayor al del agregado natural, sin embargo no supera el 50% por lo que es aceptable.

Respecto a las propiedades del concreto fresco; se afirma que, con escasas excepciones, el asentamiento para todas las condiciones fue el planeado. La exudación fue mínima, ya que todas las condiciones presentaron apenas unos mililitros de sangrado, por lo que se afirma que no se presenta este inconveniente y que los concretos no poseerán deficiencias por esta propiedad. La temperatura registrada es normal, con una mayor variabilidad en los grupos de la resistencia $f'c$ 245kg/cm^2 , además se verificó que se produce un incremento tope de la temperatura del concreto fresco a la segunda o tercera hora.

La resistencia a compresión, propiedad del concreto endurecido, fue la esperada en los grupos patrón, excepto en la resistencia de 245kg/cm^2 . Se afirma que se puede usar el árido reciclado hasta en un 20% sin que se presente problemas de escasa resistencia. Para la resistencia de 140kg/cm^2 el agregado reciclado puede usarse hasta en un 40%.

El costo del árido reciclado resultó ser más caro que del natural, por lo que el costo de producción del concreto es directamente proporcional a la cantidad de agregado reciclado incorporado, sin embargo este aumento no es considerablemente mayor sobre todo si se compara el costo de producción incluyendo materiales, mano de obra, equipo, herramientas, etc. El grupo $f'c$ 140kg/cm^2 con 60% de árido incorporado, presentó el incremento máximo con 3.98%; cabe resaltar que, si bien es cierto este

incremento no es abundante, en una obra donde normalmente se produce miles de metros cúbicos de concreto estos puntos porcentuales toman una severa importancia.

DISCUSIÓN DE VARIABLES POR OBJETIVO

Objetivo 1. Identificar, clasificar y procesar el pavimento rígido reciclado y obtener áridos apropiados para su utilización en la producción de concreto.

Se ha logrado obtener áridos reciclados limpios producto de la selección y tratamiento de la materia prima, sus características físicas son similares a las de un agregado natural, aunque los ensayos en laboratorio han demostrado que el árido reciclado es menos resistente al desgaste, con un máximo de 31.74% para el agregado reciclado puro. También se afirma que el peso unitario del agregado reciclado es menor que del natural, esto se atribuye principalmente a la presencia de mortero adherido a las partículas naturales que es característico del árido reciclado.

Objetivo 2. Analizar las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento rígido reciclado.

Respecto a las propiedades del concreto fresco; la temperatura del concreto fresco, que se recomienda esté entre 16 y 32°C, tiene un mínimo y un máximo de 14.4 y 19.5°C, respectivamente, lo que indica que el concreto presentará un desarrollo normal de sus propiedades como asentamiento y resistencia a compresión. La exudación para todas las condiciones fue mínima, con un máximo registrado de 0.97% (ver ANEXO 3) perteneciente al grupo patrón de $f'c$ 175kg/cm², se recomienda que para una consistencia plástica el volumen total exudado no sea mayor que el 2% de agua utilizada para la mezcla (UNAM, Manual de tecnología del concreto Sección 2, 1994). El asentamiento, que fue planteado para una consistencia plástica (3 a 4pulg), se ha cumplido para todas las condiciones con algunas raras excepciones.

Objetivo 3. Evaluar el potencial de uso del concreto incorporado con pavimento rígido reciclado para obras civiles.

La resistencia a compresión, que es la propiedad más importante que se ha evaluado en esta investigación y que es un indicador de su calidad, demuestra que el agregado reciclado puede ser usado hasta en un 40% para producir concretos de $f'c$ 140kg/cm², 20% para concretos de 175kg/cm² y 20% para concretos de 210 kg/cm². Para la resistencia $f'c$ 245kg/cm², ninguno de los grupos ha alcanzado la resistencia

esperada, aunque los grupos de 0, 20 y 40% de árido reciclado incorporado estuvieron muy cerca.

Objetivo 4. Comparar los costos de producción de un concreto con pavimento rígido reciclado y uno convencional.

El costo del agregado reciclado es mayor que del agregado natural, sin embargo para una partida típica de edificación como es “Columnas”, este incremento de costo no se hace tan significativo, siendo el máximo incremento 3.98%, que pertenece al concreto $f'c$ 140kg/cm² con 60% de agregado reciclado incorporado.

VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis 1. El pavimento rígido reciclado, al ser procesado, permite obtener áridos adecuados para la producción de concreto.

El procesamiento y trituración del pavimento rígido, ha logrado generar agregado grueso reciclado con propiedades y características similares a las de un agregado natural.

Hipótesis 2. Las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento rígido reciclado cumplen con las especificaciones normadas para la producción de concreto.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados al concreto fresco, indican que los grupos experimentales poseen propiedades comparables con los grupos patrón. Aunque estos resultados son variables según cada condición de concreto, los mismos son aceptables según las normas y exigencias establecidas.

Hipótesis 3. El concreto incorporado con pavimento rígido reciclado puede ser usado para obras civiles.

De acuerdo a las exigencias y condiciones de obra; considerando sus propiedades, características y costo; el concreto incorporado con árido reciclado puede ser usado en obras civiles.

Hipótesis 4. El costo de producción del concreto disminuye al utilizar pavimento rígido reciclado como agregado grueso.

Se ha verificado en el Capítulo 7, que el costo del agregado reciclado es mayor que del agregado natural; lo cual produce también un incremento en el costo de producción. Por lo tanto el árido reciclado producto de pavimento rígido no disminuye el costo de producción del concreto.



Tabla 7.17 Matriz de consistencia

GENERAL						
PREGUNTA/PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD	CONCLUSIÓN PARCIAL
¿Un concreto incorporado con pavimento rígido reciclado tendrá cualidades similares a un concreto normal?	Evaluar las propiedades del concreto fresco y endurecido elaborado con pavimento rígido reciclado y determinar su potencial de uso.	El uso de pavimento rígido reciclado, como agregado grueso, permite obtener un concreto apropiado para obras civiles.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Residuos de pavimento rígido</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a compresión f_c</p>	Propiedades de materiales Asentamiento Exudación Temperatura Resistencia a compresión	- pulg. ml. °C kg/cm ²	El uso de concreto incorporado con árido reciclado producto de pavimento rígido, es óptimo si se desea resistencias de 140kg/cm ² , para mayores resistencias se restringe a un máximo de 20% de árido reciclado incorporado. Las propiedades del concreto fresco son similares entre grupos patrón y experimentales.
ESPECÍFICO						
PREGUNTA/PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD	CONCLUSIÓN PARCIAL
¿Es posible procesar el pavimento rígido reciclado y obtener áridos apropiados para su utilización?	Identificar, clasificar y procesar el pavimento rígido reciclado y obtener áridos apropiados para su utilización en la producción de concreto.	El pavimento rígido reciclado, al ser procesado, permite obtener áridos adecuados para la producción de concreto.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Residuos de pavimento rígido</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a compresión f_c</p>	Tipo de residuo Peso específico Granulometría Peso unitario Abrasión	- gr/cm ³ - kg/m ³ %	EL tratamiento y clasificación de la materia prima ha permitido obtener agregado reciclado con características similares a uno natural. La abrasión y el peso unitario resultaron ser las más deficientes.
¿Serán similares las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento reciclado y un concreto normal?	Análisis las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento rígido reciclado.	Las propiedades del concreto fresco incorporado con pavimento rígido reciclado cumplen con las especificaciones normadas para la producción de concreto.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Residuos de pavimento rígido</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a compresión f_c</p>	Asentamiento Exudación Temperatura	pulg. ml. °C	Del análisis de las propiedades del concreto fresco, se afirma que los grupos patrón y los que poseen agregado reciclado son similares.
¿Será adecuado usar el concreto con pavimento rígido reciclado en obras civiles?	Evaluar el potencial de uso del concreto incorporado con pavimento rígido reciclado para obras civiles.	El concreto incorporado con pavimento rígido reciclado puede ser usado para obras civiles.		Resistencia a compresión Cantidad de residuo	kg/cm ² %	La resistencia a compresión será la esperada, si se usa árido reciclado en un 20%, 40%, para f_c 140kg/cm ² .
¿Existirá variación de costos entre el concreto reciclado y normal?	Comparar los costos de producción de un concreto con pavimento rígido reciclado y uno convencional.	El costo de producción del concreto disminuye al utilizar pavimento rígido reciclado como agregado grueso.		Costo de residuos Cantidad de residuos	S/. %	El costo de producción no disminuye, al ser el árido reciclado más caro, este aumenta.

Fuente: Elaboración propia.



8.1 CONCLUSIONES

1. Aunque el árido reciclado procedente de pavimentos rígidos presenta ciertas cualidades inferiores al árido natural y de acuerdo a los resultados de ensayos que se realizaron a los mismos, se afirma que este tiene una calidad adecuada para producir concreto, sin embargo su uso en proporciones mayores a 20% del árido grueso es riesgoso, ya que tiende a disminuir considerablemente su resistencia a compresión. Las propiedades del concreto fresco de los grupos patrón y experimentales resultaron ser similares con resultados dentro de los límites recomendados. Se verificó, también, que el concreto incorporado con árido reciclado es más liviano que el concreto convencional.
2. Se ha logrado obtener áridos reciclados a partir del pavimento rígido, los cuales han demostrado tener características similares a las de un agregado natural. Aunque la resistencia a la abrasión y peso unitario resultaron ser las características físicas más deficientes, los áridos reciclados obtenidos se declaran aptos para la producción de concreto ya que tales deficiencias no superan los límites recomendados.
3. Las propiedades del concreto fresco han demostrado ser similares en los grupos patrón y experimentales. El asentamiento, con algunas excepciones, se ha cumplido para todas las condiciones. Ninguno de los grupos ha excedido el volumen exudado máximo que se recomienda sea el 2% del agua utilizada para la mezcla.
4. Se verificó que para la resistencia de 140kg/cm^2 , el árido reciclado puede ser utilizado hasta en un 40% del árido grueso, se estima que los concretos de baja resistencia alcanzaron mejores resultados debido al coeficiente que se le suma al $f'c$ para obtener el $f'cr$ que es más significativo en estos concretos. En general se afirma que el árido reciclado puede usarse hasta en un 20%, sin provocar deficiencias en la resistencia de diseño del concreto.

5. Se ha demostrado que el árido reciclado es más caro que el árido natural, sin embargo para la partida "Columnas", que fue planteada para el análisis de costos; este incremento se hace menos notorio con apenas un incremento de unos puntos porcentuales. Por lo que económicamente se declara viable el uso de áridos reciclados en un 20%, su aptitud de uso estará sujeto a las condiciones y capacidades de la obra.

8.2 RECOMENDACIONES

1. Según las condiciones y presupuesto de obra, el criterio de diseño por resistencia puede ser reemplazado por el de durabilidad, lo que permitiría el uso de áridos reciclados en cantidades mayores al 20%, ya que tal criterio permite obtener concretos de resistencias más elevadas pero a un mayor costo.
2. Se ha verificado que el agregado grueso natural posee deficiencias en su distribución granulométrica, al ser este predominantemente grueso. Para eliminar esta deficiencia se plantea mezclar agregados de diferentes canteras, de manera que se pueda obtener un agregado grueso "ideal" que esté dentro de los límites establecidos.
3. La demolición de una determinada obra, cuyos residuos pretendan ser reciclados, deberá ser ordenada; evitando mezclar materiales de diferente tipo para facilitar su proceso de clasificación y procesamiento.
4. El concreto que conforma un pavimento rígido, aunque generalmente se diseña para una misma resistencia, está sometido a diversos agentes que pueden cambiar sus propiedades y características; por lo tanto si se desea reciclar tales concretos deberán ser estudiados profundamente. Los estudios, ensayos, conclusiones, etc. de este presente trabajo; se restringen solamente para el material utilizado.

BIBLIOGRAFÍA

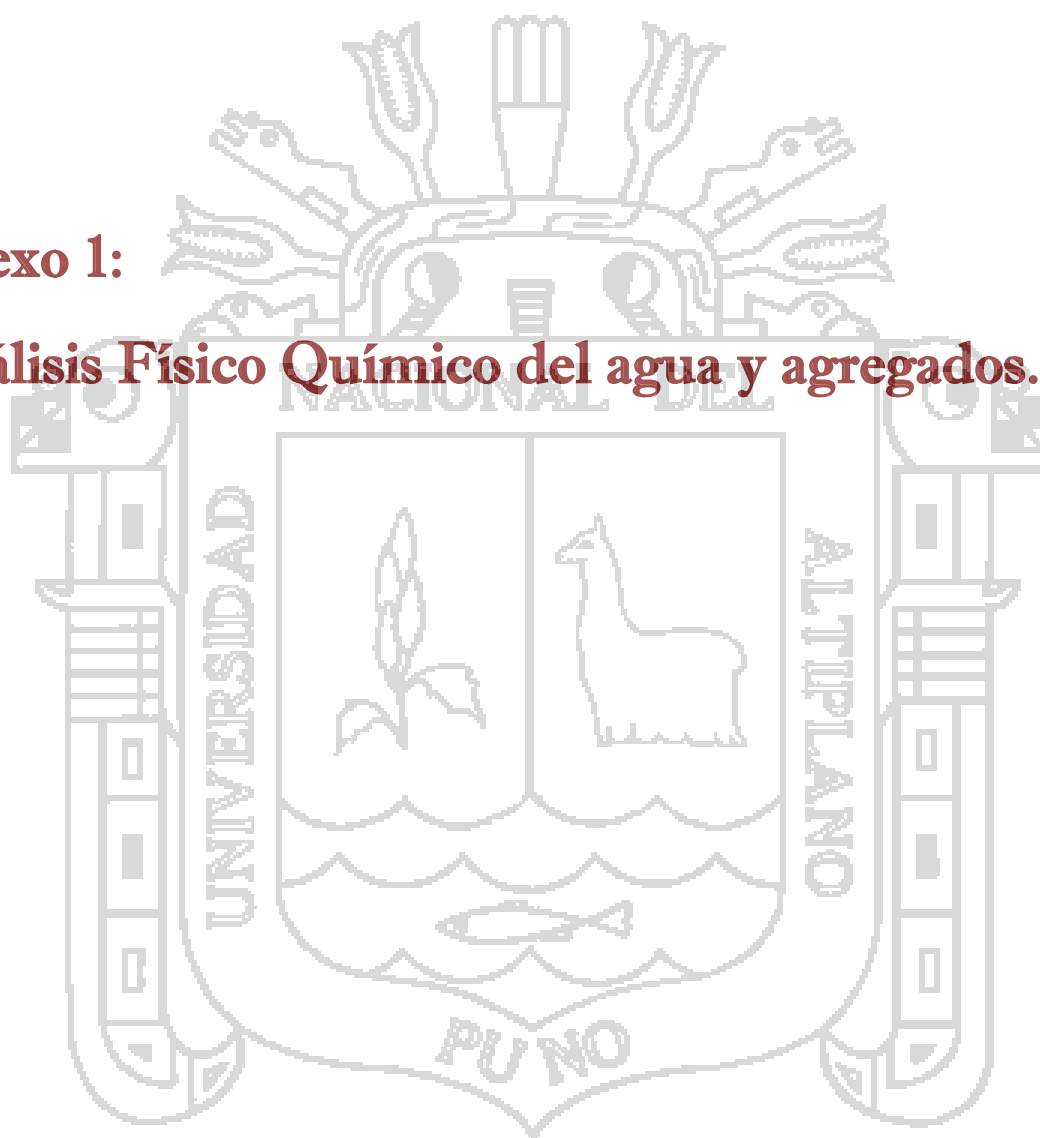
- Reglamento nacional de edificaciones.* (2015). Lima: Megabyte.
- A.C.I. (1974). *Control de calidad del concreto.* México: instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C.
- Abanto Castillo, F. (1995). *Tecnología del concreto.* Lima: San Marcos.
- ASOCEM, A. d. (2014). *Pavimentos de hormigón: Una alternativa inteligente y sostenible.* Lima: IECA - Instituto español del cemento y sus aplicaciones.
- Bossink B., B. H. (1996). *Construction Waste: Quantification and Source.* Journal of Construction Engineering and Management.
- C. P. (2011). *RECICLADO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN.* Madrid.
- Carlos Aguilar, M. P. (2005). *Utilización del hormigón reciclado como material de reemplazo de árido grueso para la fabricación de hormigones.* Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
- Chauveinc, J. A. (2011). *Estudio experimental de propiedades mecánicas de hormigones con árido reciclado mediante la modificación del método de mezclado del hormigón.* Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Construcción, C. P. (2010). *Costos y presupuestos en edificación.* Lima: CAPECO.
- Díaz, J. S. (2009). *Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto.* Bucaramanga: Facultad de ingeniería civil.
- Estuardo M., G. A. (2012). *Edística y Probabilidades.* Santiago: Universidad católica de la santísima concepción.
- Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Forster, S. W. (1986). *Recycled Concrete as Aggregate.* Concrete International.
- GERD. (2008 - 2011). *Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición.* España: Proyecto GERD.
- Jaramillo, G. (1995). *Que nada ni nadie sea desecho: Aspectos educativos en el manejo de residuos sólidos.* Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Landa, C. G. (2009). *Características mecánicas de concretos reciclados fabricados.* Xapala: Facultad de Ingeniería Civil.
- Michel Venuat, M. P. (1966). *Control y ensayo de cementos, morteros y hormigones.* Bilbao: Urmo.

- MTC. (s.f.). *ABRACION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")* MTC E 207 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS* MTC E 204 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *ARCILLA EN TERRONES Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES (FRIABLES) EN AGREGADOS* MTC E 212 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ (N° 200)* MTC E 202 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS* MTC E 205 – 2000. Lma: ICG.
- MTC. (s.f.). *IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO* MTC E 213 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *MUESTREO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN* MTC E 201 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS* MTC E 206 – 2000. Lima: ICG.
- MTC. (s.f.). *PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS* MTC E 203 – 2000. Lima: ICG.
- Pasquel Carvajal, E. (1999). *Tópicos de tecnología del concreto*. Lima: Colegio de ingenieros del Perú.
- Rivva Lopéz, E. (2010). *Diseño de mezclas*. Lima: I.C.G.
- Rodríguez, M. B., & Lazo, I. M. (2005). *Guía de laboratorio de mecánica de suelos I*. Lima: U.N.I. - Departamento de construcción.
- Suca, N. L. (s.f.). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Puno.
- Toledo, C. D. (2006). *Hormigón reciclado*. Valdivia: Universidad austral de Chile.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 1*. México D.F.: LIMUSA.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 2*. México D.F.: Noriega.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 3*. México D.F.: Noriega.
- UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto Sección 4*. México D.F.: Noriega.
- Zapata C., T. (2007). *Efecto del cemento puzolánico IP y acelerante de fragua, en un concreto expuesto a clima híbrido en su resistencia final de diseño*. Puno: UNAP.



Anexo 1:

Análisis Físico Químico del agua y agregados.





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



N° 0077

10-2014

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA: USO DOMICILIARIO/LLAVINI-TOTORANI

PROCEDENCIA : BARRIO LLAVINI -TOTORANI, DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA PUNO-PUNO

INTERESADO : Bachiller: Erick Chistian Ruelas Paredes

MOTIVO : Control de calidad para concreto

MUESTREO : 05/11/2014, por el interesado

ANÁLISIS : 05/11/2014

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7,4

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Alcalinidad como CaCO₃ : 109,08 mg/l

Cloruros como Cl⁻ : 203,84 mg

Sulfatos como SO₄²⁻ : 132,20 mg/l

Sólidos totales : 662,40 mg/l

Sólidos Disueltos Totales : 609,30 mg/l

Conductividad : 1231,20 microS/cm.

INTERPRETACIÓN

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

DICTAMEN:

Según las normas Técnica Peruana (NTP 339.088) ; el agua analizada SE encuentra dentro de los límites establecidos.

Puno, C.U. 11 de Octubre del 2014.

vºBº



Asg
 Dr. Boza Conza
 BECANO F.I.C.
 UNA - PUNO



[Signature]
 Ing. GERARDO JOSÉ CALIZAYA
 Jefe del Laboratorio de Control de Calidad
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 UNA - PUNO



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



N0074

10-2014

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELO: AGREGADO GRUESO

PROCEDENCIA : Localidad Cutimbo, Distrito Laraqueri, Provincia Puno-Puno
PROYECTO : Ejecución de Tesis
INTERESADO : Bachiller Erick Chistian Ruelas Paredes
MOTIVO : Control de Calidad para concreto
MUESTREO : 05-11-2014 por el interesado
ANÁLISIS : 05-11-2014

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Sólido
COLOR : Característico al Agregado Grueso

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUIMICAS:

pH : 7,3
Cloruros como Cl⁻ : 29,10
Sulfatos como SO₄⁼ : 98,22
Carbonatos : NEGATIVO

Puno, C.U. 11 de Noviembre del 2014.



[Handwritten Signature]
 Ing. Pura Condorena
 BECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO

[Handwritten Signature]
 Ing. CARMEN DEL CORTI
 BECANO F.I.Q.
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



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



N° 0076

LQ-2014

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELO: AGREGADO FINO

PROCEDENCIA : Localidad Cutimbo, Distrito Laraqueri, Provincia Puno-Puno

PROYECTO : Ejecución de Tesis

INTERESADO : Bachiller Erick Chistian Ruelas Paredes

MOTIVO : Control de Calidad para concreto

MUESTREO : 05-11-2014 por el interesado

ANÁLISIS : 05-11-2014

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Sólido

COLOR : Característico al Agregado Fino

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS:

pH : 7,2

Cloruros como Cl⁻ : 46,50

Sulfatos como SO₄⁼ : 31,20

Carbonatos : NEGATIVO

Puno, C.U. 11 de Noviembre del 2014.



Dr. Oscar E. Boza Condorana
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



Ing. CARMEN JULIA CALIZAYA
 Delegada del Centro de Calidad
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



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



N° 0073

IQ-2014

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELO: AGREGADO
RECICLADO

PROCEDENCIA : Localidad Cutimbo, Distrito Laraqueri, Provincia Puno-Puno
PROYECTO : Ejecución de Tesis
INTERESADO : Bachiller Erick Chistian Ruelas Paredes
MOTIVO : Control de Calidad para concreto
MUESTREO : 05-11-2014 por el interesado
ANÁLISIS : 05-11-2014

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Sólido
COLOR : Característico al Agregado Reciclado

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS:

pH : 7,2
Cloruros como Cl^- : 46,56
Sulfatos como SO_4^{2-} : 176,20
Carbonatos : POSITIVO

Puno, C.U. 11 de Noviembre del 2014.



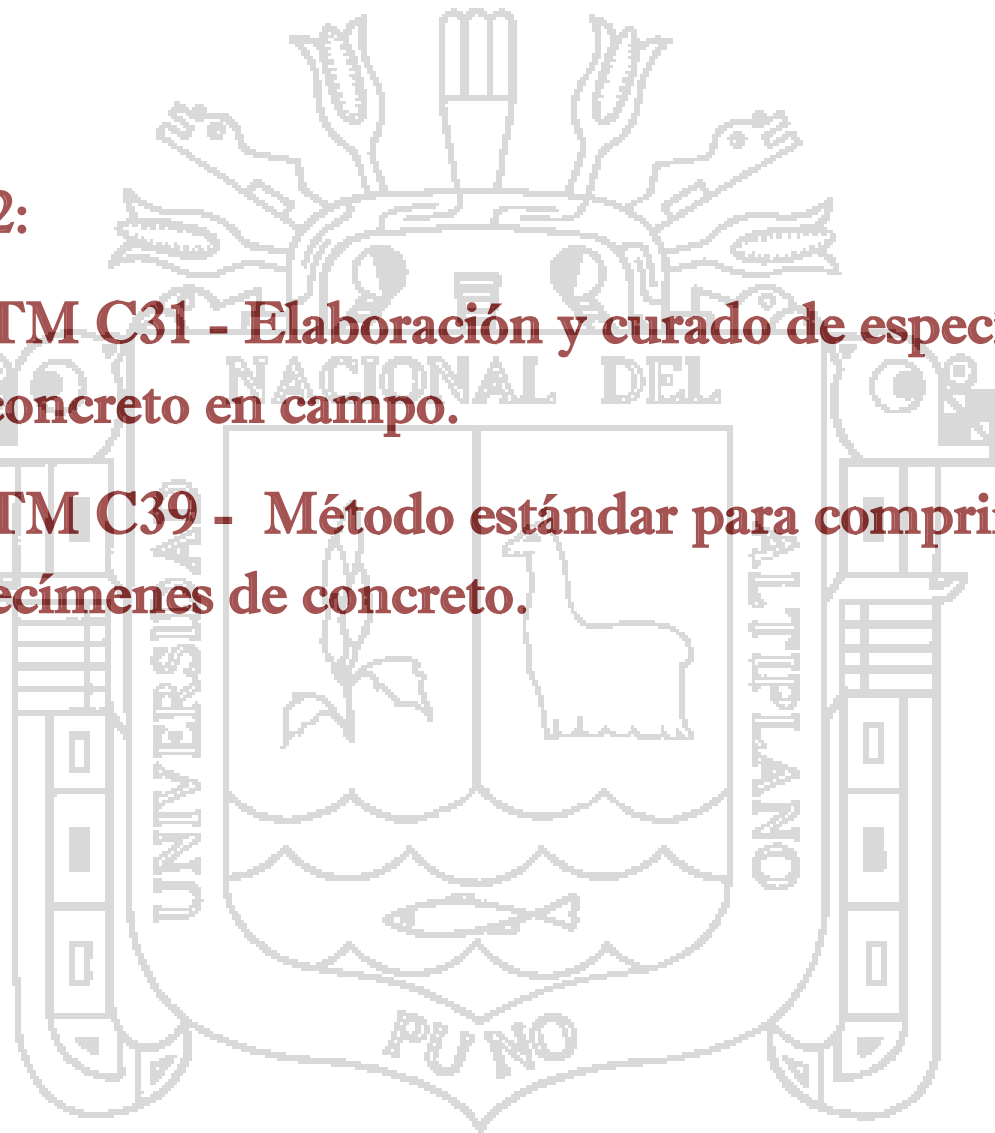
G. Doza Condoreña
ALCANTO F.I.Q.
UNA - PUNO



UNA - PUNO
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
UNA - PUNO

Anexo 2:

- **ASTM C31 - Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.**
- **ASTM C39 - Método estándar para comprimir especímenes de concreto.**





Designation: C 31/C 31M – 98

Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field¹

This standard is issued under the fixed designation C 31/C 31M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers procedures for making and curing cylinder and beam specimens from representative samples of fresh concrete for a construction project.

1.2 The concrete used to make the molded specimens shall be sampled after all on-site adjustments have been made to the mixture proportions, including the addition of mix water and admixtures. This practice is not satisfactory for making specimens from concrete not having measurable slump or requiring other sizes or shapes of specimens.

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated may not be exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two units may result in nonconformance.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 138 Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete²
- C 143 Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete²
- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete²
- C 173 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method²

C 403 Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance²

C 470 Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically²

C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes³

C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²

C 1064 Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland-Cement Concrete²

2.2 American Concrete Institute Publication:⁴

- CP-1 Concrete Field Testing Technician, Grade I
- 309R Guide for Consolidation of Concrete

3. Significance and Use

3.1 This practice provides standardized requirements for making, curing, protecting, and transporting concrete test specimens under field conditions.

3.2 If the specimens are made and standard cured, as stipulated herein, the resulting test data are able to be used for the following purposes:

3.2.1 Acceptance testing for specified strength,

3.2.2 Checking adequacy of mixture proportions for strength, and

3.2.3 Quality control.

3.3 If the specimens are made and field cured, as stipulated herein, the resulting test data are able to be used for the following purposes:

3.3.1 Determination of the time the structure is permitted to be put in service,

3.3.2 Comparison with test results of standard cured specimens or with test results from various in-place test methods,

3.3.3 Adequacy of curing and protection of concrete in the structure, or

3.3.4 Form or shoring removal time requirements.

4. Apparatus

4.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved July 10, 1998. Published February 1999. Originally published as C 31 – 20. Last previous edition C 31 – 96.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094.

C 31/C 31M

iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Molds shall be watertight during use as judged by their ability to hold water poured into them. Provisions for tests of water leakage are given in the Test Methods for Elongation, Absorption, and Water Leakage section of Specification C 470. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive form release material before use.

4.2 *Cylinder Molds*—Molds for casting concrete test specimens shall conform to the requirements of Specification C 470.

4.3 *Beam Molds*—Beam molds shall be of the shape and dimensions required to produce the specimens stipulated in 5.2. The inside surfaces of the molds shall be smooth. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warpage. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed 1/8 in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more. Molds shall produce specimens at least as long but not more than 1/16 in. [2 mm] shorter than the required length in 5.2.

4.4 *Tamping Rod*—A round, straight steel rod with the dimensions conforming to those in Table 1, having the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

4.5 *Vibrators*—Internal vibrators shall be used. The vibrator frequency shall be at least 7000 vibrations per minute [150 Hz] while the vibrator is operating in the concrete. The diameter of a round vibrator shall be no more than one-third the diameter of the cylinder mold or one-third the width of the beam mold. Other shaped vibrators shall have a perimeter equivalent to the circumference of an appropriate round vibrator. The combined length of the vibrator shaft and vibrating element shall exceed the depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm]. The vibrator frequency shall be checked periodically.

NOTE 1—For information on size and frequency of various vibrators and a method to periodically check vibrator frequency see ACI 309.

4.6 *Mallet*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg] shall be used.

4.7 *Small Tools*—Shovels, hand-held floats, scoops, and a vibrating-reed tachometer shall be provided.

4.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143.

4.9 *Sampling Receptacle*—The receptacle shall be a suitable heavy gage metal pan, wheelbarrow, or flat, clean nonabsorbent board of sufficient capacity to allow easy remixing of the entire sample with a shovel or trowel.

TABLE 1 Tamping Rod Requirements

Diameter of Cylinder or Width of Beam in. [mm]	Rod Dimensions ^A	
	Diameter in. [mm]	Length of Rod in. [mm]
<6 [150]	3/8 [10]	12 [300]
6 [150]	5/8 [16]	20 [500]
9 [225]	5/8 [16]	26 [650]

^A Rod tolerances length ± 4 in. [100 mm] and diameter ± 1/16 in. [2 mm].

4.10 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of Test Methods C 173 or C 231.

4.11 *Temperature Measuring Devices*—The temperature measuring devices shall conform to the applicable requirements of Test Method C 1064.

5. Testing Requirements

5.1 *Cylindrical Specimens*—Compressive or splitting tensile strength specimens shall be cylinders cast and allow to set in an upright position, with a length equal to twice the diameter. The standard specimen shall be the 6 by 12-in. [150 by 300-mm] cylinder when the nominal maximum size of the coarse aggregate does not exceed 2 in. [50 mm] (Note 2, Note 3). When the nominal maximum size of the coarse aggregate does exceed 2 in. [50 mm], either the concrete sample shall be treated by wet sieving as described in Practice C 172 or the diameter of the cylinder shall be at least three times the nominal maximum size of coarse aggregate in the concrete. For acceptance testing for specified strength, cylinders smaller than 6 by 12 in. [150 by 300 mm] shall not be used, unless another size is specified (Note 4).

NOTE 2—The nominal maximum size is the smallest sieve opening through which the entire amount of aggregate is permitted to pass.

NOTE 3—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

NOTE 4—For uses other than acceptance testing for specified strength, a 4 by 8 in. [100 by 200 mm] or 5 by 10 in. [125 by 250 mm] cylinder may be suitable. However, the diameter of any cylinder shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate in the concrete (Note 2). When cylinders smaller than the standard size are used, within-test variability has been shown to be higher but not to a statistically significant degree. The compressive strength results are affected by a number of factors including cylinder size.

5.2 *Beam Specimens*—Flexural strength specimens shall be beams of concrete cast and hardened in the horizontal position. The length shall be at least 2 in. [50 mm] greater than three times the depth as tested. The ratio of width to depth as molded shall not exceed 1.5. The standard beam shall be 6 by 6 in. [150 by 150 mm] in cross section, and shall be used for concrete with nominal maximum size coarse aggregate up to 2 in. [50 mm] (Note 2). When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the smaller cross sectional dimension of the beam shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate. Unless required by project specifications, beams made in the field shall not have a width or depth of less than 6 in. [150 mm].

5.3 *Field Technicians*—The field technicians making and curing specimens for acceptance testing shall be certified ACI Field Testing Technicians, Grade I or equivalent. Equivalent personnel certification programs shall include both written and performance examinations, as outlined in ACI CP-1.

6. Sampling Concrete

6.1 The samples used to fabricate test specimens under this standard shall be obtained in accordance with Practice C 172 unless an alternative procedure has been approved.

6.2 Record the identification of the sample with respect to the location of the concrete represented and the time of casting.

C 31/C 31M

7. Slump, Air Content, and Temperature

7.1 *Slump*—Measure and record the slump of each batch of concrete from which specimens are made immediately after remixing in the receptacle, as required in Test Method C 143.

7.2 *Air Content*—Determine and record the air content in accordance with either Test Method C 173 or Test Method C 231. The concrete used in performing the air content test shall not be used in fabricating test specimens.

7.3 *Temperature*—Determine and record the temperature in accordance with Test Method C 1064.

NOTE 5—Some specifications may require the measurement of the unit weight of concrete. The volume of concrete produced per batch may be desired on some projects. Also, additional information on the air content measurements may be desired. Test Method C 138 is used to measure the unit weight, yield, and gravimetric air content of freshly mixed concrete.

8. Molding Specimens

8.1 *Place of Molding*—Mold specimens promptly on a level, rigid surface, free of vibration and other disturbances, at a place as near as practicable to the location where they are to be stored.

8.2 *Casting Cylinders*—Select the proper tamping rod from 4.4 and Table 1 or the proper vibrator from 4.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine molding requirements from Table 4. Select a small tool of a size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle will be representative and small enough so concrete is not lost when being placed in the mold. While placing the concrete in the mold, move the small tool around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete and minimize segregation. Each layer of concrete shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation.

8.3 *Casting Beams*—Select the proper tamping rod from 4.4 and Table 1 or proper vibrator from 4.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine the molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine the molding requirements from Table 4. Determine the number of roddings per layer, one for each 2 in.² [14 cm²] of the top surface area of the beam. Select a small tool, of the size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so concrete is not lost when placed in the mold. Each layer shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation. Place the concrete so that it is uniformly distributed within each layer with a minimum of segregation.

TABLE 2 Method of Consolidation Requirements

Slump in. (mm)	Method of Consolidation
>3 (75)	rodding
1 to 3 (25 to 75)	rodding or vibration
<1 (25)	vibration

TABLE 3 Molding Requirements by Rodding

Specimen Type and Size	Number of Layers	Number of Roddings per Layer	Approximate Depth of Layer, in. [mm]
Cylinders:			
Diameter, in. [mm]			
4 [100]	3	25	one-third depth of specimen
6 [150]	3	25	one-third depth of specimen
9 [225]	4	50	4.5 [112]
Beams:			
Width, in. [mm]			
6 [150] to 8 [200]	2	see 8.3	one-half depth of specimen
>8 [200]	3 or more	see 8.3	3 [75] to 4 [100]

TABLE 4 Molding Requirements by Vibration

Specimen Type and Size	Number of Layers	Number of Vibrator Insertions per Layer	Approximate Depth of Layer, in. [mm]
Cylinders:			
Diameter, in. [mm]			
4 [100]	2	1	one-half depth of specimen
6 [150]	2	2	one-half depth of specimen
9 [225]	2	4	one-half depth of specimen
Beams:			
Width, in. [mm]			
6 [150] to 8 [200]	1	see 8.4.2	depth of specimen
over 8 [200]	2 or more	see 8.4.2	8 [200] as near as practicable

8.4 *Consolidation*—The methods of consolidation for this practice are rodding or internal vibration.

8.4.1 *Rodding*—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the required number of roddings. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the roddings uniformly over the cross section of the mold. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use cylinder molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade the concrete along the sides and ends of beam molds with a trowel or other suitable tool. Underfilled molds shall be adjusted with representative concrete during consolidation of the top layer. Overfilled molds shall have excess concrete removed.

8.4.2 *Vibration*—Maintain a uniform time period for duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete has become relatively smooth. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete. Overvibration may cause segregation. Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers. Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. In compacting the specimen, the vibrator shall not be allowed to rest on the bottom or sides of the mold. Carefully

 C 31/C 31M

withdraw the vibrator in such a manner that no air pockets are left in the specimen. When placing the final layer, avoid overfilling by more than ¼ in. [6 mm].

8.4.2.1 *Cylinders*—The number of insertions of the vibrator per layer is given in Table 4. When more than one insertion per layer is required distribute the insertion uniformly within each layer. Allow the vibrator to penetrate through the layer being vibrated, and into the layer below, approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes that remain and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet.

8.4.2.2 *Beams*—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen. For specimens wider than 6 in., use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. (25 mm). After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet to close any holes left by vibrating and to release any large air bubbles that may have been trapped.

8.5 *Finishing*—After consolidation, strike off excess concrete from the surface and float or trowel as required. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and that has no depressions or projections larger than ⅛ in. [3.3 mm].

8.5.1 *Cylinders*—After consolidation, finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See section on Capping Materials of Practice C 617.

8.5.2 *Beams*—After consolidation of the concrete, use a hand-held float to strike off the top surface to the required tolerance to produce a flat, even surface.

8.6 *Identification*—Mark the specimens to positively identify them and the concrete they represent. Use a method that will not alter the top surface of the concrete. Do not mark the removable caps. Upon removal of the molds, mark the test specimens to retain their identities.

9. Curing

9.1 *Protection*—Immediately after finishing, precautions shall be taken to prevent evaporation and loss of water from the specimens. Protect the outside surfaces of cardboard molds from contact with wet burlap or other sources of water. Cover specimens with a nonabsorbent, nonreactive plate or sheet of impervious plastic. When wetted burlap is used over the plate or plastic sheet to help retard evaporation, the burlap must not be in contact with the surface of the concrete.

9.2 *Standard Curing*—Standard curing is the curing method used when the specimens are made and cured for the purposes stated in 3.2.

9.2.1 *Storage*—If specimens cannot be molded at the place where they will receive initial curing, immediately after finishing move the specimens to an initial curing place for

storage (Note 6). The supporting surface on which specimens are stored shall be level to within ¼ in. per ft [20 mm per m]. If cylinders in the single use molds are moved, lift and support the cylinders from the bottom of the molds with a large trowel or similar device. If the top surface is marred during movement to place of initial storage, immediately refinish.

9.2.2 *Initial Curing*—After molding, the specimens shall be stored in a temperature range between 60 to 80°F [16 to 27°C] and in a moist environment preventing moisture loss up to 48 h (Note 6). Shield all specimens from direct sunlight and, if used, radiant heating devices. The storage temperature shall be controlled by use of cooling or heating devices, as necessary. Record the temperature of the storage environment using a maximum-minimum thermometer. For concrete mixtures with specified strengths of 6 000 psi [40 MPa] or greater, the initial storage curing temperature shall be between 68 and 78°F [20 and 26°C]. Specimens that are to be transported to the laboratory for final curing of Section 9.2.3 before 48 h shall remain in the molds in a moist environment, until they are received in the laboratory, demolded and placed in final curing. If specimens are not transported within 48 h, the molds shall be removed within 24 ± 8 h and final curing used until transported (see 10.1).

NOTE 6—It may be necessary to create an environment during the initial curing to provide satisfactory moisture and to control the temperature. The specimens may be immediately immersed in water saturated with calcium hydroxide, stored in tightly constructed wooden boxes, damp sand pits, temporary buildings at construction sites, under wet burlap or heavyweight closed plastic bags. For concrete mixtures with specified compressive strengths of 6 000 psi [40 MPa] or greater, heat of hydration generated during the early ages may raise the storage temperature above the required storage temperature. Immersion in water saturated with calcium hydroxide may be the easiest method to maintain the required storage temperature. Immersing in water saturated with calcium hydroxide should not be used for specimens in cardboard or other molds that expand when immersed in water. Other suitable methods may be used provided the requirements limiting specimen temperature and moisture loss are met. The temperature may be controlled by ventilation, thermostatically controlled thermal devices, or by heating devices such as stoves, light bulbs, or thermostatically controlled heating elements. Early age strength test results may be lower when stored near 60°F [16°C] and higher when stored near 80°F [27°C].

9.2.3 *Final Curing:*

9.2.3.1 *Cylinders*—Upon completion of initial curing and within 30 min after removing the molds, cure specimens with free water maintained on their surfaces at all times at a temperature of 73 ± 3°F [23 ± 2°C] using water storage tanks or moist rooms complying with the requirements of Specification C 511. Temperatures between 68 and 86°F [20 and 30°C] are permitted for a period not to exceed 3 h immediately prior to test if free moisture is maintained on the surfaces of the specimen at all times, except when capping with sulfur mortar capping compound. When capping with this material, the ends of the cylinder will be dried as described in Practice C 617.

9.2.3.2 *Beams*—Beams are to be cured the same as cylinders (see 9.2.3.1) except for 24 ± 4 h prior to testing, they shall be stored in water saturated with calcium hydroxide at 73 ± 3°F [23 ± 2°C]. Drying of the surfaces of the beam shall be prevented between removal from water storage and completion of testing.

 C 31/C 31M

NOTE 7—Relatively small amounts of surface drying of flexural specimens can induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

9.3 *Field Curing*—Field curing is the curing method used for the specimens made and cured as stated in 3.3.

9.3.1 *Cylinders*—Store cylinders in or on the structure as near to the point of deposit of the concrete represented as possible. Protect all surfaces of the cylinders from the elements in as near as possible the same way as the formed work. Provide the cylinders with the same temperature and moisture environment as the structural work. Test the specimens in the moisture condition resulting from the specified curing treatment. To meet these conditions, specimens made for the purpose of determining when a structure is permitted to be put in service shall be removed from the molds at the time of removal of form work.

9.3.2 *Beams*—As nearly as practicable, cure beams in the same manner as the concrete in the structure. At the end of 48 ± 4 h after molding, take the molded specimens to the storage location and remove from the molds. Store specimens representing pavements of slabs on grade by placing them on the ground as molded, with their top surfaces up. Bank the sides and ends of the specimens with earth or sand that shall be kept damp, leaving the top surfaces exposed to the specified curing treatment. Store specimens representing structure concrete as near the point in the structure they represent as possible, and afford them the same temperature protection and moisture environment as the structure. At the end of the curing period leave the specimens in place exposed to the weather in the same manner as the structure. Remove all beam specimens from field storage and store in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^\circ\text{F}$ [$23 \pm 2^\circ\text{C}$] for 24 ± 4 h immediately before time of testing to ensure uniform moisture condition

from specimen to specimen. Observe the precautions given in 9.2.3.2 to guard against drying between time of removal from curing to testing.

10. Transportation of Specimens to Laboratory

10.1 Prior to transporting, cure and protect specimens as required in Section 9. Specimens shall not be transported until at least 8 h after final set. (See Note 8). During transporting, protect the specimens with suitable cushioning material to prevent damage from jarring. During cold weather, protect the specimens from freezing with suitable insulation material. Prevent moisture loss during transportation by wrapping the specimens in plastic, wet burlap, by surrounding them with wet sand, or tight fitting plastic caps on plastic molds. Transportation time shall not exceed 4 h.

NOTE 8—Setting time may be measured by Test Method C 403.

11. Report

11.1 Report the following information to the laboratory that will test the specimens:

11.1.1 Identification number,

11.1.2 Location of concrete represented by the samples,

11.1.3 Date, time and name of individual molding specimens,

11.1.4 Slump, air content, and concrete temperature, test results and results of any other tests on the fresh concrete and any deviations from referenced standard test methods, and

11.1.5 Curing method.

12. Keywords

12.1 beams; casting samples; concrete; curing; cylinders; testing

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



Designation: C 39/C 39M – 99

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 39/C 39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a unit weight in excess of 50 lb/ft³ [800 kg/m³].

1.2 The values stated in either inch-pound or SI units are to be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials²
- C 873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds²
- C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²
- C 1231 Practice for Use of Unbonded Caps in Determina-

tion of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders²

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³
- E 74 Practice for Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Load Indication of Testing Machines³
- Manual of Aggregate and Concrete Testing²

2.2 American Concrete Institute:

- CP-16 Concrete Laboratory Testing Technician, Grade I⁴

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C 31, C 192, C 617 and C 1231 and Test Methods C 42 and C 873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall have demonstrated a knowledge and ability to perform the test procedure equivalent to the minimum guidelines for certification of Concrete Laboratory Technician, Level I, in accordance with ACI CP-16.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved July 10, 1999. Published September 1999. Originally published as C 39 – 21 T. Last previous edition C 39 – 96.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094.

C 39/C 39M

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method should be evaluated in accordance with Practice C 1077.

$$E_p = 100(A - B)/B$$

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verification of calibration of the testing machines in accordance with Practices E 4 is required under the following conditions:

5.1.1.1 After an elapsed interval since the previous verification of 18 months maximum, but preferably after an interval of 12 months,

5.1.1.2 On original installation or relocation of the machine,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system of the machine or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks, or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to doubt the accuracy of the results, without regard to the time interval since the last verification.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

NOTE 2—High strength concrete cylinders rupture more intensely than normal strength cylinders. As a safety precaution, it is recommended that the testing machines should be equipped with protective fragment guards.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E 74.

NOTE 3—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed ± 1.0 % of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \tag{1}$$

where:

A = load, lbf [kN] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, lbf [kN] as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10 % of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 4), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.001 in. [0.02 mm] in any 6 in. [150 mm] of blocks 6 in. [150 mm] in diameter or larger, or by more than 0.001 in. [0.02 mm] in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than 0.5 in. [13 mm], concentric circles not more than 0.03 in. [0.8 mm] deep and not more than 0.04 in. [1 mm] wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 4—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 5). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 5—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to

C 39/C 39M

assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 1 in. [25 mm] thick when new, and at least 0.9 in. [22.5 mm] thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

Diameter of Test Specimens, in. [mm]	Maximum Diameter of Bearing Face, in. [mm]
2 [50]	4 [105]
3 [75]	5 [130]
4 [100]	6.5 [165]
6 [150]	10 [255]
8 [200]	11 [280]

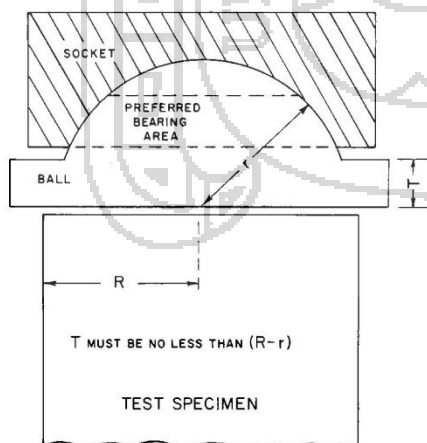
NOTE 6—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket must be so designed by the manufacturer that the steel in the contact area does not permanently deform under repeated use, with loads up to 12 000 psi [85 MPa] on the test specimen.

NOTE 7—The preferred contact area is in the form of a ring (described as preferred bearing area) as shown on Fig. 1.

5.2.2.4 The curved surfaces of the socket and of the spherical portion shall be kept clean and shall be lubricated with a petroleum-type oil such as conventional motor oil, not with a pressure type grease. After contacting the specimen and application of small initial load, further tilting of the spherically seated block is not intended and is undesirable.



NOTE 1—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (Note 8). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 0.02 in. [0.5 mm] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 0.04 in. [1 mm] and 0.06 in. [2 mm]. When the spacing is between 0.06 and 0.12 in. [2 and 3 mm], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 0.12 in. [3 mm] or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read. The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Neither end of compressive test specimens when tested

C 39/C 39M

shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 0.12 in. [3 in 300 mm]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.002 in. [0.050 mm] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C 617 or Practice C 1231. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.01 in. [0.25 mm] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter may be reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.02 in. [0.5 mm]. When the average diameters do not fall within the range of 0.02 in. [0.5 mm] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 The length shall be measured to the nearest 0.05 *D* when the length to diameter ratio is less than 1.8, or more than 2.2, or when the volume of the cylinder is determined from measured dimensions.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 10). As the spherically seated block is brought to bear on the specimen, rotate its movable portion gently by hand so that uniform seating is obtained.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner’s manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

7.5.1 For testing machines of the screw type, the moving head shall travel at a rate of approximately 0.05 in. [1 mm]/min when the machine is running idle. For hydraulically operated machines, the load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a loading rate on the specimen within the range of 20 to 50 psi/s [0.15 to 0.35 MPa/s]. The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase of the testing cycle.

7.5.2 During the application of the first half of the anticipated loading phase a higher rate of loading shall be permitted.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement of the platen at any time while a specimen is yielding rapidly immediately before failure.

7.6 Apply the load until the specimen fails, and record the maximum load carried by the specimen during the test. Note the type of failure and the appearance of the concrete.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 10 psi [0.1 MPa].

8.2 If the specimen length to diameter ratio is less than 1.8, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87 (Note 11)

NOTE 11—These correction factors apply to lightweight concrete weighing between 100 and 120 lb/ft³ [1600 and 1920 kg/m³] and to normal weight concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading. Values not given in the table shall be determined by interpolation. The correction factors are applicable for nominal concrete strengths from 2000 to 6000 psi [15 to 45 MPa].

9. Report

9.1 Report the following information:

- 9.1.1 Identification number,
- 9.1.2 Diameter (and length, if outside the range of 1.8*D* to 2.2*D*), in inches [millimetres],
- 9.1.3 Cross-sectional area, in square inches [square millimetres],
- 9.1.4 Maximum load, in pounds-force [kilonewtons],
- 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 10 psi [0.1 MPa],
- 9.1.6 Type of fracture, if other than the usual cone (see Fig. 2),
- 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
- 9.1.8 Age of specimen.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The single operator precision of tests of individual 6 by 12 in. [150 by 300 mm] cylinders made from

ASTM C 39/C 39M

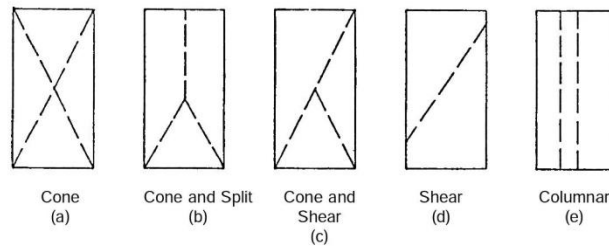


FIG. 2 Sketches of Types of Fracture

a well-mixed sample of concrete is given for cylinders made in a laboratory environment and under normal field conditions (see 10.1.1).

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range of ⁴	
		2 results	3 results
Single operator			
Laboratory conditions	2.37 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.87 %	8.0 %	9.5 %

⁴ These numbers represent respectively the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C 670.

10.1.1 The values given are applicable to 6 by 12 in. [150 by 300 mm] cylinders with compressive strength between 2000 and 8000 psi [15 to 55 MPa]. They are derived from CCRL concrete reference sample data for laboratory conditions and a

collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵

NOTE 12—Subcommittee C09.03 will re-examine recent CCRL Concrete Reference Sample Program data and field test data to see if these values are representative of current practice and if they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

11. Keywords

⁵ Research report RR-C09-1006 is on file at ASTM Headquarters.

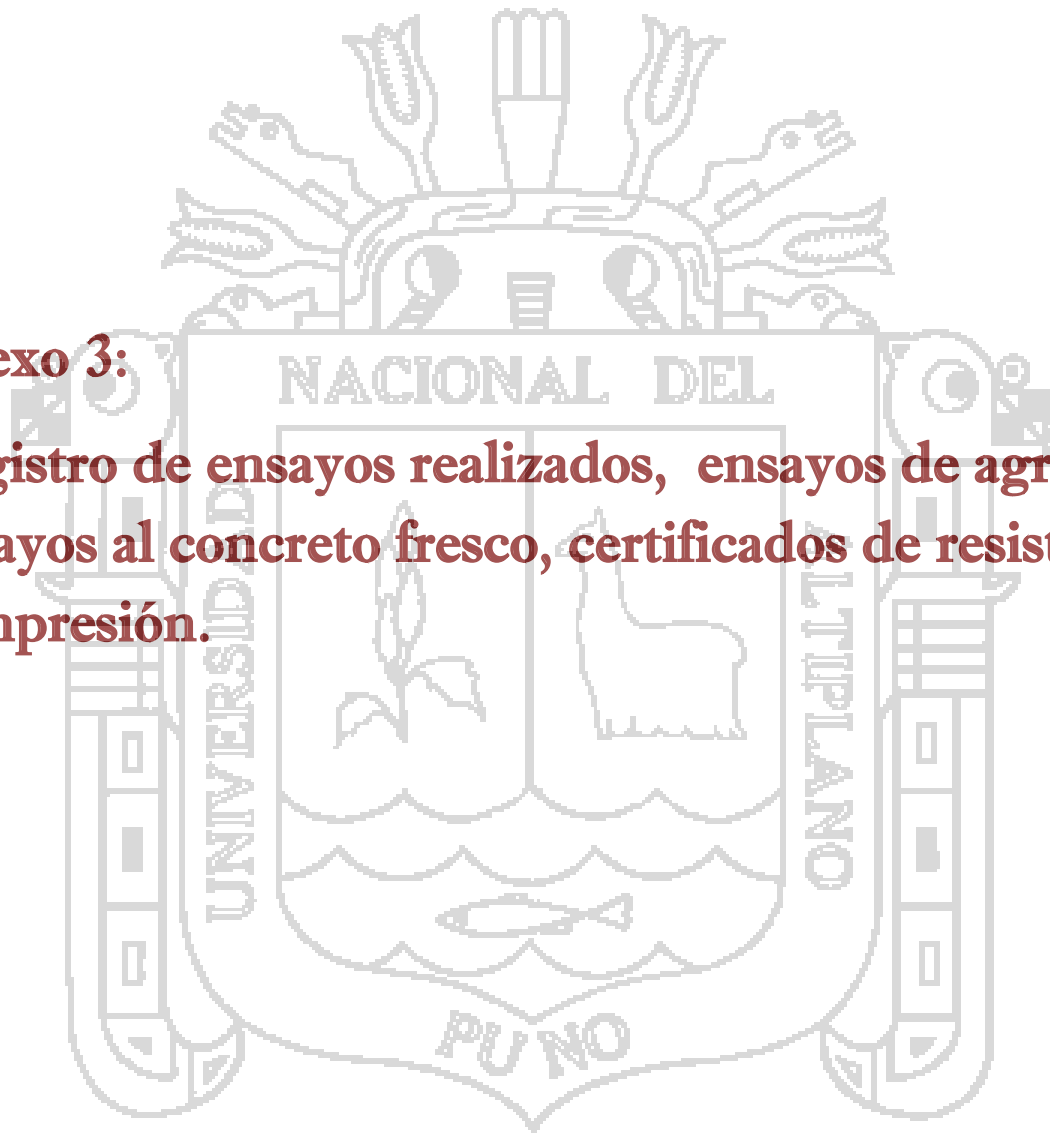
The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (http://www.astm.org).

Anexo 3:

Registro de ensayos realizados, ensayos de agregados, ensayos al concreto fresco, certificados de resistencia a compresión.





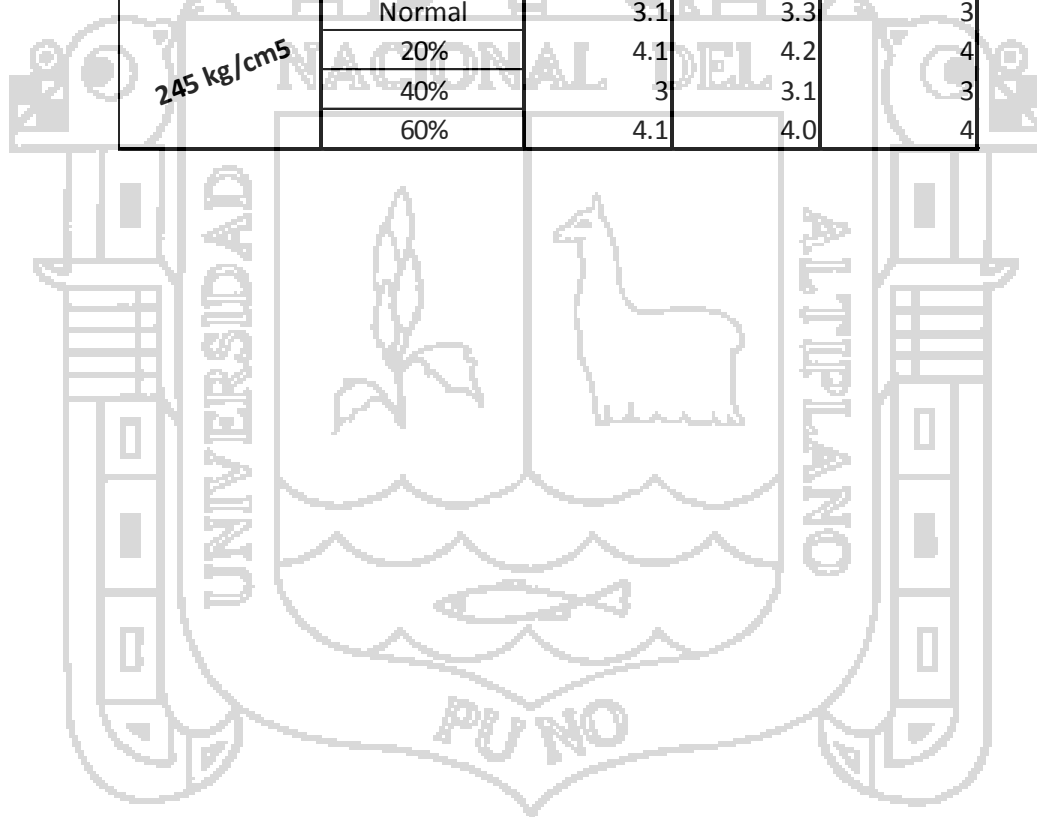
PESO UNITARIO						
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
Diámetro molde (cm)	15.215	15.218	15.239	15.215	15.218	15.239
Altura de molde (cm)	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45
Peso de molde (gr)	10015	10015	10015	10015	10015	10015
Volumen del molde (cm ³)	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2
W molde + M suelta (gr)	17675	17735	17775	17970	17895	17885
W molde + M compactada (gr)	18325	18465	18520	18440	18525	18465
W. Muestra. suelta (gr)	7615	7675	7715	7910	7835	7825
W. Muestra. compactada (gr)	8265	8405	8460	8380	8465	8405
W promedio suelto (gr)	7668.33			7856.67		
W promedio compactado (gr)	8376.67			8416.67		
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.382			1.416		
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.510			1.517		

PESO UNITARIO			
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO RECICLADO		
Diámetro molde (cm)	15.215	15.218	15.239
Altura de molde (cm)	30.4	30.45	30.45
Peso de molde (gr)	10015	10015	10015
Volumen del molde (cm ³)	5547.2	5547.2	5547.2
W molde + M suelta (gr)	16235	16220	16295
W molde + M compactada (gr)	17020	17075	17095
W. Muestra. suelta (gr)	6175	6160	6235
W. Muestra. compactada (gr)	6960	7015	7035
W promedio suelto (gr)	6190.00		
W promedio compactado (gr)	7003.33		
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.116		
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.262		

PESO UNITARIO									
CARACTERÍSTICAS	A. GRUESO CON 20% A.R.			A. GRUESO CON 40% A.R.			A. GRUESO CON 60% A.R.		
Diámetro molde (cm)	15.215	15.218	15.239	15.215	15.218	15.239	15.215	15.218	15.239
Altura de molde (cm)	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45	30.4	30.45	30.45
Peso de molde (gr)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Volumen del molde (cm ³)	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2	5547.2
W molde + M suelta (gr)	17305	17320	17415	16890	17030	17020	16640	16700	16685
W molde + M compactada (gr)	18075	18050	18145	17655	17785	17830	17400	17485	17515
W. Muestra. suelta (gr)	7305	7320	7415	6890	7030	7020	6640	6700	6685
W. Muestra. compactada (gr)	8075.0	8050.0	8145.0	7655.0	7785.0	7830.0	7400.0	7485.0	7515.0
W promedio suelto (gr)	7346.67			6980.00			6675.00		
W promedio compactado (gr)	8090.00			7756.67			7466.67		
P.U. suelto (gr/cm ³)	1.324			1.258			1.203		
P.U. compactado (gr/cm ³)	1.458			1.398			1.346		

Registro del ensayo de asentamiento.

	Grupo	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
140 kg/cm ²	Normal	4.9	4.6	5
	20%	4.1	3.9	4
	40%	4.9	5.2	5
	60%	3.2	3.1	3
175 kg/cm ³	Normal	3	2.8	3
	20%	4.9	4.7	5
	40%	3.7	3.6	4
	60%	2.8	2.7	3
210 kg/cm ⁴	Normal	2.9	2.8	3
	20%	3.9	4.0	4
	40%	3.6	3.9	4
	60%	3.5	3.9	4
245 kg/cm ⁵	Normal	3.1	3.3	3
	20%	4.1	4.2	4
	40%	3	3.1	3
	60%	4.1	4.0	4





Registro del ensayo de temperatura del concreto en estado fresco.

Resistencia	Grupo	Temperatura (°C), para las horas indicadas												T° Max.	T° Min.	Máxima Variación T	PROMEDIO
		15'	30'	45'	1h	2h	3h	4h	5h	6h							
140 kg/cm ²	Normal	14.9	14.9	15.1	14.8	15.2	15.5	15.5	15.0	14.9	15.5	14.8	15.5	14.8	0.7	1.00	
	20%	14.4	15.0	14.9	15.0	15.4	15.5	15.6	15.4	15.0	15.6	14.4	15.6	14.4	1.2		
	40%	14.6	14.5	14.7	14.8	15.0	15.2	15.6	15.4	15.1	15.6	14.5	15.6	14.5	1.1		
	60%	14.8	15.2	15.3	15.2	15.4	15.8	15.4	15.5	15.3	15.8	14.8	15.8	14.8	1.0		
Temperatura promedio		14.7	14.9	15.0	15.0	15.3	15.5	15.5	15.3	15.1							
175 kg/cm ²	Normal	15.7	15.9	15.6	15.7	16.1	16.5	16.3	16.3	15.8	16.5	15.6	16.5	15.6	0.9	1.08	
	20%	15.5	15.9	15.8	15.9	16.0	16.5	16.5	16.4	16.0	16.5	15.5	16.5	15.5	1.0		
	40%	15.2	15.3	15.4	15.6	15.8	16.0	16.6	16.1	15.9	16.6	15.2	16.6	15.2	1.4		
	60%	16.0	16.2	16.4	16.3	16.5	16.5	17.0	16.6	16.4	17.0	16.0	17.0	16.0	1.0		
Temperatura promedio		15.6	15.8	15.8	15.9	16.1	16.4	16.6	16.4	16.0							
210 kg/cm ²	Normal	15.9	16.2	16.4	16.8	16.9	17.1	17.4	17.3	17.1	17.4	15.9	17.4	15.9	1.5	1.90	
	20%	16.8	17.3	17.6	18.0	18.3	18.4	18.5	18.4	18.3	18.5	16.8	18.5	16.8	1.7		
	40%	17.4	17.9	18.5	18.6	19.8	19.8	19.5	19.4	19.2	19.8	17.4	19.8	17.4	2.4		
	60%	17.5	18.0	18.2	18.2	19.0	19.5	18.9	18.8	18.8	19.5	17.5	19.5	17.5	2.0		
Temperatura promedio		16.9	17.4	17.7	17.9	18.5	18.7	18.6	18.5	18.4							
245 kg/cm ²	Normal	16.4	16.4	16.8	17.1	17.6	18.1	17.5	17.4	17.2	18.1	16.4	18.1	16.4	1.7	2.03	
	20%	16.5	16.6	16.7	17.5	17.9	18.9	18.8	17.4	17.3	18.9	16.5	18.9	16.5	2.4		
	40%	17.5	17.3	17.4	17.8	18.2	18.6	19.4	17.5	17.6	19.4	17.3	19.4	17.3	2.1		
	60%	17.6	17.9	18.2	18.6	18.4	19.5	19.0	18.1	18.2	19.5	17.6	19.5	17.6	1.9		
Temperatura promedio		17.0	17.1	17.3	17.8	18.0	18.8	18.7	17.6	17.6							



Cálculo del % de exudación para cada condición

RESISTENCIA	CONDICIÓN	CEMENTO	AGREGADO		AGUA	AGUA PARA UNA BRIQUETA	VOLUMEN EXUDADO	% EXUDADO
f'c 140 kg/cm2	normal	270	A fino	853.68	151.06	237.29	2.10	0.88
			A grueso	1000.89				
	20%	270	A fino	845.84	143.29	225.09	1.90	0.84
			A grueso	804.69				
			A reciclado	205.87				
	40%	270	A fino	837.87	135.45	212.76	1.50	0.71
			A grueso	606.55				
			A reciclado	413.80				
	60%	270	A fino	829.76	127.52	200.31	1.10	0.55
			A grueso	406.43				
			A reciclado	623.86				
	f'c 175 kg/cm2	normal	295	A fino	823.64	151.43	237.87	2.30
A grueso				1007.89				
20%		295	A fino	815.74	143.61	225.58	1.90	0.84
			A grueso	810.32				
			A reciclado	207.31				
40%		295	A fino	807.71	135.71	213.17	0.80	0.38
			A grueso	610.79				
			A reciclado	416.70				
60%		295	A fino	799.55	127.72	200.63	1.20	0.60
			A grueso	409.27				
			A reciclado	628.22				
f'c 210 kg/cm2		normal	331	A fino	782.99	151.97	238.71	1.50
	A grueso			1015.28				
	20%	331	A fino	775.04	144.09	226.33	1.50	0.66
			A grueso	816.26				
			A reciclado	208.83				
	40%	331	A fino	766.95	136.13	213.83	0.90	0.42
			A grueso	615.27				
			A reciclado	419.75				
	60%	331	A fino	758.73	128.09	201.20	0.80	0.40
			A grueso	412.27				
			A reciclado	632.83				
	f'c 245 kg/cm2	normal	363	A fino	746.21	152.44	239.46	1.80
A grueso				1022.52				
20%		363	A fino	738.19	144.51	226.99	1.60	0.70
			A grueso	822.08				
			A reciclado	210.32				
40%		363	A fino	730.05	136.49	214.40	0.60	0.28
			A grueso	619.66				
			A reciclado	422.75				
60%		363	A fino	721.77	128.39	201.68	0.90	0.45
			A grueso	415.21				
			A reciclado	637.34				



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**COSTANCIA 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 el tesista, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **ERICK CHRISTIAN RUELAS PAREDES**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: **"USO DE PAVIMENTO RIGIDO RECICLADO DE LA CIUDAD DE PUNO, COMO AGREGADO GRUESO, PARA LA PRODUCCION DE CONCRETO"**.

Los ensayos que realizó son los siguientes:

- 01 Ensayo de abrasión a agregado natural.
- 01 Ensayo de abrasión a agregado reciclado puro.
- 01 Ensayo de abrasión a la combinación de agregados con 20% de reciclado.
- 01 Ensayo de abrasión a la combinación de agregados con 40% de reciclado.
- 01 Ensayo de abrasión a la combinación de agregados con 60% de reciclado.


Los cuales hacen un total de 05 ensayos de Abrasión los Ángeles.

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 la presentación de su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 13 de Noviembre del 2014.

CC.
ARCHIVO.


Ing. SAMUEL HUAQUISTO CACERES
Reg. CIP. N° 105300
Jefe de Laboratorio



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



CERTIFICADO

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

CERTIFICA:

Que el Sr. **ERICK CHRISTIAN RUELAS PAREDES, CON DNI 45815639** Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ha realizado ensayos de laboratorio para investigación de su tesis "USO DE PAVIMENTO RIGIDO RECICLADO DE LA CIUDAD DE PUNO, COMO AGREGADO GRUESO, PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO" del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

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

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


Ing. Emilio Augusto Molina Chávez
JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
REG. CIP. N° 11234

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



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

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0442-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.

REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.

FECHA : 13/01/2015.

SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.

PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.

UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.

MUESTRA : Briquetas de concreto con 0 % de árido reciclado.

TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.

RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.22	20.73	82.03	3655	2149.30	140	12910	157.37	112.41
2	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.17	20.67	81.23	3608	2148.79	140	13520	186.44	118.88
3	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.23	20.40	82.19	3628	2163.89	140	11830	143.93	102.81
4	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.17	20.47	81.18	3680	2214.54	140	11800	145.36	103.83
5	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.24	20.50	82.41	3514	2080.06	140	13770	167.09	119.35
6	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.63	81.93	3672	2172.59	140	13830	168.81	120.58
7	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.22	20.57	81.98	3559	2110.50	140	13720	167.36	119.54
8	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.57	81.82	3639	2162.17	140	12550	153.39	109.56
9	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.18	20.50	81.45	3699	2215.44	140	13390	184.40	117.43
10	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.24	20.60	82.35	3822	2252.86	140	13080	158.82	113.45
11	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.63	81.87	3641	2155.66	140	12190	148.89	106.35
12	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.27	20.47	82.78	3589	2117.91	140	13500	163.07	116.48
13	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.18	20.17	81.39	3745	2281.18	140	12280	151.00	107.85
14	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.20	20.57	81.71	3785	2251.86	140	11980	146.73	104.81
15	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.14	20.57	80.81	3665	2204.90	140	13330	164.96	117.83

Observaciones:

- La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.
- Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193
 Dr. Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0442-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 20 % de árido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.19	20.67	81.55	3618.00	2148.30	140	13840	169.71	121.22
2	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.16	20.83	81.07	3622.00	2144.78	140	13750	169.60	121.14
3	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.22	20.63	82.09	3651.00	2156.95	140	12570	153.13	109.38
4	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.20	20.63	81.66	3623.00	2150.62	140	12280	150.38	107.41
5	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.13	20.90	80.54	3662.00	2175.45	140	13390	166.25	118.75
6	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.15	20.57	80.91	3651.00	2193.59	140	11950	147.69	105.49
7	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.19	20.63	81.61	3637.00	2160.34	140	12000	147.05	105.03
8	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.16	20.43	81.02	3665.00	2214.18	140	12970	160.08	114.35
9	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.14	20.70	80.81	3697.00	2150.40	140	13390	165.70	118.36
10	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.14	20.57	80.81	3667.00	2206.10	140	12880	159.39	113.85
11	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.24	20.77	82.41	3671.00	2144.74	140	11510	139.67	99.76
12	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.24	20.47	82.41	3638.00	2156.61	140	13360	162.12	115.80
13	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.16	20.83	81.13	3664.00	2166.22	140	13630	168.01	120.01
14	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.24	20.53	82.41	3638.00	2150.31	140	12920	156.78	111.99
15	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.25	20.57	82.46	3669.00	2163.01	140	12510	151.71	108.36

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente.
 Jefe de Laboratorio: Juan Mayhua Palomino
 FIM - UNA - PUNO



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

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0442-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamentó de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 40 % de arido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.15	20.53	80.86	3576.00	2154.13	140	12510	154.71	110.51
2	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.53	81.82	3649.00	2172.34	140	10910	133.34	95.24
3	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.57	81.82	3567.00	2119.39	140	12140	148.38	105.98
4	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.20	20.60	81.66	3641.00	2164.45	140	12710	155.65	111.18
5	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.17	20.50	81.23	3625.00	2176.82	140	12330	151.79	108.42
6	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.47	81.82	3512.00	2096.91	140	10800	132.00	94.28
7	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.17	20.63	81.29	3552.00	2118.15	140	13090	161.04	115.03
8	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.24	20.50	82.35	3688.00	2184.48	140	12380	150.32	107.37
9	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.20	20.70	81.71	3661.00	2164.41	140	11890	145.51	103.94
10	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.83	81.87	3640.00	2134.38	140	12950	158.17	112.98
11	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.22	20.43	82.03	3654.00	2126.56	140	12060	147.01	105.01
12	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.53	81.87	3651.00	2172.11	140	10660	130.20	93.00
13	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.18	20.50	81.45	3640.00	2180.11	140	11390	139.85	99.89
14	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.15	20.50	80.97	3692.00	2224.34	140	11830	146.11	104.36
15	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.57	81.82	3680.00	2127.12	140	12370	151.19	107.99

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el personal de Ingeniería de Minas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

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



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

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0442-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.

REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.

FECHA : 13/01/2015.

SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.

PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.

UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamentó de Puno.

MUESTRA : Briquetas de concreto con 60 % de árido reciclado.

TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.

RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.22	20.43	82.09	3572.00	2129.94	140	10750	130.96	93.54
2	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.18	20.43	81.45	3543.00	2129.28	140	11270	138.37	98.84
3	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.23	20.37	82.14	3497.00	2090.00	140	10880	132.46	94.61
4	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.15	20.77	80.97	3553.00	2118.71	140	10730	132.52	94.66
5	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.27	20.63	82.78	3540.00	2072.79	140	11890	143.63	102.59
6	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.22	20.83	81.98	3568.00	2089.43	140	10920	133.20	95.15
7	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.18	20.23	81.34	3472.00	2110.00	140	10960	134.74	96.25
8	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.27	20.70	82.89	3566.00	2136.53	140	11270	135.96	97.11
9	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.28	20.70	82.95	3538.00	2118.84	140	11020	132.86	94.90
10	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.27	20.63	82.84	3524.00	2120.60	140	8360	100.92	72.09
11	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.21	20.73	81.87	3532.00	2139.96	140	10990	134.23	95.88
12	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.14	20.93	80.75	3581.00	2118.70	140	11160	138.20	98.71
13	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.26	20.60	82.62	3561.00	2092.20	140	11460	138.70	99.07
14	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.26	21.13	82.62	3597.00	2060.34	140	12110	146.57	104.69
15	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	11/11/2014	09/12/2014	28	10.23	20.83	82.25	3492.00	2038.27	140	12840	156.11	111.51

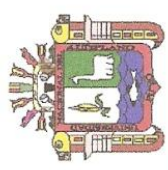
Observaciones:

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 PUNO - PERU
 Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0443-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 0 % de árido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhúa Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.20	20.77	81.71	3648.00	2149.45	175	14730	180.27	103.01
2	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.22	20.67	82.09	3668.00	2161.79	175	15410	187.73	107.27
3	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.77	81.87	3718.00	2136.41	175	14740	180.03	102.88
4	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.70	81.39	3698.00	2194.88	175	14600	179.38	102.50
5	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.23	20.80	82.25	3758.00	2156.69	175	15910	193.44	110.54
6	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.32	20.77	83.85	3732.00	2148.11	175	16680	199.41	113.95
7	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.24	20.60	82.35	3677.00	2167.39	175	15810	191.97	109.70
8	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.73	81.87	3702.00	2181.20	175	16010	195.55	111.74
9	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.19	20.57	81.61	3670.00	2186.30	175	15540	190.43	108.82
10	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.24	20.70	82.41	3741.00	2193.03	175	15680	190.27	106.73
11	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.23	20.63	82.19	3673.00	2166.11	175	15950	194.05	110.89
12	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.22	20.87	82.03	3711.00	2167.59	175	15960	194.55	111.17
13	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.15	20.47	80.91	3654.00	2206.12	175	14110	174.38	99.65
14	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.19	20.73	81.50	3685.00	2181.14	175	14600	179.14	102.37
15	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.19	20.73	81.55	3742.00	2213.43	175	15210	186.51	106.57

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

Juan Mayhúa Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0443-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 20 % de arido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTIMETRO PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.24	20.87	82.30	3641.00	2119.78	175	15400	187.12	106.92
2	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.60	81.87	3591.00	2129.15	175	17560	214.48	122.56
3	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.25	20.53	82.52	3684.00	2162.86	175	16410	198.87	113.64
4	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.77	81.34	3819.00	2142.16	175	15010	184.54	105.45
5	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.22	20.57	82.03	3623.00	2147.05	175	17140	208.94	119.39
6	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.29	20.53	83.22	3609.00	2112.50	175	16720	200.93	114.81
7	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.24	20.50	82.30	3651.00	2169.87	175	16070	195.26	111.58
8	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.24	20.73	82.35	3728.00	2183.87	175	13900	168.78	96.45
9	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.29	20.87	83.22	3686.00	2122.42	175	15670	188.31	107.60
10	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.30	20.57	83.38	3676.00	2143.36	175	16280	195.26	111.58
11	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.83	81.87	3675.00	2154.90	175	15980	195.18	111.53
12	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.23	20.53	82.19	3680.00	2180.81	175	14940	181.76	103.87
13	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.25	20.80	82.52	3698.00	2154.60	175	15410	186.75	106.72
14	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.33	20.73	83.81	3723.00	2142.91	175	14100	168.24	96.14
15	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.30	20.53	83.27	3631.00	2124.00	175	15200	182.54	104.31

Observaciones:

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 CIUDAD UNIVERSITARIA - PUNO - PERU
 Dr. Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO

INFORME N° : 0443-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 40 % de arido reciclado
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhúa Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.20	20.60	81.71	3644.00	2164.82	175	13300	162.77	93.01
2	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.25	20.73	82.57	3661.00	2158.85	175	14240	172.46	98.55
3	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.60	81.87	3656.00	2173.03	175	13420	163.91	93.66
4	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.22	20.70	82.03	3642.00	2144.76	175	15180	185.05	105.74
5	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.20	20.77	81.71	3652.00	2151.81	175	14290	174.88	99.93
6	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.19	20.63	81.45	3653.00	2177.08	175	12620	154.95	88.54
7	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.73	81.39	3676.00	2178.67	175	12680	155.54	88.88
8	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.70	81.45	3715.00	2203.53	175	12600	154.70	88.40
9	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.63	81.82	3648.00	2171.74	175	14940	182.60	104.34
10	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.23	20.60	82.14	3646.00	2154.72	175	15940	194.05	110.89
11	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.60	81.87	3670.00	2155.07	175	13420	163.91	93.66
12	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.30	20.27	83.38	3620.00	2141.95	175	15170	181.95	103.97
13	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.28	20.53	82.95	3663.00	2151.07	175	14540	175.30	100.17
14	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.63	81.87	3622.00	2144.41	175	16080	196.40	112.23
15	40 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.20	20.67	81.66	3615.00	2141.71	175	15940	195.20	111.54

Observaciones:

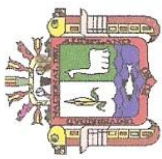
- La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
- Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA PUNO.

(Firma)
Dr. Juan Mayhúa Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO





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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0443-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 60 % de arido reciclado
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.21	20.93	81.87	3692.00	2154.52	175	13250	161.84	92.48
2	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.19	20.80	81.55	3669.00	2162.95	175	12950	158.79	90.74
3	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.23	20.80	82.25	3682.00	2152.27	175	13200	160.49	91.71
4	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.15	20.57	80.86	3609.00	2169.78	175	12250	151.50	86.57
5	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.17	20.43	81.18	3651.00	2201.39	175	13550	166.91	95.38
6	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.70	81.45	3615.00	2144.21	175	9650	120.94	69.11
7	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.60	81.34	3632.00	2167.89	175	14200	174.58	99.76
8	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.22	20.80	82.03	3624.00	2123.90	175	13100	159.69	91.25
9	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.70	81.39	3583.00	2126.63	175	13600	167.09	95.48
10	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.19	20.70	81.61	3594.00	2127.58	175	14200	174.01	99.43
11	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.18	20.70	81.45	3627.00	2151.33	175	11850	145.50	83.14
12	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.16	20.67	81.13	3599.00	2146.24	175	12250	151.00	86.29
13	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.16	20.67	81.13	3656.00	2180.24	175	12600	155.31	88.75
14	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.20	20.57	81.66	3619.00	2154.51	175	12500	153.07	87.47
15	60 % Arido reciclado	Investigación interesado	12/11/2014	10/12/2014	28	10.27	20.67	82.89	3629.00	2118.04	175	13350	161.05	92.03

Observaciones:

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 PUNO - PERU
 Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino
 JEFE DEL LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

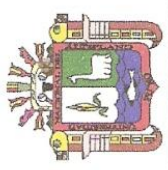
INFORME N° : 0444-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 0 % de árido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.15	20.70	80.97	3699.00	2207.02	210	17890	220.95	105.22
2	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.50	81.82	3712.00	2213.08	210	18140	221.71	105.57
3	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.18	20.47	81.45	3707.00	2223.49	210	16510	202.71	96.53
4	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.16	20.57	81.07	3695.00	2216.66	210	16710	206.11	98.15
5	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.63	81.98	3731.00	2206.06	210	17490	213.34	101.59
6	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.57	82.19	3700.00	2188.40	210	17030	207.19	98.66
7	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.25	20.63	82.52	3798.00	2231.30	210	15990	193.78	92.28
8	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.26	20.70	82.73	3713.00	2168.14	210	18910	228.57	108.84
9	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.70	82.19	3747.00	2202.28	210	16220	187.34	93.97
10	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.67	82.09	3752.00	2211.30	210	18960	230.97	109.99
11	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.43	82.03	3686.00	2198.76	210	16700	203.58	96.94
12	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.17	20.53	81.23	3675.00	2203.62	210	18790	231.31	110.15
13	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.60	81.87	3685.00	2184.89	210	16650	203.36	96.84
14	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.19	20.53	81.61	3699.00	2207.87	210	17940	219.84	104.68
15	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.43	82.09	3670.00	2188.38	210	17770	216.48	103.08

Observaciones:

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

Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO

INFORME N° : 0444-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
FECHA : 13/01/2015.
SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
MUESTRA : Briquetas de concreto con 20 % de arido reciclado.
TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.24	20.60	82.35	3677.00	2167.39	210	18900	229.49	109.28
2	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.24	20.60	82.41	3710.09	2185.42	210	17420	211.39	100.66
3	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.26	20.53	82.62	3678.00	2167.13	210	16280	197.04	93.83
4	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.18	20.57	81.45	3708.00	2213.28	210	17420	213.88	101.85
5	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.57	82.14	3676.00	2175.62	210	18760	228.39	108.76
6	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.53	82.14	3696.00	2191.72	210	17140	208.67	99.37
7	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.16	20.47	81.13	3683.00	2217.80	210	15810	194.88	92.80
8	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.47	82.14	3734.00	2220.74	210	18250	222.18	105.80
9	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.20	20.63	81.66	3647.00	2164.86	210	18550	227.16	108.17
10	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.24	20.77	82.35	3677.00	2149.65	210	17170	208.49	99.28
11	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.47	82.14	3712.00	2207.66	210	16940	205.01	97.63
12	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.26	20.50	82.68	3686.00	2174.79	210	18250	220.74	105.11
13	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.40	81.93	3675.00	2198.88	210	17750	216.66	103.17
14	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.20	20.67	81.77	3704.00	2191.58	210	17990	218.79	104.19
15	20 % Arido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.70	81.98	3697.00	2178.57	210	15090	184.07	87.65

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

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



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

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0444-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 40 % de árido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

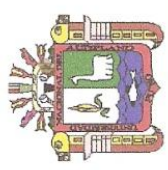
N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.20	20.50	81.77	3638.00	2170.38	210	15550	190.18	90.56
2	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.53	81.87	3623.00	2155.45	210	17300	211.30	100.62
3	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.25	20.60	82.57	3634.00	2136.47	210	16200	196.20	93.43
4	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.25	20.57	82.57	3704.00	2180.80	210	17650	213.76	101.79
5	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.43	81.93	3604.00	2153.24	210	16350	199.57	95.03
6	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.19	20.60	81.50	3657.00	2178.23	210	15450	189.57	90.27
7	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.67	81.82	3720.00	2199.81	210	17100	209.00	99.52
8	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.57	82.03	3668.00	2173.72	210	16150	196.87	93.75
9	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.18	20.83	81.34	3717.00	2193.83	210	16550	203.47	96.89
10	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.57	82.03	3604.00	2135.79	210	17250	210.28	100.13
11	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.26	20.60	82.62	3686.00	2165.64	210	17150	207.57	98.84
12	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.80	82.03	3670.00	2150.85	210	16600	202.36	96.36
13	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.70	82.19	3669.00	2156.43	210	16900	205.61	97.91
14	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.37	81.82	3668.00	2200.80	210	16850	203.50	96.90
15	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.43	81.93	3604.00	2153.24	210	15100	184.31	87.77

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin el consentimiento escrito de la FIM UNA PUNO.

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



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



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO

INFORME N° : 0444-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 60 % de arido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm ²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m ³)	REST. DISEÑO (kg/cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm ²)	% de Resistencia
1	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.28	20.57	82.95	3681.00	2157.43	210	15970	192.54	91.68
2	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.60	82.19	3666.00	2165.13	210	15490	188.46	89.74
3	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.67	81.87	3649.00	2156.21	210	15750	192.37	91.61
4	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.70	82.25	3680.00	2161.49	210	13560	164.87	78.51
5	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.17	20.53	81.29	3609.00	2162.63	210	17420	214.30	102.05
6	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.80	81.87	3680.00	2160.94	210	16020	195.67	93.18
7	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.77	82.09	3611.00	2117.95	210	16100	196.13	93.40
8	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.18	20.63	81.34	3707.00	2209.14	210	16500	202.85	96.60
9	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.21	20.57	81.82	3628.00	2155.64	210	16810	205.45	97.83
10	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.25	20.77	82.52	3674.00	2143.71	210	13980	169.42	80.68
11	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.24	20.63	82.35	3694.00	2184.83	210	13860	168.30	80.14
12	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.20	20.73	81.77	3648.00	2152.19	210	14650	179.17	85.32
13	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.87	81.98	3676.00	2148.55	210	16680	203.46	96.89
14	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.22	20.80	82.03	3676.00	2154.37	210	15720	191.63	91.25
15	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	13/11/2014	11/12/2014	28	10.23	20.63	82.25	3609.00	2126.98	210	15840	192.59	91.71

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

Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO

INFORME N° : 0445-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 0 % de arido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

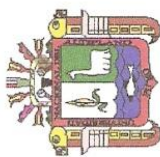
N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.21	20.67	81.82	3668.00	2168.66	245	20880	255.20	104.16
2	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.23	21.03	82.14	3713.00	2149.45	245	20310	247.26	100.92
3	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.27	20.80	82.78	3767.00	2187.68	245	19920	240.62	98.21
4	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.20	20.73	81.77	3712.00	2189.95	245	18990	232.25	94.79
5	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.20	20.83	81.71	3741.00	2197.90	245	20560	251.61	102.70
6	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.73	82.03	3748.00	2209.98	245	19460	237.22	98.82
7	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.83	82.57	3763.00	2187.89	245	16850	204.07	83.29
8	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.77	82.41	3756.00	2194.40	245	18780	227.89	93.02
9	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.63	82.30	3707.00	2183.31	245	19240	233.77	95.42
10	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.29	20.73	83.22	3798.00	2201.68	245	18100	217.51	88.78
11	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.30	20.67	83.27	3759.00	2183.98	245	21170	254.24	103.77
12	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.21	20.83	81.93	3727.00	2183.96	245	19460	237.53	96.95
13	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.14	20.77	80.75	3716.00	2215.51	245	19880	246.18	100.48
14	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.21	20.73	81.93	3755.00	2210.98	245	19960	243.63	99.44
15	0 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.21	20.67	81.82	3696.00	2185.41	245	20920	255.68	104.36

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

Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



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



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO

INFORME N° : 0445-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 20 % de árido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.27	20.67	82.78	3743.00	2187.41	245	20050	242.20	98.86
2	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.73	82.03	3735.00	2196.34	245	17720	216.01	88.17
3	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.23	20.80	82.14	3702.00	2166.78	245	20220	246.16	100.47
4	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.17	20.83	81.18	3697.00	2186.32	245	16720	205.96	84.07
5	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.27	20.83	82.89	3867.00	2135.36	245	21150	255.15	104.14
6	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.77	82.41	3701.00	2162.27	245	19100	231.77	94.60
7	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.31	20.87	83.48	3726.00	2138.52	245	20690	247.83	101.15
8	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.77	82.30	3708.00	2169.18	245	15720	191.01	77.96
9	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.21	20.83	81.87	3718.00	2180.11	245	17720	216.43	88.34
10	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.77	82.09	3698.00	2168.98	245	16990	206.98	84.48
11	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.15	20.97	80.97	3738.00	2201.58	245	20830	257.27	105.01
12	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.30	20.73	83.38	3768.00	2197.41	245	19400	232.68	94.97
13	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.80	82.46	3863.00	2147.25	245	19780	239.87	97.91
14	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.83	82.35	3726.00	2172.02	245	20780	252.32	102.99
15	20 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.83	82.52	3748.00	2180.58	245	20130	243.95	99.57

Observaciones:

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



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



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

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0445-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 40 % de árido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm ²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m ³)	RESIST. DISEÑO (kg/cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm ²)	% de Resistencia
1	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.26	20.83	82.73	3691.00	2141.84	245	17240	208.39	85.06
2	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.87	82.46	3741.09	2173.75	245	17750	215.25	87.86
3	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.27	20.90	82.78	3732.00	2156.98	245	18800	227.10	92.69
4	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.28	20.90	83.00	3726.00	2147.93	245	20440	246.27	100.52
5	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.19	20.93	81.61	3692.00	2161.57	245	20390	249.86	101.98
6	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.26	20.90	82.62	3681.00	2131.66	245	19230	232.74	95.00
7	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.93	82.41	3704.00	2147.48	245	20770	252.04	102.87
8	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.30	20.90	83.32	3764.00	2161.42	245	20010	240.15	98.02
9	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.60	81.98	3640.00	2155.39	245	20120	245.43	100.17
10	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.20	20.97	81.66	3688.00	2153.70	245	18530	226.92	92.62
11	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.83	82.52	3753.00	2183.49	245	20150	244.20	98.67
12	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.80	82.41	3706.00	2162.07	245	20550	249.37	101.78
13	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.77	82.03	3681.00	2160.42	245	18240	222.35	90.75
14	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.20	20.83	81.77	3716.00	2181.79	245	17510	214.15	87.41
15	40 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.20	21.03	81.71	3760.00	2188.06	245	19180	234.72	95.81

Observaciones:

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

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





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 3661193

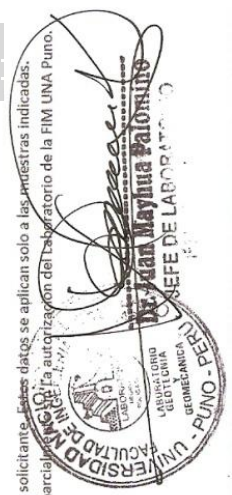
ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO

INFORME N° : 0445-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 13/01/2015.
 SOLICITADO POR : Erick Christian Ruelas Paredes.
 PROYECTO : Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con 60 % de arido reciclado.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	PESO (gr)	PESO VOL. (kg/m³)	RESI. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.77	82.52	3687.00	2151.29	245	16330	197.90	80.78
2	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.73	82.30	3642.00	2134.68	245	16520	200.73	81.93
3	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.27	20.67	82.84	3639.00	2125.25	245	21720	262.20	107.02
4	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.15	21.13	80.86	3710.00	2171.39	245	18900	233.74	95.40
5	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.23	20.77	82.19	3666.00	2147.41	245	17430	212.06	86.55
6	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.83	82.03	3705.00	2169.24	245	18800	229.17	93.54
7	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.24	20.87	82.35	3662.00	2130.82	245	19880	241.39	98.53
8	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.26	20.80	82.62	3675.00	2138.41	245	21110	255.50	104.28
9	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.23	20.80	82.25	3692.00	2158.11	245	16400	199.40	81.39
10	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.32	20.93	83.65	3684.00	2104.27	245	17670	211.25	86.22
11	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.23	20.77	82.19	3607.00	2112.85	245	16380	199.28	81.34
12	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.35	20.70	84.19	3699.00	2122.58	245	20190	239.82	97.89
13	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.22	20.83	81.98	3681.00	2155.60	245	17900	217.13	88.62
14	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.29	20.90	83.22	3649.00	2098.10	245	20350	244.55	99.82
15	60 % Árido reciclado	Investigación interesado	14/11/2014	12/12/2014	28	10.25	20.77	82.46	3654.00	2133.42	245	19570	237.32	96.87

Observaciones:

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



Anexo 4:

Tablas estadísticas



TABLA I
(Continuación).

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

TABLA I
(Continuación).

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

Anexo 5:
Análisis de costos





CONCRETO f'c 140kg/cm2, INCORPORADO CON 0% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 140kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.35	21.50	136.53
Agregado fino	m3	0.34	26.67	9.07
Agregado grueso	m3	0.38	26.67	10.13
Agregado reciclado	m3		86.56	0.00
Agua	m3	0.219	5.14	1.13
Costo de materiales				156.85
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				364.07



CONCRETO f'c 140kg/cm2, INCORPORADO CON 20% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 140kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.35	21.50	136.53
Agregado fino	m3	0.34	26.67	9.07
Agregado grueso	m3	0.3	26.67	8.00
Agregado reciclado	m3	0.08	86.56	6.92
Agua	m3	0.227	5.14	1.17
Costo de materiales				161.69
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				368.90



CONCRETO f'c 140kg/cm2, INCORPORADO CON 40% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 140kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.35	21.50	136.53
Agregado fino	m3	0.33	26.67	8.80
Agregado grueso	m3	0.23	26.67	6.13
Agregado reciclado	m3	0.16	86.56	13.85
Agua	m3	0.235	5.14	1.21
Costo de materiales				166.52
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				373.74



CONCRETO f'c 140kg/cm2, INCORPORADO CON 60% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 140kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.35	21.50	136.53
Agregado fino	m3	0.33	26.67	8.80
Agregado grueso	m3	0.15	26.67	4.00
Agregado reciclado	m3	0.24	86.56	20.77
Agua	m3	0.242	5.14	1.24
Costo de materiales				171.34
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				378.56



CONCRETO f'c 175kg/cm2, INCORPORADO CON 0% DE AGREGADO RECICLADO.

Partida : Columnas f'c 175kg/cm2 **Unidad** : m3

Especificacione : Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP

Cuadrilla : Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones

Rendimiento : 10m3/dia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.94	21.50	149.21
Agregado fino	m3	0.33	26.67	8.80
Agregado grueso	m3	0.38	26.67	10.13
Agregado reciclado	m3		86.56	0.00
Agua	m3	0.219	5.14	1.13
Costo de materiales				169.27
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL :				376.49



CONCRETO f'c 175kg/cm2, INCORPORADO CON 20% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 175kg/cm2		Unidad	: m3
Especificacione	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.94	21.50	149.21
Agregado fino	m3	0.32	26.67	8.53
Agregado grueso	m3	0.31	26.67	8.27
Agregado reciclado	m3	0.08	86.56	6.92
Agua	m3	0.226	5.14	1.16
Costo de materiales				174.10
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL :				381.32



CONCRETO f'c 175kg/cm2, INCORPORADO CON 40% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 175kg/cm2		Unidad	: m3
Especificacione	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.94	21.50	149.21
Agregado fino	m3	0.32	26.67	8.53
Agregado grueso	m3	0.23	26.67	6.13
Agregado reciclado	m3	0.16	86.56	13.85
Agua	m3	0.234	5.14	1.20
Costo de materiales				178.93
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL :				386.15



CONCRETO f'c 175kg/cm2, INCORPORADO CON 60% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 175kg/cm2		Unidad	: m3
Especificacione	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	6.94	21.50	149.21
Agregado fino	m3	0.32	26.67	8.53
Agregado grueso	m3	0.16	26.67	4.27
Agregado reciclado	m3	0.24	86.56	20.77
Agua	m3	0.242	5.14	1.24
Costo de materiales				184.03
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL :				391.25



CONCRETO f'c 210kg/cm2, INCORPORADO CON 0% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 210kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	7.79	21.50	167.49
Agregado fino	m3	0.31	26.67	8.27
Agregado grueso	m3	0.38	26.67	10.13
Agregado reciclado	m3		86.56	0.00
Agua	m3	0.218	5.14	1.12
Costo de materiales				187.01
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				394.23



CONCRETO f'c 210kg/cm2, INCORPORADO CON 20% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 210kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	7.79	21.50	167.49
Agregado fino	m3	0.31	26.67	8.27
Agregado grueso	m3	0.31	26.67	8.27
Agregado reciclado	m3	0.08	86.56	6.92
Agua	m3	0.226	5.14	1.16
Costo de materiales				192.11
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				399.33



CONCRETO f'c 210kg/cm2, INCORPORADO CON 40% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 210kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	7.79	21.50	167.49
Agregado fino	m3	0.31	26.67	8.27
Agregado grueso	m3	0.23	26.67	6.13
Agregado reciclado	m3	0.16	86.56	13.85
Agua	m3	0.234	5.14	1.20
Costo de materiales				196.94
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				404.16



CONCRETO f'c 210kg/cm2, INCORPORADO CON 60% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 210kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	7.79	21.50	167.49
Agregado fino	m3	0.3	26.67	8.00
Agregado grueso	m3	0.16	26.67	4.27
Agregado reciclado	m3	0.24	86.56	20.77
Agua	m3	0.242	5.14	1.24
Costo de materiales				201.77
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				408.99



CONCRETO f'c 245kg/cm2, INCORPORADO CON 0% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 245kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	8.54	21.50	183.61
Agregado fino	m3	0.3	26.67	8.00
Agregado grueso	m3	0.39	26.67	10.40
Agregado reciclado	m3		86.56	0.00
Agua	m3	0.218	5.14	1.12
Costo de materiales				203.13
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL :				410.35



CONCRETO f'c 245kg/cm2, INCORPORADO CON 20% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 245kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	8.54	21.50	183.61
Agregado fino	m3	0.29	26.67	7.73
Agregado grueso	m3	0.31	26.67	8.27
Agregado reciclado	m3	0.08	86.56	6.92
Agua	m3	0.225	5.14	1.16
Costo de materiales				207.69
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				414.91



CONCRETO f'c 245kg/cm2, INCORPORADO CON 40% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 245kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	8.54	21.50	183.61
Agregado fino	m3	0.29	26.67	7.73
Agregado grueso	m3	0.23	26.67	6.13
Agregado reciclado	m3	0.16	86.56	13.85
Agua	m3	0.234	5.14	1.20
Costo de materiales				212.53
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL :				419.75



CONCRETO f'c 245kg/cm2, INCORPORADO CON 60% DE AGREGADO RECICLADO.				
Partida	: Columnas f'c 245kg/cm2		Unidad	: m3
Especificaciones	: Preparado con mezcladora de 9-11p3, vibrador a gasolina de 2.0" - 4HP, winche eléctrico cap. 0.15m3/balde y 4.8 HP			
Cuadrilla	: Presp. y vaciado = 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones			
Rendimiento	: 10m3/dia			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
MATERIALES				
Cemento Portland	bls	8.54	21.50	183.61
Agregado fino	m3	0.29	26.67	7.73
Agregado grueso	m3	0.16	26.67	4.27
Agregado reciclado	m3	0.25	86.56	21.64
Agua	m3	0.242	5.14	1.24
Costo de materiales				218.50
MANO DE OBRA				
Capataz	hh	0.2	14.98	3.00
Operario	hh	1.6	13.62	21.79
Oficial	hh	1.6	12.06	19.30
Peón	hh	8.4	10.89	91.48
Operador de equipo liviano	hh	2.4	10.89	26.14
Costo de mano de obra				161.70
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
Mezcladora de 9 a 11p3	hm	0.8	16.95	13.56
Vibrador de 2.0", 4HP	hm	0.8	8.47	6.78
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.8	25.42	20.34
Herramientas 3% mano de obra	-	0.03	161.70	4.85
Costo de equipo y herramientas				45.52
COSTO TOTAL				425.71