

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**CORRELACIÓN ENTRE LA POROSIDAD Y LA
RESISTENCIA DEL CONCRETO**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR: Miguel Justiniano Díaz Vilca

Asesor : Ing. Liliana Chavarría Reyes

LIMA – PERÚ

SURCO, 2010

A mis padres Justiniano y Esther por su amor y apoyo en todo momento.

A mis hermanas Esther y Julia por su apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la Ingeniera Liliana Chavarría Reyes, por su asesoramiento y amistad durante todo el trabajo.

A la Universidad Ricardo Palma por permitirme el uso del Laboratorio de Ensayo de Materiales, en la elaboración de mi trabajo.

Finalmente quiero agradecer a todos los amigos que directa o indirectamente colaboraron en el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES	3
ÍNDICE	4
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I.....	7
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	7
1.0 Introducción.	7
1.1 Cemento Pórtland Tipo I.....	7
1.1.1 Definición.....	7
1.2 Agregado fino: (NTP 400.037)	11
1.2.1 Peso Unitario: (NTP 400.017).....	11
1.2.2 Peso específico y absorción: (NTP 400.022)	15
1.2.3 Contenido de humedad: (ASTM C-566).....	19
1.2.4 Análisis granulométrico o granulometría: (NTP 400.012)	20
1.2.5 Módulo de fineza: (NTP 400.011)	28
1.2.6 Superficie específica:	29
1.2.7 Material que pasa el tamiz N° 200: (NTP 400.018).....	33
1.3 Agregado grueso: (NTP 400.037)	34
1.3.1 Peso unitario: (NTP 400.017)	35
1.3.2 Peso específico y absorción: (NTP 400.021)	39
1.3.3 Contenido de humedad: (ASTM C-566).....	43
1.3.4 Análisis granulométrico o granulometría: (NTP 400.012)	44
1.3.5 Módulo de fineza: (NTP 400.011)	53
1.3.6 Superficie específica:	54
1.3.7 Material que pasa el tamiz N° 200: (NTP 400.018).....	58
1.4 Agua	59
CAPÍTULO II	62
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	62
2.1 Diseño de mezclas con Cemento Sol Tipo I para 3 relaciones agua cemento: 0,45; 0,52 y 0,59.....	62

2.1.1	Relación agua cemento 0,45	66
2.1.2	Relacion agua cemento 0,52	68
2.1.3	Relación agua cemento 0,59	70
CAPÍTULO III.....		73
ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO		73
3.2.	Rendimiento (NTP 339.046).....	75
3.3.	Contenido de aire (N.T.P. 339.046).....	78
3.4.	Asentamiento (NTP 339.035)	80
CAPÍTULO IV.....		82
ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO		82
4.1	Determinación de la resistencia a la compresión :.....	82
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DEL CEMENTO		
PÓRTLAND TIPO I (SOL).....		83
4.2	Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral :....	102
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DEL CEMENTO		
PÓRTLAND TIPO I (SOL).....		103
4.3	Determinación de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos :.....	119
RESULTADOS DE LA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE		
VACÍOS.....		121
CAPÍTULO V.....		141
ANÁLISIS DE RESULTADOS		141
5.1	Desviación estándar y coeficiente de variación.	141
Desviación estándar (S):		141
Coeficiente de variación (V):		142
5.2	Correlación entre porcentaje de vacíos y resistencia	145
5.2.1	Fundamento teórico.....	145
CAPÍTULO VI.....		151
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		151
BIBLIOGRAFÍA		153
FOTOS		154

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis de Correlación entre porcentaje de vacíos y resistencia del concreto, se quiere demostrar que existe una relación entre la resistencia a la compresión y tracción con el logaritmo de la porosidad para diferentes relaciones a/c y diferentes días de curado.

La tesis está dividida en seis capítulos, tratando que las subdivisiones sean lo más didácticas posibles.

En el capítulo I se presenta los materiales con los que se ha trabajado, así como también se han obtenido las propiedades que me sirvieron para la realización de un correcto diseño de mezcla.

En el capítulo II se expone el procedimiento del diseño de mezcla, usando el método del ACI.

En el capítulo III se expone los ensayos realizados acerca del concreto en estado fresco para el control de calidad del mismo.

En el capítulo IV se muestra los resultados obtenidos al someter a las probetas a la prueba de compresión y tracción, así mismo los resultados obtenidos al someter a las probetas al método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.

En el capítulo V se muestra el análisis de los resultados.

En el capítulo VI se presentan las conclusiones.

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1.0 Introducción.

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad.

1.1 Cemento Pórtland Tipo I

1.1.1 Definición

El cemento es una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Se obtiene a partir de la fusión parcial y combinación en proporciones convenientes de materias primas que sean ricas de cal, sílice y alúmina. Estos materiales se encuentran en su estado natural bajo la forma de calizas y arcillas que se explotan de canteras.

El Cemento Pórtland Tipo I (Sol) cumple con los requisitos de la norma ASTM C-150. Los requisitos químicos y físicos para los Cementos Pórtland Tipo I se indican en las tablas N° 1 y N° 2. Las características químicas y físicas del cemento portland Tipo I (Sol) se indican en las tablas N° 3 y N° 4

Tabla N°1

Requisitos químicos para el Cemento Pórtland Tipo I

Composición química	Tipo I
Dióxido de Silicio, (SiO ₂), %, mín.	-
Óxido de Aluminio, (Al ₂ O ₃), %, máx.	-
Óxido Férrico, (Fe ₂ O ₃), %, máx.	-
Óxido de Magnesio, (MgO), %, máx.	6,0
Trióxido de Azufre, (SO ₃) %, máx.	
Cuando (C ₃ A) ≤ 8%	3,0
Cuando (C ₃ A) > 8%	3,5
Pérdida por Ignición, %, máx	3,0
Residuo Insoluble, %, máx.	0,75
Silicato Tricálcico, (C ₃ S), %, máx.	-
Silicato Dicálcico, (C ₂ S), %, mín.	-
Aluminato Tricálcico (C ₃ A), %, máx.	-
Alumino-ferrito tetracálcico, más dos veces el	-
Aluminato Tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)) o solución sólida,	
(C ₄ AF+C ₂ F), % máx.	

Tabla N° 2

Requisitos físicos para el Cemento Pórtland Tipo I

Características	Tipo I
Contenido de aire del mortero, % volumen,	
máx.	12
mín.	-
Finura, Superficie Específica, (m ² /kg) (Métodos alternativos)	
Ensayo de Turbidímetro, mín.	160

Ensayo de Permeabilidad, mín.	280
Expansión en Autoclave, %, máx.	0,8
Resistencia, no menores que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación, Resistencia a la compresión, MPa	
1 día	-
3 días	12,0
7 días	19,0
28 días	-
Tiempo de fraguado(Métodos alternativos)	
Ensayo de Gillmore(minutos)	
Fraguado Inicial: No menor que, mín.	60
Fraguado Final: No mayor que, mín.	600
Ensayo de Vicat (minutos)	
Tiempo de Fraguado: No menor que, mín.	45
Tiempo de Fraguado: No mayor que, mín.	375

Tabla N° 3

Características químicas del Cemento Pórtland Tipo I (Sol)

Análisis químico	Valores
Dióxido de sílice (SiO ₂) %	19,04
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃) %	6,27
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃) %	3,39
Óxido de Calcio (CaO) %	62,17
Óxido de Magnesio (MgO) %	3,25
Trióxido de Azufre (SO ₃) %	2,62
Óxido de Potasio (K ₂ O) %	0,88
Óxido de Sodio (Na ₂ O) %	0,20
Otros (%)	0,68
Pérdida por Ignición (P.I.) %	1,65

Total	100,15
Insolubles (%)	0,67
Álcalis totales (%)	0,78
Cal libre (CaO (l)) (%)	0,32
CO ₂ (%)	0,91
Fases mineralógicas(según Bogue)	
C ₃ S	49,23
C ₂ S	17,45
C ₃ A	10,88
C ₄ AF	10,32

Tabla N° 4

Características físicas del Cemento Pórtland Tipo I (Sol)

Ensayos físicos	Valores
Retenido malla 100 (%)	0,16
malla 200 (%)	0,88
malla 325 (%)	6,60
Superficie específica Blaine (m ² /kg)	325
Contenido de aire (%)	5,98
Expansión autoclave (%)	0,11
Densidad (g/cm ³)	3,13
Fraguado Vicat Inicial (min)	130
Fraguado Vicat Final (min)	293
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
24 hrs	155
3 días	259
7 días	319
28 días	389

1.2 Agregado fino: (NTP 400.037)

Se denomina agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8” y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

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

1.2.1 Peso Unitario: (NTP 400.017)

Es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m³.

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, granulometría y tamaño máximo asimismo depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación, la forma de colocación, etc.

- **Equipo y Accesorios**

- Balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Recipiente cilíndrico de metal y 1/10 ps³ de capacidad.
- Barra compactadora de acero, lisa de 5/8” de diámetro y aproximadamente 60 cm de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Pala, badilejo y regla.

- **Calibración del recipiente:**

- El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C. Para cualquier unidad el factor “f” se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7 °C (1000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente.

$$f = 1000 / W_a$$

donde:

f = Factor de calibración del recipiente (1/ m³)

W_a = Peso del agua en el recipiente (kg)

- **Preparación de la muestra:**

La muestra se mezcla completamente y se seca a temperatura ambiente. El peso unitario puede expresarse en dos condiciones:

- **Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente.

$$PUS = f * W_s$$

donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

W_s = Peso de la muestra suelta (kg)

- **Procedimiento:**

- El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión.
- El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.



Peso unitario suelto

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (kg)	9,327	9,372	9,272
Peso del recipiente (kg)	4,054	4,054	4,054
Peso de la muestra suelta (kg)	5,273	5,318	5,218
Peso del recipiente + agua (kg)	7,289	7,289	7,289
Peso del agua en el recipiente (kg)	3,235	3,235	3,235
Factor de calibración del recipiente (1/m³)	309,12	309,12	309,12
Peso unitario suelto (kg/m³)	1 630	1 644	1 613

Muestra	Valor(kg/m ³)
1	1 630
2	1 644
3	1 613
Promedio	1 629

$$\text{PUS} = 1\ 629\ \text{kg/m}^3$$

- **Peso Unitario Compactado:**

Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado.

$$\text{PUC} = f * Wc$$

donde:

PUC = Peso unitario compactado (kg/m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

Wc = Peso de la muestra compactada (kg)

- **Procedimiento:**

- Se llena la tercera parte del recipiente y se nivela la superficie con la mano.
- Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie
- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora.
- El agregado sobrante se elimina usando la barra compactadora como regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Peso unitario compactado	

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente (kg)	9,746	9,762	9,772
Peso del recipiente (kg)	4,054	4,054	4,054
Peso de la muestra compactada (kg)	5,692	5,708	5,718
Factor de calibración del recipiente (1/m³)	309,12	309,12	309,12
Peso unitario compactado (kg/m³)	1 760	1 764	1 768

Muestra	Valor (kg/m ³)
1	1 760
2	1 764
3	1 768
Promedio	1 764

PUC = 1 764 kg / m³

1.2.2 Peso específico y absorción: (NTP 400.022)

- **Peso específico:** Puesto que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros será necesario definir con mucho cuidado el significado del término peso específico, existen varios tipos de peso específico.
- **Peso específico de masa seca:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

Peso específico de masa = $A / (V-W)$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

Peso específico de masa saturado superficialmente seco = $500 / (V - W)$
--

donde:

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

- **Peso específico aparente:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

- **Porcentaje de absorción:**

Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturado superficialmente seco en relación al peso de la muestra seca y es expresado en porcentaje.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{(500 - A) * 100}{A}$$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

- **Equipo y accesorios:**

- Balanza con sensibilidad de 0,1 g o menos y con capacidad de 1 kg o más.

- Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,10 cm³ a 20 °C .
- Molde cónico, metálico, de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- Barra compactadora, de metal de 340 g ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.
- Termómetro, con aproximación a 0,5 °C .

- **Preparación de la muestra:**

- Se coloca aproximadamente 1000 g de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado.
- Se seca la muestra a 110 °C + 5 °C hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0,1 %.
- Se cubre la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 h.
- Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- Se coloca el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra compactadora y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.

- **Procedimiento:**

- Se introduce en el frasco una muestra de 500 g del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ a una temperatura de 23 °C ± 2 °C .

- Luego se hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después de lo cual se coloca en un baño a temperatura constante, de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³, y se determina el peso total del agua introducida en el frasco, con aproximación de 0,1 g.
- Se saca el agregado fino del frasco, se seca hasta peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1½ h y se pesa.

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	Peso específico y absorción		
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la fiola (g)	152,8	158,65	150,45
Peso de la arena superficialmente seca + peso de la fiola (g)	652,8	658,65	650,45
Peso de la arena superficialmente seca + peso de la fiola + peso del agua (g)	963,3	971,5	960,45
Peso del agua (g)	310,5	312,85	310
Peso de la arena seca (g)	492,9	493,4	492,6
Volumen de la fiola (cm ³)	500	500	500
Peso específico de masa	2,60	2,64	2,60
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2,64	2,67	2,63
Peso específico aparente	2,70	2,73	2,69
Porcentaje de absorción (%)	1,44	1,34	1,30

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
	RESULTADOS			
Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso específico de masa	2,60	2,64	2,60	2,61
Peso específico de masa s. s. seco	2,64	2,67	2,63	2,65
Peso específico aparente	2,70	2,73	2,69	2,71
Porcentaje de absorción (%)	1,44	1,34	1,30	1,36

1.2.3 Contenido de humedad: (ASTM C-566)

Es la cantidad de agua total que tiene el agregado en relación al peso de la muestra seca expresado en porcentaje.

La norma ASTM C-566 prescribe un método para la determinación del contenido de humedad del agregado. Aunque este método no es altamente exacto, el error comprendido es más pequeño que el error de muestreo.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas

$$h = \frac{A - B}{B} \cdot 100$$

donde: h = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)



Contenido de humedad

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra húmeda (g)	500	500	500
Peso de la muestra seca (g)	493	492,3	492,5
Contenido de agua (g)	7	7,7	7,5
Contenido de humedad (%)	1,42	1,56	1,52

Muestra	Valor (%)
1	1,42
2	1,56
3	1,52
Promedio	1,50

$$h = 1,50 \%$$

1.2.4 Análisis granulométrico o granulometría: (NTP 400.012)

Ese nombre se le da a la sencilla operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo.

Los factores principales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

La granulometría del agregado es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. La trabajabilidad, a su vez, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

Entonces la granulometría es de vital importancia en el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

Requisitos granulométricos para agregado fino según ASTM C-33

Tamiz Standard	Límites Totales que pasa	%
3/8"	100	
Nº 4	95-100	
Nº 8	80-100	
Nº 16	50-85	
Nº 30	25-60	
Nº 50	10 -30	
Nº 100	2-10	



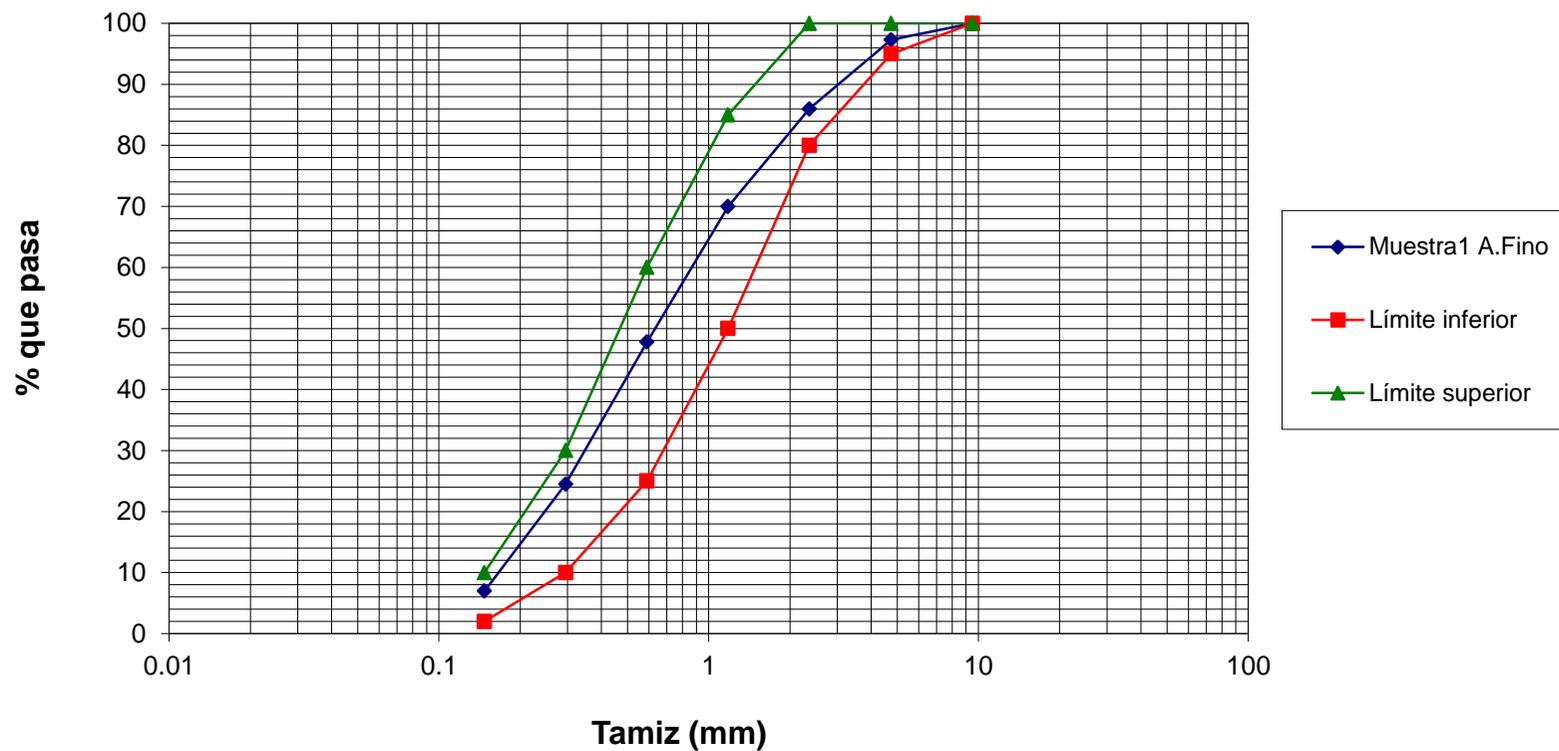
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis granulométrico Muestra N° 1

Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
3/8"	0,00	0	0	100	100
N° 4	13,47	3	3	97	95-100
N° 8	56,77	11	14	86	80-100
N° 16	79,98	16	30	70	50-85
N° 30	110,88	22	52	48	25-60
N° 50	116,36	23	75	25	10-30
N° 100	87,72	18	93	7	2-10
Fondo	34,82	7	100	0	
Total	500,00	100			



Gráfico de graduación





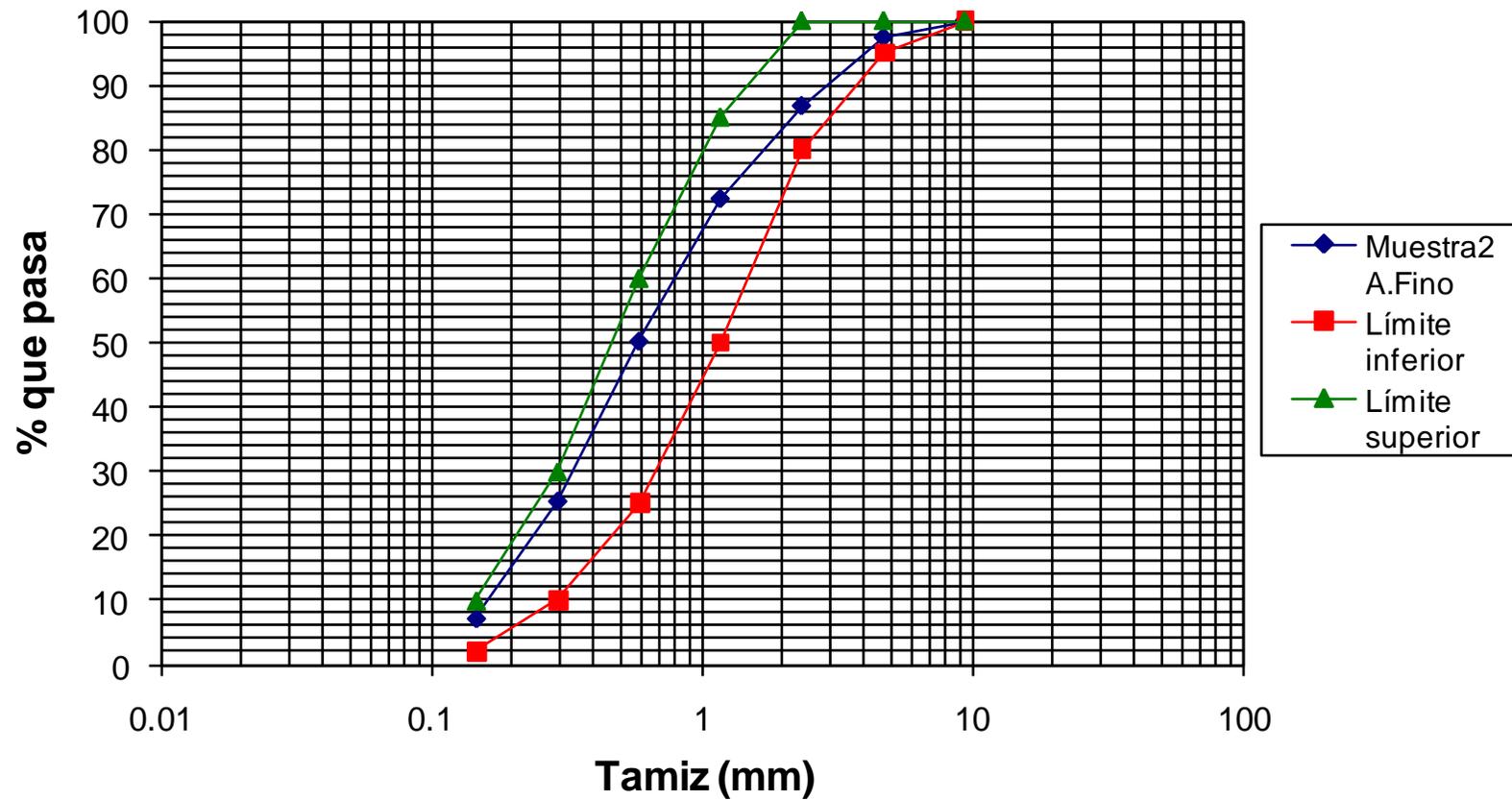
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis granulométrico Muestra N° 2

Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
3/8"	0,00	0	0	0	100
N° 4	13,20	3	3	97	95-100
N° 8	53,10	11	13	87	80-100
N° 16	72,00	14	28	72	50-85
N° 30	110,70	22	50	50	25-60
N° 50	124,00	25	75	25	10-30
N° 100	91,00	18	93	7	2-10
Fondo	36,00	7	100	0	
Total	500,00	100			



Gráfico de graduación





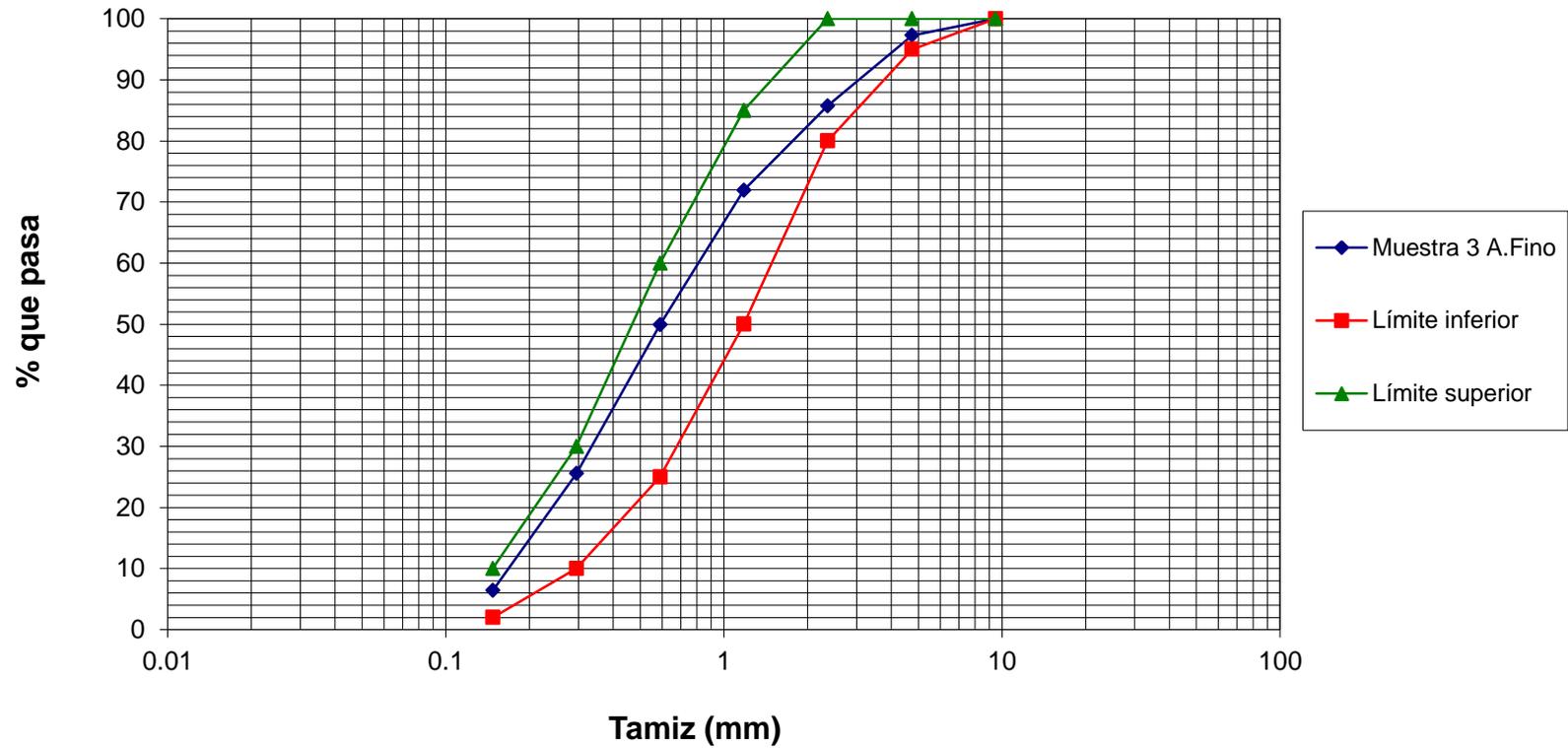
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis granulométrico Muestra N° 3

Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
3/8"	0,00	0	0	100	100
N° 4	13,64	3	3	97	95-100
N° 8	57,69	12	14	86	80-100
N° 16	68,95	14	28	72	50-85
N° 30	110,17	22	50	50	25-60
N° 50	121,74	24	74	26	10-30
N° 100	95,73	19	94	6	2-10
Fondo	32,08	6	100	0	
Total	500,00	100			



Gráfico de graduación



1.2.5 Módulo de fineza: (NTP 400.011)

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100.

Se puede considerar al módulo de fineza como promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material, siendo los tamices contados a partir del más fino. Popovics demostró que el módulo de fineza era un promedio logarítmico de la distribución de tamaños de partículas. Sin embargo, un parámetro, el promedio, no puede ser representativo de la distribución.

La norma ASTM C33 requiere que el agregado fino tenga un módulo de fineza entre 2,30 y 3,10

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		Módulo de fineza				
Descripción	M1		M2		M3	
Tamiz	%retenido	%ret.ac.	%retenido	%ret.ac.	%retenid	%ret.ac.
3/8"	0	0	0	0	0	0
N° 4	3	3	3	3	3	3
N° 8	11	14	11	13	12	14
N° 16	16	30	14	28	14	28
N° 30	22	52	22	50	22	50
N° 50	23	75	25	75	24	74
N° 100	18	93	18	93	19	94
Total		268		261		263
Mód. fineza	2,68		2,61		2,63	
Promedio	2,64					

$$\text{Módulo de fineza} = 2,64$$

1.2.6 Superficie específica:

Es la relación entre la superficie de las partículas y su volumen o cuando las partículas tienen un peso específico constante, a su masa.

Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica. Asimismo el diámetro de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro es igual al promedio de las dos aberturas.

Conceptualmente, al ser mas finas las partículas se incrementa la superficie específica y el agregado necesita más pasta para recubrir el área superficial total sucediendo al contrario si es más grueso.

$$Se = \frac{0,06}{P} \sum_{i=1}^n \frac{Pi}{di}$$

donde:

Se = Superficie específica (cm² / g)

Pi = Porcentaje retenido en el tamiz i

di = Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i (cm)

P = Peso específico del agregado



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Superficie específica Muestra 1

Tamiz	Abertura(mm)	di (cm)	Pi(%)	Pi/di
3/8"	9,500 0	1,100 0	0,00	0,00
Nº 4	4,750 0	0,712 5	2,69	3,78
Nº 8	2,360 0	0,355 5	11,35	31,93
Nº 16	1,180 0	0,177 0	16,00	90,40
Nº 30	0,590 0	0,088 5	22,18	250,62
Nº 50	0,295 0	0,044 2	23,27	526,47
Nº100	0,147 5	0,022 1	17,54	793,67
Fondo	0,073 7	0,011 1	6,97	627,93
Total				2 324,80

$$Se = \frac{0,06}{2,61} \times 2\,324,80 = 53,44 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

$Se = 53,44 \text{ cm}^2 / \text{g}$



Superficie específica Muestra 2

Tamiz	Abertura(mm)	d_i(cm)	P_i(%)	P_i/d_i
3/8"	9,500 0	1,100 0	0,00	0,00
Nº 4	4,750 0	0,712 5	2,64	3,71
Nº 8	2,360 0	0,355 5	10,62	29,87
Nº 16	1,180 0	0,177 0	14,40	81,36
Nº 30	0,590 0	0,088 5	22,14	250,17
Nº 50	0,295 0	0,044 2	24,80	561,09
Nº100	0,147 5	0,022 1	18,20	823,53
Fondo	0,073 7	0,011 1	7,20	648,65
Total				2 398,38

$$Se = \frac{0,06}{2,61} \times 2\,398,38 = 55,14 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

$Se = 55,14 \text{ cm}^2 / \text{g}$



Superficie específica Muestra 3

Tamiz	Abertura(mm)	d_i(cm)	P_i(%)	P_i/d_i
3/8"	9,500 0	1,100 0	0,00	0,00
Nº 4	4,750 0	0,712 5	2,73	3,83
Nº 8	2,360 0	0,355 5	11,54	32,46
Nº 16	1,180 0	0,177 0	13,79	77,91
Nº 30	0,590 0	0,088 5	22,03	248,93
Nº 50	0,295 0	0,044 2	24,35	550,90
Nº100	0,147 5	0,022 1	19,15	866,52
Fondo	0,073 7	0,011 1	6,41	577,48
Total				2 358,03

$$Se = \frac{0,06}{2,61} \times 2\,358,03 = 54,21 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$Se = 54,21 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

Muestra	Valor(cm²/g)
1	53,44
2	55,14
3	54,21
Promedio	54,26

$$Se = 54,26 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

1.2.7 Material que pasa el tamiz N° 200: (NTP 400.018)

Puede estar presente en el agregado en forma de recubrimiento superficial que interfiere en la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, afectando la resistencia y la durabilidad del concreto. Por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 0 al 5 %.

La norma ASTM C117 determina tamizar el material húmedo en un tamiz N° 200. En el tamizado en húmedo el agregado se coloca en agua y se agita vigorosamente para que los finos se desprendan y queden en suspensión. Mediante la decantación y el tamizado se puede eliminar todo el material cuyo tamaño sea menor que el del tamiz de muestreo N° 200.

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100$$

donde: A = % que pasa el tamiz N° 200

P1 = Peso de la muestra (g)

P2 = Peso de la muestra lavada y secada (g)



Resultados: Material que pasa el tamiz N° 200

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra (g)	500	500	500
Peso de la muestra lavada y secada (g)	476,4	477,7	478,5
Material que pasa el tamiz N° 200 (g)	23,6	22,3	21,5
% que pasa el tamiz N° 200 (%)	4,72	4,46	4,30

Muestra	Valor (%)
1	4,72
2	4,46
3	4,30
Promedio	4,49

% que pasa el tamiz N° 200 = 4,49%

1.3 Agregado grueso: (NTP 400.037)

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado grueso puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso debe estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deben ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

1.3.1 Peso unitario: (NTP 400.017)

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m³.

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado tales como su forma, su granulometría, tamaño máximo, etc. Depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación, forma de colocación, etc.

- Equipo y accesorios:
 - Balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra que se va a ensayar.
 - Barra compactadora, recta, de acero, lisa de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
 - Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
 - Pala, badilejo y regla

Recipiente:

Tamaño máximo del agregado		Capacidad	
pulg	mm	pie ³	dm ³
½	12,5	1/10	3
1	25,4	1/3	10
1 ½	38,1	½	15
2	50,8	1	30

- **Calibración del recipiente:**

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C . Para cualquier unidad el factor “f” se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7 °C (1000 kg / m³) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente.

$$f = 1000 / W_a$$

donde:

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

W_a = Peso del agua en el recipiente (kg)

- **Preparación de la muestra:**

La muestra se mezcla completamente y se seca a temperatura ambiente.

El peso unitario se puede clasificar de dos maneras:

- **Peso unitario suelto:**

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente.

$$PUS = f * W_s$$

donde: PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

W_s = Peso de la muestra suelta (kg)

- **Procedimiento:**

- Se llena el recipiente con una pala hasta rebosar, descargando desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión.
- El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.

- Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	Peso Unitario Suelto		
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (kg)	29,200	29,300	29,250
Peso del recipiente (kg)	11,400	11,400	11,400
Peso de la muestra suelta (kg)	17,800	17,900	17,850
Peso del agua en el recipiente (kg)	12,400	12,400	12,400
Factor de calibración del recipiente (1/m³)	80,65	80,65	80,65
Peso unitario suelto (kg/m³)	1 436	1 444	1 440

$$\text{PUS} = 1\,440 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Muestra	Valor(kg/m³)
1	1 436
2	1 444
3	1 440
Promedio	1 440

- **Peso unitario compactado:**

Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado.

$$\text{PUC} = f * W_c$$

donde: PUC = Peso unitario compactado (kg/m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

W_c = Peso de la muestra compactada (kg)

- **Procedimiento:**

- Se llena el recipiente hasta la tercera parte y se nivela la superficie con la mano.
- Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y nuevamente se compacta con 25 golpes como antes.
- Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora.
- Se elimina el agregado sobrante usando la barra compactadora.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.



Peso Unitario Compactado

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente (kg)	30,900	30,800	30,750
Peso de la muestra compactada (kg)	19,500	19,400	19,350
Factor de calibración del recipiente (1/m³)	80,65	80,65	80,65
Peso unitario compactado (kg/m³)	1 573	1 565	1 561

Muestra	Valor(kg/m ³)
1	1 573
2	1 565
3	1 561
Promedio	1 566

$$\text{PUC} = 1\,566 \text{ kg} / \text{m}^3$$

1.3.2 Peso específico y absorción: (NTP 400.021)

- **Peso específico:** Debido a que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros es necesario definir con sumo cuidado el significado del término peso específico, pues en realidad existen varios tipos de peso específico.
- **Peso específico de masa seca:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$\text{Peso específico de masa} = A / (B - C)$$

donde : A = Peso de la muestra seca (g)

 B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

 C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco} = B / (B - C)$$

donde: B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

 C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

- **Peso específico aparente:** Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

$$\text{Peso específico aparente} = A / (A - C)$$

donde: A = Peso de la muestra seca (g)

 C = Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)

- **Porcentaje de absorción:** Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturada con superficie seca en relación al peso de la muestra seca y se expresa en porcentaje.

Es importante pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \left(\frac{B - A}{*} \right) 100$$

donde: B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

A = Peso de la muestra seca (g)

- **Equipo y accesorios:**

- Balanza con una capacidad de 5 kg o más, con sensibilidad de 0,5 g o menos.
- Cesta de malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N° 6 (3 mm) o menor o un recipiente de aproximadamente igual diámetro y altura con capacidad de 4000 cm³ a 7000 cm³.
- Envase adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C
- Termómetro, con aproximación de 0,5 °C.

- **Preparación de la muestra:**

Se selecciona por el método del cuarteo, aproximadamente 5 kg del agregado que se desea ensayar, rechazando todo el material que pase el tamiz N° 4 (4,76 mm).

- **Procedimiento:**

- Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas se sumerge en agua por un periodo de 24 h ± 4 h.
- Se saca la muestra del agua y se hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturado con la superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g .

- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Se seca la muestra a peso constante, a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h y se pesa.

 <div style="text-align: right;"> UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES </div>			
Peso específico y absorción			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	5 000	5 000	5 000
Peso dentro del agua de la muestra saturada + canastilla (g)	3786,6	3792,15	3787,7
Peso de la canastilla dentro del agua (g)	621,6	621,5	621,6
Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)	3165	3170,65	3166,1
Peso de la muestra seca (g)	4958	4963	4958
Peso específico de masa	2,70	2,71	2,70
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2,72	2,73	2,73
Peso específico aparente	2,77	2,77	2,77
Porcentaje de absorción (%)	0,85	0,75	0,85



Peso específico y absorción

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso específico de masa	2,70	2,71	2,70	2,70
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2,72	2,73	2,73	2,73
Peso específico aparente	2,77	2,77	2,77	2,77
Porcentaje de absorción (%)	0,85	0,75	0,85	0,82

1.3.3 Contenido de humedad: (ASTM C-566)

Es la cantidad de agua total que tiene el agregado en relación al peso de la muestra seca y se expresa en porcentaje.

La norma ASTM C-566 prescribe un método para determinar el contenido de humedad del agregado. Este método no es altamente exacto pero el error comprendido es más pequeño que el error de muestreo.

Es importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, por lo que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para hacer las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas y se cumplan las hipótesis asumidas.

El agregado grueso retiene mucho menos agua que el agregado fino, tiene un contenido de humedad mucho menos variable y, generalmente causa menos dificultades.

$$h = \left(\frac{A - B}{B} \right) * 100$$

donde: h = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Contenido de Humedad				
Descripción	M1	M2	M3	
Peso de la muestra húmeda (g)	2 500	2 500	2 500	
Peso de la muestra seca (g)	2 494	2 492,5	2 494,5	
Contenido de agua (g)	6	7,5	5,5	
Contenido de humedad (%)	0,24	0,30	0,22	

Muestra	Valor (%)
1	0,24
2	0,30
3	0,22
Promedio	0,25

$$h = 0,25 \%$$

1.3.4 Análisis granulométrico o granulometría: (NTP 400.012)

Se denomina así a la sencilla operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica

cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo.

Los factores fundamentales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

La granulometría del agregado es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. A su vez, la trabajabilidad, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

Tamaño máximo: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal: (NTP 400.037)

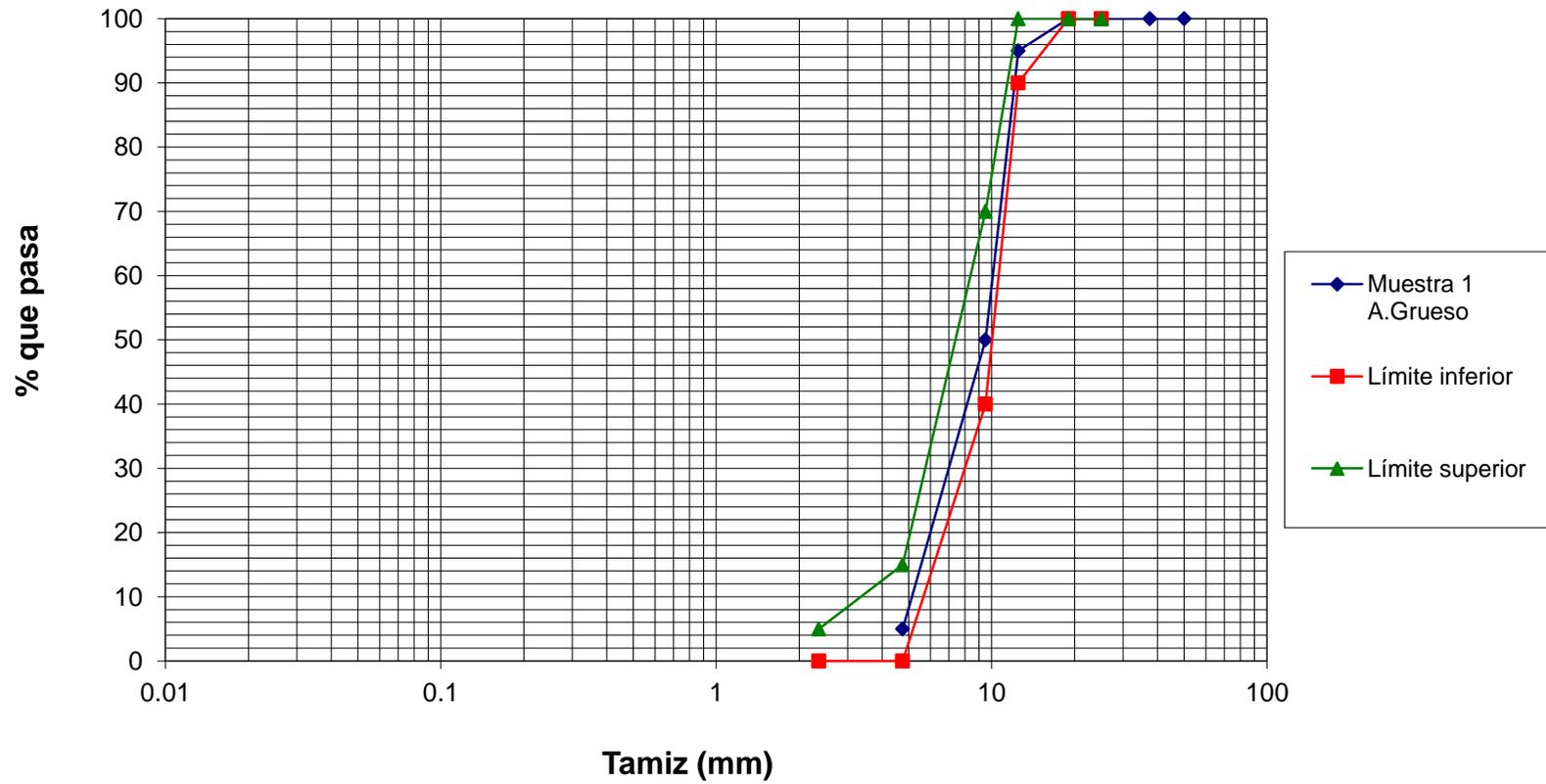
Correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Análisis granulométrico Muestra N° 1					
Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
2"	0,00	0	0	100	
1 ½"	0,00	0	0	100	
1"	0,00	0	0	100	
¾"	0,00	0	0	100	100

½”	250,00	5	5	95	90-100
3/8”	2250,00	45	50	50	40-70
N°4	2250,00	45	95	5	0-15
Fondo	250,00	5	100	0	0-5
Total	5000,00	100			



Gráfico de graduación





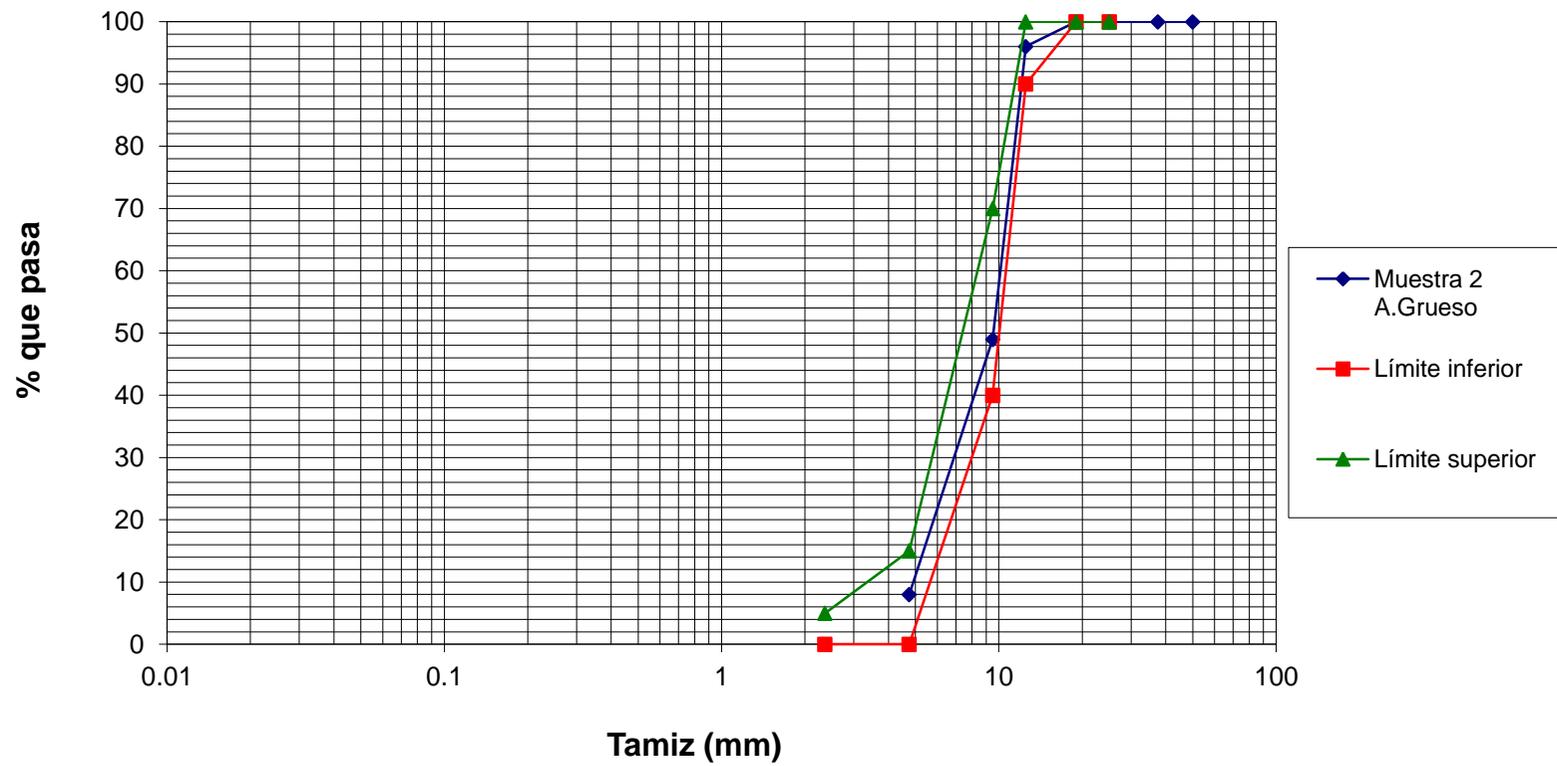
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Análisis granulométrico Muestra N° 2

Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
2"	0,00	0	0	100	
1 ½"	0,00	0	0	100	
1"	0,00	0	0	100	
¾"	0,00	0	0	100	100
½"	200,00	4	4	96	90-100
3/8"	2350,00	47	51	49	40-70
N° 4	2050,00	41	92	8	0-15
Fondo	400,00	8	100	0	0-5
Total	5000,00	100			



Gráfico de graduación





Análisis granulométrico Muestra N° 3

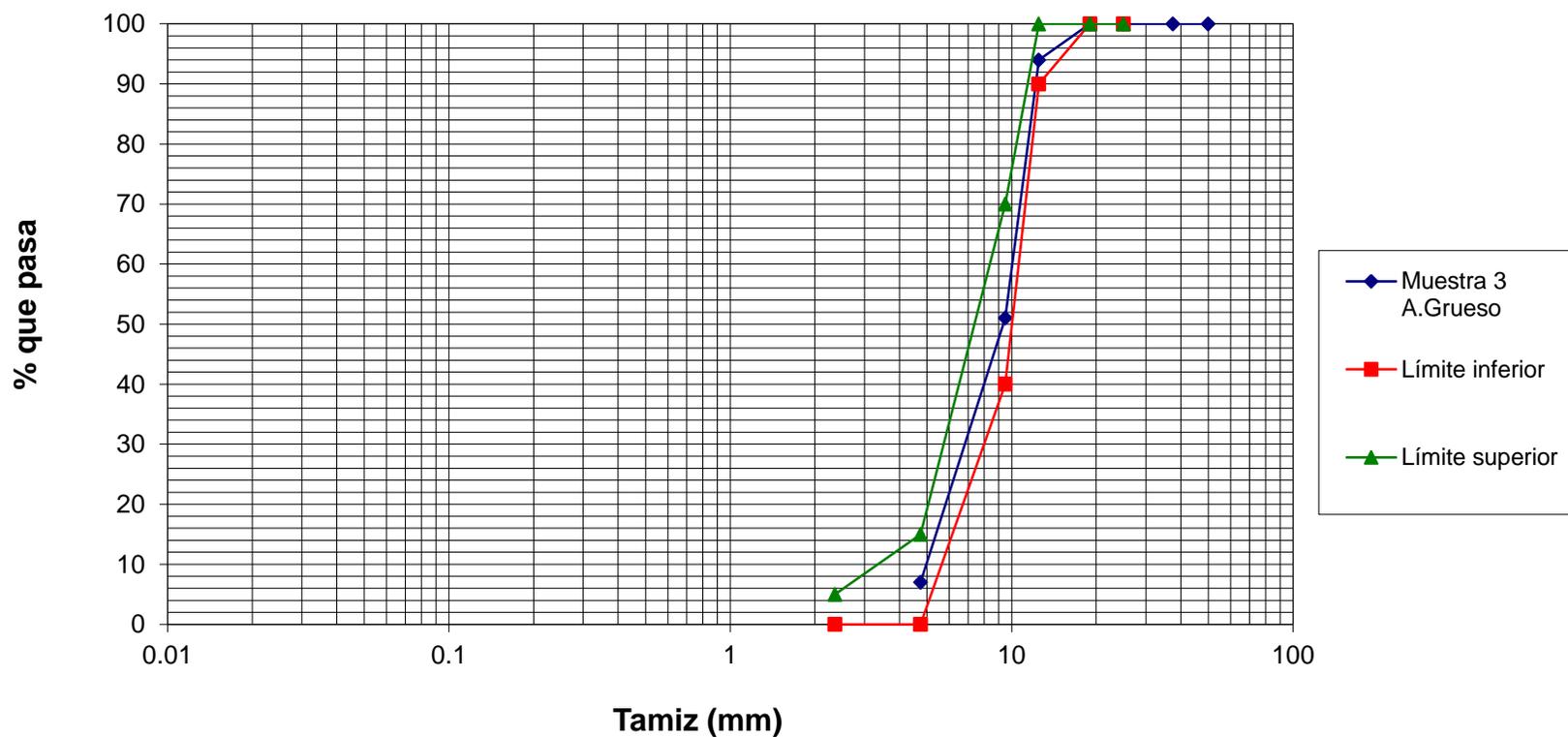
Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones
2"	0,00	0	0	100	
1 1/2"	0,00	0	0	100	
1"	0,00	0	0	100	
3/4"	0,00	0	0	100	100
1/2"	300,00	6	6	94	90-100
3/8"	2150,00	43	49	51	40-70
N° 4	2200,00	44	93	7	0-15
Fondo	350,00	7	100	0	0-5
Total	5000,00	100			

Tamaño máximo = 3/4"

Tamaño máximo nominal = 1/2"



Gráfico de graduación





Requisitos granulométricos ASTM C-33 para agregado grueso en % que pasa por los tamices standard

Tamiz	Número de identificación de granulometría ASTM C-33												
	1	2	3	357	4	457	5	56	57	6	67	7	8
	3 ½"-1 ½"	2 ½"-1 ½"	2"-1"	2"-Nº4	1 ½"- ¾"	1 ½"-Nº4	1"-1/2"	1"-3/8"	1"-Nº4	¾"- 3/8"	¾"-Nº4	½"-Nº4	3/8"-Nº8
4"	100												
3 ½"	90-100												
3"	---	100											
2 ½"	25-60	90-100	100	100									
2"	---	35-70	90-100	95-100	100	100							
1 ½"	0-15	0-15	35-70	---	90-100	95-100	100	100	100				
1"	---	---	0-15	35-70	20-55	---	90-100	90-100	95-100	100	100		
¾"	0-5	0-5	---	---	0-15	35-70	20-55	40-85	---	90-100	90-100	100	
½"			0-5	10-30	---	---	0-10	10-40	25-60	20-55	---	90-100	100
3/8"				---	0-5	10-30	0-5	0-15	---	0-15	20-55	40-70	85-100
Nº 4				0-5		0-5		0-5	0-10	0-5	0-10	0-15	10-30
Nº 8									0-5		0-5	0-5	0-10
Nº16													0-5

1.3.5 Módulo de fineza: (NTP 400.011)

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100. Puede considerarse al módulo de fineza como promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material, siendo los tamices contados a partir del más fino.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		Módulo de fineza				
Descripción	M1		M2		M3	
Tamiz	%retenido	%ret.ac.	%retenido	%ret.ac.	%retenido	%ret.ac.
1 1/2"	0	0	0	0	0	0
1"	0	0	0	0	0	0
3/4"	0	0	0	0	0	0
1/2"	5	5	4	4	6	6
3/8"	45	50	47	51	43	49
N° 4	45	95	41	92	44	93
N° 8	0	100	0	100	0	100
N° 16	0	100	0	100	0	100
N° 30	0	100	0	100	0	100
N° 50	0	100	0	100	0	100
N° 100	0	100	0	100	0	100
Total		645		643		642
Mód.fineza	6,45		6,43		6,42	
Promedio	6,43					

Módulo de fineza = 6,43

1.3.6 Superficie específica:

Se llama superficie específica a la relación entre la superficie de las partículas y su volumen o cuando las partículas tienen un peso específico constante, a su masa.

Para fines de cálculo y simplificación se asume generalmente que todas las partículas son de forma esférica. Además el diámetro de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidos en otro es igual al promedio de las dos aberturas.

Cuanto más grande es la partícula de agregado tanto menor es el área superficial para ser humedecida por masa unitaria. Así al extender la granulometría del agregado a un tamaño máximo mayor se disminuye la cantidad de agua de la mezcla.

$$Se = \frac{0,06}{P} \sum_{i=1}^n \frac{Pi}{di}$$

donde:

Se = Superficie específica (cm²/ g)

Pi = Porcentaje retenido en el tamiz i

di = Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i (cm)

P = Peso específico del agregado



Superficie específica Muestra 1

Tamiz	Abertura(mm)	di(cm)	Pi(%)	Pi/di
3/4"	19,000 0	2,200 0	0,00	0,00
1/2"	12,500 0	1,575 0	31,74	20,15
3/8"	9,500 0	1,100 0	31,80	28,91
Nº4	4,750 0	0,712 5	35,90	50,39
Fondo	2,360 0	0,355 5	0,56	1,58
Total				101,03

$$Se = \frac{0,06}{2,70} \times 101,03 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$Se = 2,25 \text{ cm}^2 / \text{g}$



Superficie específica Muestra 2

Tamiz	Abertura(mm)	di(cm)	Pi(%)	Pi/di
3/4"	19,000 0	2,200 0	0,00	0,00
1/2"	12,500 0	1,575 0	27,75	17,62
3/8"	9,500 0	1,100 0	26,12	23,75
N°4	4,750 0	0,712 5	44,31	62,19
Fondo	2,360 0	0,355 5	1,82	5,12
Total				108,68

$$Se = \frac{0,06}{2,70} \times 108,68 = 2,42 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$Se = 2,42 \text{ cm}^2 / \text{g}$



Superficie específica Muestra 3

Tamiz	Abertura(mm)	di(cm)	Pi(%)	Pi/di
3/4"	19,000 0	2,200 0	0,00	0,00
1/2"	12,500 0	1,575 0	29,61	18,80
3/8"	9,500 0	1,100 0	27,85	25,32
Nº4	4,750 0	0,712 5	41,21	57,84
Fondo	2,360 0	0,355 5	1,33	3,74
Total				105,70

$$Se = \frac{0,06}{2,70} \times 105,70 = 2,35 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$Se = 2,35 \text{ cm}^2 / \text{g}$



Superficie Específica	
Muestra	Valor(cm ² /g)
1	2,25
2	2,42
3	2,35
Promedio	2,34

$$Se = 2,34 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

1.3.7 Material que pasa el tamiz N° 200: (NTP 400.018)

Puede estar presente en el agregado en forma de recubrimiento superficial que interfiere en la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, afectando la resistencia y la durabilidad del concreto. Por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se le limita a 1 %.

La norma ASTM C117 prescribe tamizar el material húmedo en un tamiz N° 200. En el tamizado en húmedo el agregado se coloca en agua y se agita de modo vigoroso para que los finos se desprendan y queden en suspensión. Por medio de la decantación y el tamizado se puede eliminar todo el material cuyo tamaño sea menor que el del tamiz de muestreo N° 200.

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} \cdot 100$$

donde: A = % que pasa el tamiz N° 200

P1 = Peso de la muestra (g)

P2 = Peso de la muestra lavada y secada (g)

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Material que pasa el tamiz N° 200				
Descripción	M1	M2	M3	
Peso de la muestra (g)	2 500	2 500	2 500	
Peso de la muestra lavada y secada (g)	2 481,5	2 486,5	2 484,5	
Material que pasa el tamiz N° 200 (g)	18,5	13,5	15,5	
% que pasa el tamiz N° 200 (%)	0,74	0,54	0,62	

Muestra	Valor (%)
1	0,74
2	0,54
3	0,62
Promedio	0,63

% que pasa el tamiz N° 200 = 0,63 %

1.4 Agua

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para

llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

El agua de mezcla en el concreto tiene como funciones principales: reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 p.p.m. ocasiona reducción de resistencias hasta del orden del 30% con relación a concretos con agua pura.

Los carbonatos y bicarbonatos de Sodio y Potasio pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales disueltas tiene concentraciones sobre 1000 p.p.m., por lo que es recomendable en estos casos hacer pruebas de tiempo de fraguado. Hay evidencias que en estas condiciones pueden incrementarse las reacciones álcali-sílice en los agregados.

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO_3)	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ión SO_4)	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ión Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Los carbonatos de Calcio y Magnesio no son muy solubles en el agua y en concentraciones hasta de 400 p.p.m. no tienen efectos perceptibles en el concreto.

El Sulfato de Magnesio y el Cloruro de Magnesio en contenidos hasta de 25000 p.p.m. no han ocasionado efectos negativos en investigaciones llevadas a cabo en USA, pero sales de Zinc, Cobre y Plomo como las que pueden tener las aguas contaminadas con relaves mineros, en cantidades superiores a 500 p.p.m. tienen efectos muy negativos tanto en el fraguado como en las resistencias.

La materia orgánica por encima de las 1000 p.p.m. reduce resistencia e incorpora aire.

Límites permisibles para agua de mezcla y de curado según la norma NTP 339.088

CAPÍTULO II

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

Utilizando el método del ACI se elaboraron 3 diseños de concreto a base de 3 relaciones agua-cemento (0,45; 0,52 y 0,59) con un tipo de cemento (Sol).

El objetivo es lograr una buena masa homogénea que cumpla con las características propias de dichas relaciones, para poder realizar luego los respectivos análisis comparativos.

2.1 Diseño de mezclas con Cemento Sol Tipo I para 3 relaciones agua cemento: 0,45; 0,52 y 0,59.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
Características físicas de los agregados			
Descripción	Agregado fino	Agregado grueso	
Peso específico de masa(kg/m ³)	2 610	2 700	
Peso unitario compactado(kg/m ³)	1 764	1 566	
Contenido de humedad (%)	1,50	0,25	
Porcentaje de absorción (%)	1,36	0,82	
Módulo de fineza	2,64	6,43	
Tamaño máximo nominal	-	½ pulgada	

TABLAS PARA DISEÑO DE MEZCLAS. MÉTODO ACI.

Tabla N°1

Requisitos de agua de mezclado en concretos con agregado grueso de perfil angular

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES							
Diseño de Mezclas								
ASENTAMIENTO (pulgadas)	AGUA, en l/m³, para el tamaño máximo nominal del agregado grueso y asentamientos indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1 a 2	205	200	185	180	160	155	145	125
3 a 4	225	215	200	195	175	170	160	140
6 a 7	240	230	210	205	185	180	170	-
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1 a 2	180	175	165	160	145	140	135	120
3 a 4	200	190	180	175	160	155	150	135
6 a 7	215	205	190	185	170	165	160	-

Tabla N°2

Aire atrapado en concretos normales

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
Aire atrapado en concretos normales		
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado (%)	
3/8"	3,0	
1/2"	2,5	
3/4"	2,0	
1"	1,5	
1 ½"	1,0	
2"	0,5	
3"	0,3	
6"	0,2	

Tabla N° 3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto				
Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/b_0), para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

2.1.1 Relación agua cemento 0,45

Secuencia de diseño, según el método del ACI:

1. Determinación del asentamiento

Escojo un asentamiento de 3 a 4 pulgadas en la prueba de slump o cono de Abrams.

2. Cálculo del volumen unitario de agua

Luego que he escogido el asentamiento conjuntamente con el tamaño máximo nominal del agregado grueso, calculo el volumen unitario de agua en la tabla N°1.

Para un tamaño máximo nominal de ½” corresponde:

$$\text{Volumen unitario de agua} = 215 \text{ L/m}^3$$

3. Cálculo del aire atrapado

Recurro a la tabla N° 2. Como se observa, para un tamaño máximo nominal de ½” del agregado grueso resulta:

$$2,5 \%$$

4. Cálculo del factor cemento

Es la relación de bolsa de cemento por metro cúbico.

Tengo rel a/c=0,45

Entonces:

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{0,45}$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{215}{0,45} = 477,78 \text{ kg/m}^3 = 11,24 \text{ bolsas/m}^3$$

$$\text{Factor cemento} = 477,78 \text{ kg/m}^3$$

5. Cálculo del peso del agregado grueso seco

Primero calculo el volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/b_0).

El valor de b/b_0 se obtendrá de la tabla N°3, y es el volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen, en donde apreciamos también los diferentes módulos de fineza del agregado fino.

El agregado grueso seco compactado se encuentra de esta manera tal como lo determina la norma ASTM C-29.

Los valores del coeficiente b/b_0 de esta tabla, permite obtener concretos con trabajabilidad adecuada.

Entonces tenemos que, el volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/b_0) para un módulo de fineza de 2,64 y un tamaño máximo nominal del agregado igual a 1/2" nos resulta 0,566 m³/m³.

El peso del agregado grueso seco es igual a (b/b_0) por el peso unitario compactado del agregado grueso seco esto es:

$\text{Peso del agregado grueso seco} = 0,566 \times 1566 \text{ kg/m}^3 = 886,36 \text{ kg}$

6. Cálculo del peso del agregado fino seco

El peso del agregado fino seco es igual al peso específico de masa del agregado fino (2,610) por el volumen absoluto del agregado fino:

$$\text{Vol.abs.a. fino} = 1 - \left[\frac{477,78}{3\ 130} + \frac{215}{1\ 000} + \frac{886,36}{2\ 700} + \frac{2,5}{100} \right]$$

Luego:

Volumen absoluto del agregado fino = 0,279 1m³

$\text{Peso del agregado fino seco} = 0,279\ 1 \times 2\ 610 = 728,45\text{kg}$

7. Cantidad de materiales por metro cúbico en obra:

Cemento = 477,78 kg (Factor cemento)

Agregado fino = peso del agregado fino seco por contenido de humedad

$$= 728,45 \times 1,015 = 739,38 \text{ kg}$$

Agregado grueso = peso del agregado grueso seco por contenido de humedad

$$= 886,36 \times 1,0025 = 888,58 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 215 - \frac{1,50 - 1,36}{100} 728,45 - \frac{0,25 - 0,82}{100} 886,36$$

$$= 219,03 \text{ litros}$$

8. Proporción en peso en obra

$1: 1,55: 1,86 / 0,46$

2.1.2 Relación agua cemento 0,52

En el desarrollo del presente capítulo se diseñó el concreto de acuerdo a la relación agua cemento 0,52 con cemento Sol de manera similar a la relación anterior.

A continuación la secuencia de diseño con el método del ACI:

1. Determinación del asentamiento

Se escoge un asentamiento de 3" a 4".

2. Cálculo del volumen unitario de agua

Luego que hemos escogido el asentamiento conjuntamente con el tamaño máximo nominal del agregado grueso calculamos el volumen unitario de agua en la tabla N° 1. Para un tamaño máximo nominal de ½" corresponde:

$\text{Volumen unitario de agua} = 215 \text{ l/m}^3$

3. Cálculo del aire atrapado

Recurro a la tabla N°2. Como se observa, para un tamaño máximo nominal de ½" del agregado grueso resulta:

2,5%

4. Cálculo del factor cemento

Es la relación de bolsa de cemento por metro cúbico.

Agua/cemento= 0,52 entonces:

Factor cemento = 413,46 kg/m³=9,73 bolsas/m³

Factor cemento=413,46 kg/m³

5. Cálculo del peso del agregado grueso seco

Primero calculo el volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/b₀) mediante la tabla N° 3. Entonces tenemos que de la misma manera que el diseño anterior tenemos un valor b/b₀=0,566 m³/m³.

El peso del agregado grueso seco es igual a: (b/b₀) por el peso unitario compactado del agregado grueso seco es decir:

Peso del agregado grueso seco = 0,566 x 1 566 kg/m³ = 886,36 kg

6. Cálculo del peso del agregado fino seco

El peso del agregado fino seco es igual al peso específico de masa del agregado fino (2610) por volumen absoluto del agregado fino:

$$\text{Vol. abs. a. fino} = 1 - \left(\frac{413,46}{3\ 130} + \frac{215}{1\ 000} + \frac{886,36}{2\ 700} + \frac{2,5}{100} \right) = 0,299\ 6\ \text{m}^3$$

Luego:

Volumen absoluto del agregado fino = 0,299 6 m³

Peso del agregado fino seco = 0,299 6 x 2 610 = 781,96 kg

7. Cantidad de materiales por metro cúbico en obra

Cemento = 413,46 kg (Factor cemento)

Agregado fino = Peso del agregado fino seco por contenido de humedad

$$= 781,96 \times 1,015 = 793,69 \text{ kg}$$

Agregado grueso = Peso del agregado grueso seco por contenido de humedad

$$= 886,36 \times 1,0025 = 888,58 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 215 - \left(\frac{1,50 - 1,36}{100} \right) \cdot 781,96 - \left(\frac{0,25 - 0,82}{100} \right) \cdot 886,36$$

$$= 218,96 \text{ litros}$$

8. Proporción en peso en obra

1: 1, 92: 2,15 / 0,53

2.1.3 Relación agua cemento 0,59

Secuencia de diseño:

1. Determinación del asentamiento

Escojo un asentamiento de 3" a 4"

2. Cálculo del volumen unitario de agua

Luego que hemos escogido el asentamiento conjuntamente con el tamaño máximo nominal del agregado grueso, calculamos el volumen unitario de agua en la tabla N°1. Para un tamaño máximo nominal de ½" corresponde:

Volumen unitario de agua = 215 L/m ³

3. Cálculo del aire atrapado

Recurro a la tabla N° 2. Como se observa, para un tamaño máximo nominal de ½" del agregado grueso resulta:

2.5%

4. Cálculo del factor cemento

Agua/cemento = 0,59

Entonces:

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{0,59}$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{215}{0,59} = 364,41 \text{ kg/m}^3 = 8,57 \text{ bolsas/m}^3$$

Factor cemento = 364,41 kg/m ³

5. Cálculo del peso del agregado grueso seco

Primero calculo el volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/b₀) mediante la tabla N°3.

De la misma manera tenemos un valor:

$$b / b_0 = 0,566 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

El peso del agregado grueso seco es igual a: (b/b₀) por el peso unitario compactado del agregado grueso seco.

Peso del agregado grueso seco = 0,566 x 1 566 kg/m ³ = 886,36 kg

6. Cálculo del peso del agregado fino seco

El peso del agregado fino seco es igual al peso específico de masa del agregado fino (2610) por el volumen absoluto del agregado fino.

$$\text{Vol.abs.a.fino} = 1 - \left(\frac{364,41}{3\ 130} + \frac{215}{1\ 000} + \frac{886,36}{2\ 700} + \frac{2,5}{100} \right)$$

Luego:

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 0,315 \text{ m}^3$$

Peso del agregado fino seco = 0,315 m ³ x 2610 = 822,93 kg

7. Cantidad de materiales por metro cúbico en obra

Cemento=364,41kg (Factor cemento)

Agregado fino=peso del agregado fino seco por contenido de humedad

$$= 822,93 \times 1,015 = 835,27 \text{ kg}$$

Agregado grueso = peso del agregado grueso seco por contenido de humedad

$$= 886,36 \times 1,0025 = 888,58 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 215 - \frac{1,50-1,36}{100} \cdot 822,93 - \frac{0,25-0,82}{100} \cdot 886,36$$

$$= 218,90 \text{ litros}$$

8. Proporción en peso en obra

$1 : 2,29 : 2,44 / 0,60$

CAPÍTULO III

ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

En los ensayos del concreto fresco analizaremos sus características en estado plástico.

3.1. Peso unitario (NTP 339.046)

El peso unitario es el peso del concreto por metro cúbico para cada relación agua cemento: 0,45; 0,52 y 0,59.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$PU = f \times W_c$$

donde:

f = factor de calibración del recipiente (1/m³)

W_a = Peso del agua en kg

PU = Peso unitario del concreto (kg/m³)

W_c = Peso del concreto fresco (kg)



Peso Unitario

Peso Unitario

Para $a/c=0,45$

Descripción	M1	M2	M3
Peso recipiente +concreto (kg)	41,00	40,90	40,80
Peso recipiente (kg)	11,40	11,40	11,40
Peso concreto (kg)	29,60	29,50	29,40
Peso del agua en el recipiente (kg)	12,40	12,40	12,40
Factor de calibración del recipiente (1/m3)	80,65	80,65	80,65
Peso Unitario (kg/m3)	2 387	2 379	2 371
Promedio	2 379		

Para $a/c=0,52$

Peso Unitario = 2 379 Kg/m³

Descripción	M1	M2	M3
Peso recipiente+concreto (kg)	40,80	41,10	40,95
Peso recipiente (kg)	11,40	11,40	11,40
Peso concreto (kg)	29,40	29,70	29,55
Peso del agua en el recipiente (kg)	12,40	12,40	12,40
Factor de calibración del recipiente (1/m3)	80,65	80,65	80,65
Peso Unitario (kg/m3)	2 371	2 395	2 383
Promedio	2 383		

Para $a/c=0,59$

Descripción	M1	M2	M3
Peso recipiente+concreto (kg)	40,77	40,70	40,61
Peso recipiente (kg)	11,40	11,40	11,40
Peso concreto (kg)	29,27	29,30	29,21
Peso del agua en el recipiente (kg)	12,40	12,40	12,40
Factor de calibración del recipiente (1/m3)	80,65	80,65	80,65
Peso Unitario (kg/m3)	2 361	2 363	2 365
Promedio	2 363		

$$\text{Peso Unitario} = 2\,363 \text{ Kg/m}^3$$

3.2. Rendimiento (NTP 339.046)

El objetivo es obtener el rendimiento del concreto por bolsa de cemento, se expresa en metros cúbicos.

$$Y = \frac{Vh}{N}$$

donde:

Y = Rendimiento (m³)

Vh = Volumen de concreto (m³)

N = Número de bolsas de cemento (Kg)

$$Vh = \frac{N \times Pc + Pa.f. + Pa.g. + Pa}{Pu}$$

donde:

Pc = Peso de la bolsa de cemento (Kg)

Pa.f. = Peso del agregado fino (Kg)

Pa.g. = Peso del agregado grueso (Kg)

Pa = Peso del agua (Kg)

PU = Peso unitario del concreto (Kg/m³)



Para $a/c=0,45$

Descripción	M1
Nº bolsas de cemento	11,50
Peso bolsa cemento (kg)	42,50
Peso del agregado fino (kg)	730,80
Peso del agregado grueso (kg)	888,58
Peso del agua (kg)	221,14
Peso Unitario (kg/m ³)	2 379
Volumen de concreto (m ³)	0,979 1
Rendimiento (m ³ /bolsa)	0,085 1

Rendimiento=0.085 1 m³/bolsa



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Para a/c=0,52

Descripción	M2
N° bolsas de cemento	9,73
Peso bolsa cemento (kg)	42,50
Peso del agregado fino (kg)	784,30
Peso del agregado grueso (kg)	888,58
Peso del agua (kg)	215,87
Peso Unitario (kg/m ³)	2 383
Volumen de concreto (m ³)	0,966 1
Rendimiento (m ³ /bolsa)	0,099 3

Rendimiento = 0,099 3 m³/bolsa



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Para a/c=0,59

Descripción	M3
Nº bolsas de cemento	8,87
Peso bolsa de cemento (kg)	42,50
Peso agregado fino (kg)	824,76
Peso agregado grueso (kg)	888,58
Peso del agua (kg)	223,67
Peso Unitario (kg/m ³)	2 336
Volumen de concreto (m ³)	0,990 6
Rendimiento (m ³ /bolsa)	0,111 7

Rendimiento = 0,111 7 m³/bolsa

3.3. Contenido de aire (N.T.P. 339.046)

Este ensayo determina gravimétricamente el contenido de aire en el concreto fresco y se expresa en porcentaje.

Se usó la máquina:

Tecnotest – Modena – Italy

Luftporengehalt

DIN 1048

ASTM C231

BS 1881, Inhalt 8C



Contenido de aire

Para $a/c=0,45$

Descripción	Contenido de aire (%)
Muestra 1	1,41
Muestra 2	1,43
Muestra 3	1,37
Promedio (%)	1,40

Contenido de aire = 1,40%

Para $a/c=0,52$

Descripción	Contenido de aire (%)
Muestra1	1,61
Muestra2	1,58
Muestra 3	1,62
Promedio (%)	1,60

Contenido de aire = 1,60%

Para $a/c=0,59$

Descripción	Contenido de aire (%)
Muestra1	1,83
Muestra2	1,76
Muestra3	1,82
Promedio (%)	1,80

Contenido de aire = 1,80%

3.4. Asentamiento (NTP 339.035)

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad. El slump es sólo una manera de detectar cambios en la uniformidad de las mezclas en relación a la cantidad de agua y/o granulometría.



Asentamiento

Para $a/c=0,45$

Descripción	Resultado
Asentamiento 1 (cm)	8,90
Asentamiento2 (cm)	8,00
Asentamiento 3 (cm)	8,50
Promedio (cm)	8,47

Asentamiento = 8,47 cm

Para $a/c=0,52$

Descripción	Resultado
Asentamiento 1 (cm)	8,00
Asentamiento2 (cm)	8,50
Asentamiento3 (cm)	8,00
Promedio (cm)	8,17

Asentamiento = 8,17 cm

Para $a/c=0,59$

Descripción	Resultado
Asentamiento1 (cm)	7,00
Asentamiento2 (cm)	9,00
Asentamiento3 (cm)	9,00
Promedio (cm)	8,33

Asentamiento = 8,33 cm

CAPÍTULO IV

ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

El concreto endurecido es el producto final luego de la hidratación del cemento al cabo de un número determinado de días.

Para evaluar la resistencia del concreto se moldearon probetas no estandarizadas de 4x8 pulgadas, con el fin de evaluar su resistencia a la compresión y tracción.

Asimismo, se determinó la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.

4.1 Determinación de la resistencia a la compresión :

a las edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días. (N.T.P. 339.034)

Para la determinación de la resistencia a la compresión se han utilizado moldes de 4"x8".

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)

	 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
Especímen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f' cr(kg/cm ²)
1	10.35	10.31	10.38	10.35	230	279
2	10.89	10.90	11.01	10.93	255	277
3	10.28	10.25	10.25	10.26	227	280
4	10.31	10.35	10.28	10.31	230	281
5	10.31	10.35	10.35	10.34	230	279
6	10.38	10.44	10.44	10.42	255	305
7	10.22	10.28	10.35	10.28	250	307
8	10.31	10.31	10.35	10.32	220	268
Promedio						284

varianza	191.28
desv.est.	13.83
coef.var.	4.86

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,45$. 7 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f'_{cr} (kg/cm ²)
1	10.35	10.38	10.35	10.36	320	387
2	10.28	10.25	10.31	10.28	310	381
3	10.35	10.38	10.38	10.37	320	386
4	10.85	10.89	10.92	10.89	320	350
5	10.35	10.41	10.38	10.38	295	355
6	10.35	10.31	10.35	10.34	325	395
7	10.31	10.35	10.35	10.34	315	383
8	10.25	10.28	10.31	10.28	285	350
Promedio						373

varianza	334.90
desv.est.	18.30
coef.var.	4.90

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,45$. 14 DÍAS.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
1	10.25	10.28	10.25	10.26	345	425
2	10.31	10.38	10.38	10.36	320	387
3	10.25	10.28	10.28	10.27	335	412
4	10.41	10.44	10.47	10.44	345	411
5	10.31	10.31	10.35	10.32	350	426
6	10.35	10.38	10.38	10.37	330	398
7	10.31	10.35	10.35	10.34	340	413
8	10.44	10.44	10.35	10.41	350	419
Promedio						411

varianza	176.68
desv.est.	13.29
coef.var.	3.23

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,45$. 28 DÍAS.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
1	10.38	10.38	10.38	10.38	355	428
2	10.38	10.41	10.41	10.40	350	420
3	10.28	10.35	10.35	10.33	345	420
4	10.35	10.31	10.35	10.34	360	437
5	10.31	10.38	10.35	10.35	350	424
6	10.25	10.25	10.28	10.26	340	419
7	10.25	10.22	10.25	10.24	345	427
8	10.28	10.25	10.25	10.26	335	413
Promedio						423

varianza	53.42
desv.est.	7.31
coef.var.	1.73

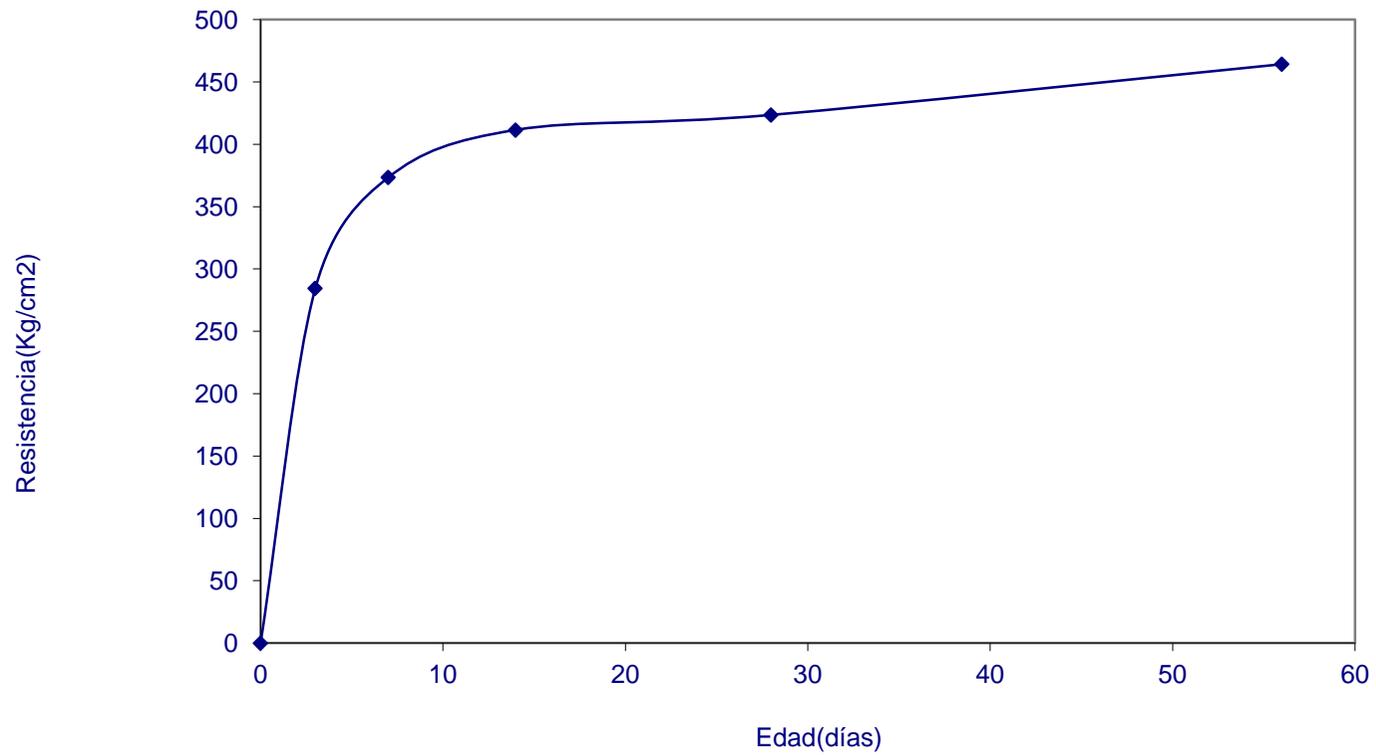
**ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
 CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
 RELACIÓN $a/c = 0,45$. 56 DÍAS.**

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)
1	10.38	10.35	10.28	10.34	350	425
2	10.35	10.38	10.38	10.37	380	459
3	10.38	10.38	10.41	10.39	415	499
4	10.73	10.73	10.76	10.74	405	456
5	10.25	10.25	10.28	10.26	375	462
6	10.85	10.82	10.85	10.84	427	472
7	10.25	10.25	10.25	10.25	375	463
8	10.31	10.28	10.28	10.29	390	478
Promedio						464

varianza	440.95
desv.est.	21.00
coef.var.	4.52



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL) RELACIÓN $a/c=0,45$



ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN a/c=0,52 3 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f'cr(kg/cm ²)
1	10.31	10.35	10.38	10.35	225	272
2	10.31	10.28	10.35	10.31	215	262
3	10.25	10.28	10.35	10.29	215	263
4	10.35	10.31	10.31	10.32	210	256
5	10.31	10.31	10.35	10.32	245	298
6	10.35	10.31	10.41	10.36	220	266
7	10.31	10.35	10.41	10.36	220	266
8	10.25	10.31	10.31	10.29	213	261
Promedio						268

varianza	171.81
desv.est.	13.11
coef.var.	4.89

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,52$. 7 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f' cr(kg/cm ²)
1	10.28	10.25	10.31	10.28	275	338
2	10.31	10.25	10.35	10.30	300	367
3	10.31	10.35	10.31	10.32	275	335
4	10.38	10.35	10.41	10.38	285	343
5	10.35	10.41	10.41	10.39	285	343
6	10.35	10.38	10.38	10.37	295	356
7	10.35	10.38	10.41	10.38	270	325
8	10.76	10.76	10.76	10.76	330	370
Promedio						347

varianza	248.11
desv.est.	15.75
coef.var.	4.54

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,52$. 14 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f'_{cr} (kg/cm ²)
1	10.31	10.31	10.35	10.32	305	371
2	10.35	10.38	10.44	10.39	310	373
3	10.31	10.35	10.35	10.34	307	373
4	10.28	10.35	10.31	10.31	285	348
5	10.31	10.35	10.35	10.34	305	370
6	10.28	10.31	10.31	10.30	310	379
7	10.25	10.22	10.22	10.23	320	397
8	10.60	10.66	10.66	10.64	325	373
Promedio						373

varianza	179.17
desv.est.	13.39
coef.var.	3.59

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,52$. 28 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f' cr(kg/cm ²)
1	10.31	10.35	10.35	10.34	325	395
2	10.35	10.41	10.44	10.40	325	390
3	10.38	10.35	10.35	10.36	315	381
4	10.25	10.31	10.31	10.29	325	398
5	10.31	10.35	10.35	10.34	330	401
6	10.28	10.31	10.31	10.30	320	391
7	10.38	10.38	10.41	10.39	330	397
8	10.35	10.35	10.35	10.35	315	382
Promedio						392

varianza	54.79
desv.est.	7.40
coef.var.	1.89

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,52$. 56 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

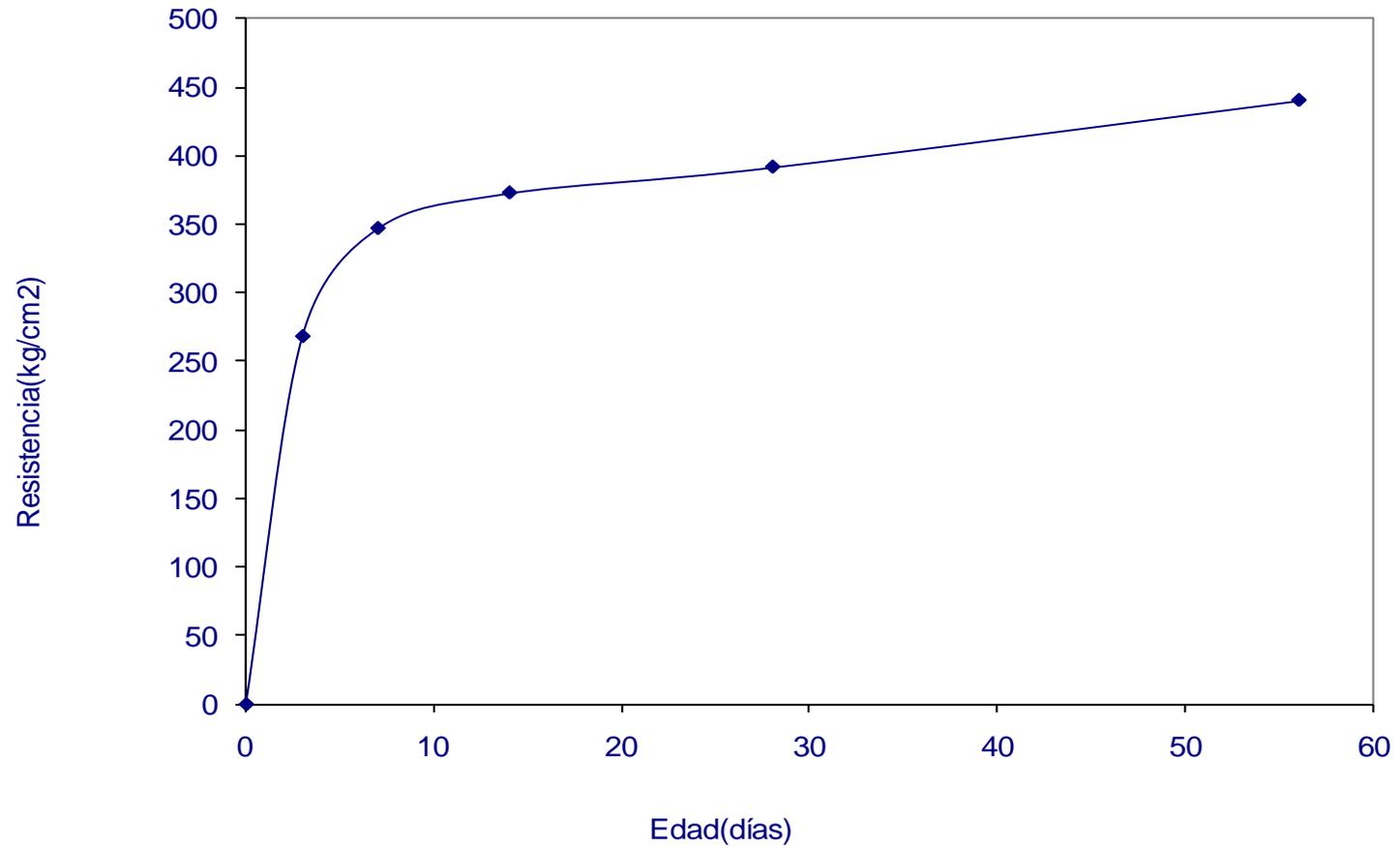
Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	$f'_{cr}(kg/cm^2)$
1	10.38	10.35	10.31	10.35	395	479
2	10.31	10.35	10.38	10.35	355	430
3	10.28	10.25	10.28	10.27	370	455
4	10.31	10.31	10.31	10.31	330	403
5	10.35	10.38	10.35	10.36	365	441
6	10.25	10.25	10.25	10.25	355	439
7	10.25	10.25	10.25	10.25	350	432
8	10.28	10.25	10.25	10.26	360	444
Promedio						440

varianza	469.71
desv.est.	21.67
coef.var.	4.92



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL). RELACIÓN $a/c=0,52$



ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,59$. 3 DÍAS.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f'cr(kg/cm ²)
1	10.31	10.35	10.41	10.36	205	248
2	10.28	10.28	10.28	10.28	190	233
3	10.35	10.38	10.41	10.38	195	235
4	10.25	10.28	10.35	10.29	200	245
5	10.31	10.41	10.35	10.36	200	242
6	10.31	10.28	10.35	10.31	210	256
7	10.25	10.28	10.35	10.29	185	227
8	10.38	10.41	10.47	10.42	185	221
Promedio						238

varianza	134.66
desv.est.	11.60
coef.var.	4.87

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,59$. 7 DÍAS.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)
1	10.82	10.79	10.79	10.80	297	330
2	10.82	10.85	10.92	10.86	305	335
3	10.22	10.25	10.31	10.26	250	308
4	10.22	10.28	10.35	10.28	265	325
5	10.35	10.35	10.41	10.37	255	308
6	10.31	10.35	10.35	10.34	245	298
7	10.35	10.38	10.38	10.37	255	308
8	10.38	10.35	10.35	10.36	260	314
Promedio						316

varianza	172.81
desv.est.	13.15
coef.var.	4.16

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,59$. 14 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	$f'_{cr}(kg/cm^2)$
1	10.25	10.28	10.31	10.28	260	319
2	10.85	10.79	10.89	10.84	315	348
3	10.85	10.89	10.85	10.86	307	338
4	10.54	10.60	10.60	10.58	300	348
5	10.25	10.25	10.35	10.28	285	350
6	10.35	10.41	10.41	10.39	270	325
7	10.35	10.31	10.35	10.34	270	328
8	10.31	10.35	10.35	10.34	275	334
Promedio						336

varianza	135.22
desv.est.	11.63
coef.var.	3.46

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,59$. 28 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	P(kN)	f'_{cr} (kg/cm ²)
1	10.28	10.35	10.31	10.31	305	372
2	10.28	10.25	10.25	10.26	285	351
3	10.44	10.47	10.47	10.46	315	374
4	10.82	10.85	10.89	10.85	325	358
5	10.25	10.31	10.25	10.27	290	357
6	10.28	10.28	10.28	10.28	290	356
7	10.89	10.89	10.89	10.89	315	345
8	10.60	10.60	10.66	10.62	320	368
Promedio						360

varianza	105.41
desv.est.	10.27
coef.var.	2.85

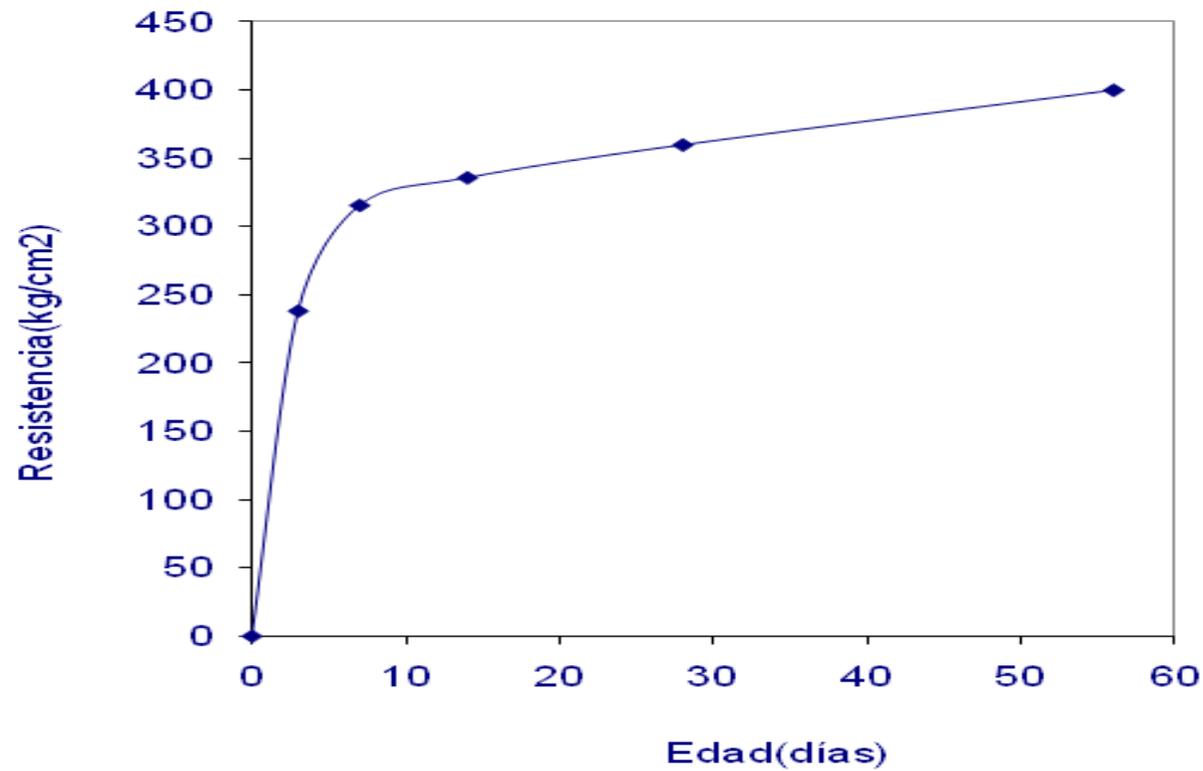
ENSAYO DE COMPRESIÓN CON
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)
RELACIÓN $a/c=0,59$. 56 DÍAS.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
		Espécimen	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d(cm)	
1	10.31	10.31	10.31	10.31	345	421	
2	10.25	10.25	10.25	10.25	345	426	
3	10.25	10.25	10.19	10.23	325	403	
4	10.28	10.28	10.25	10.27	305	375	
5	10.35	10.31	10.38	10.35	305	370	
6	10.22	10.22	10.22	10.22	325	404	
7	10.22	10.22	10.22	10.22	325	404	
8	10.28	10.28	10.28	10.28	325	399	
Promedio						400	

varianza	385.67
desv.est.	19.64
coef.var.	4.91

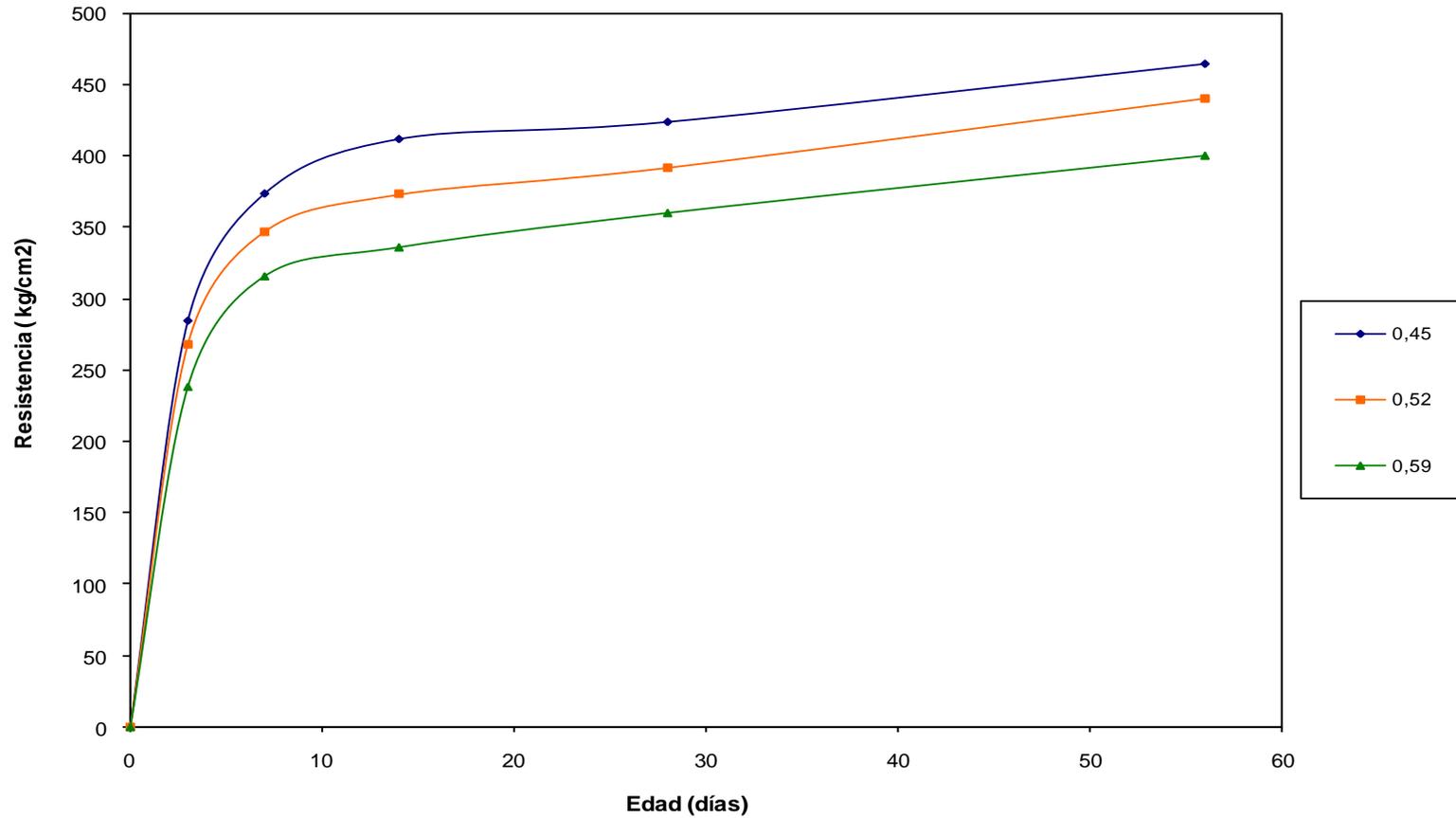


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL) RELACIÓN $a/c=0,59$





RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON CEMENTO TIPO I (SOL)



4.2 Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral :

a las edades de 7, 14, 28 y 56 días (N.T.P. 339.084)

De la misma manera que los ensayos de compresión se utilizaron probetas no estandarizadas de 4x8 pulgadas.

Máquina usada: TECNOTEST-MODENA-ITALY

Manometer Classe 0.5

Hidraulic System

Capacidad: 1200 kN

Para calcular la fuerza de resistencia a la tracción por compresión diametral tenemos que:

$$T = (2 P (1000/g)) / = (\text{Kg/cm}^2)$$

Donde:

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral (Kg/cm²)

P = Carga registrada (kN)

L = Longitud de la probeta (cm)

D = Diámetro de la probeta (cm)

g = Gravedad=9.81 (Kg/cm²)

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,45 7 DÍAS.

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
				
Especímen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.3	20.5	120	37
2	10.4	20.6	105	32
3	10.3	20.6	110	34
4	10.4	20.4	115	35
5	10.3	20.6	105	32
6	10.3	20.7	110	33
7	10.6	20.4	115	35
8	10.7	20.4	115	34
Promedio				34

varianza	2.68
desv.est.	1.64
coef.var.	4.82

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,45. 14 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.5	20.6	130	39
2	10.3	20.5	130	40
3	10.2	20.5	125	39
4	10.4	20.5	135	41
5	10.3	20.7	135	41
6	10.2	20.7	135	41
7	10.4	20.4	120	37
8	10.3	20.6	125	38
Promedio				40

varianza	2.77
desv.est.	1.66
coef.var.	4.21

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,45. 28 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm²)
1	10.3	20.6	140	43
2	10.2	20.7	140	43
3	10.3	20.5	135	41
4	10.5	20.7	150	45
5	10.2	20.5	140	43
6	10.1	20.8	130	40
7	10.2	20.4	135	42
8	10.1	20.5	125	39
Promedio				42

varianza	3.30
desv.est.	1.82
coef.var.	4.31

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
 DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
 RELACIÓN a/c=0,45. 56 DÍAS.



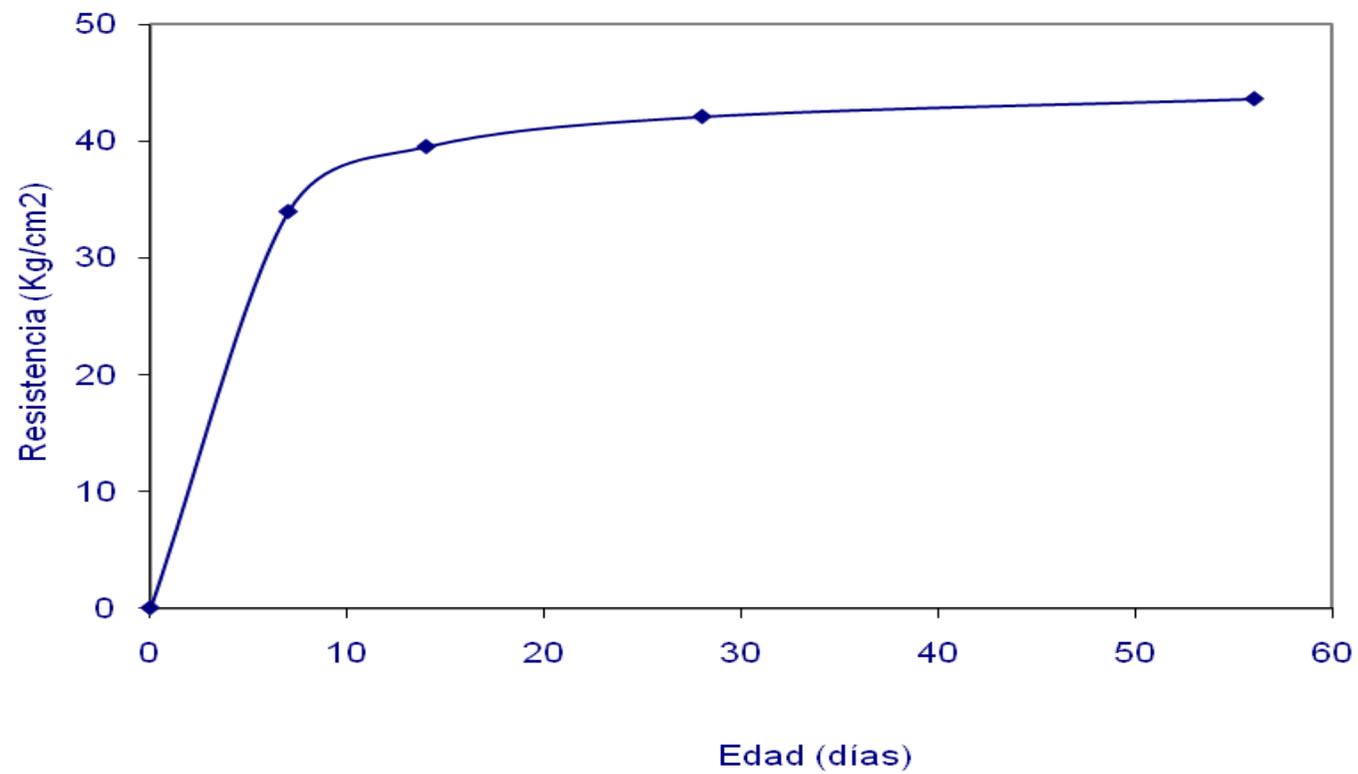
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Especímen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.1	20.7	140	43
2	10.3	20.8	145	44
3	10.4	20.4	140	43
4	10.1	20.6	140	44
5	10.1	20.7	150	47
6	10.0	20.6	125	39
7	10.0	20.6	145	46
8	10.1	20.6	140	44
Promedio				44

varianza	4.52
desv.est.	2.13
coef.var.	4.87



RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL
CONCRETO CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I(SOL).RELACIÓN
 $a/c=0,45$



ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,52. 7 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.3	20.6	100	31
2	10.4	20.6	105	32
3	10.3	20.6	110	34
4	10.2	20.6	105	32
5	10.4	20.5	100	30
6	10.3	20.8	110	33
7	10.3	20.5	110	34
8	10.3	20.5	110	34
Promedio				32

varianza	1.97
desv.est.	1.40
coef.var.	4.32

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c = 0,52. 14 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.3	20.7	130	40
2	10.2	20.7	130	40
3	10.3	20.5	120	37
4	10.2	20.6	130	40
5	10.4	20.8	120	36
6	10.4	20.9	130	39
7	10.3	20.5	120	37
8	10.5	20.4	120	36
Promedio				38

varianza	2.96
desv.est.	1.72
coef.var.	4.52

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,52. 28 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.3	20.6	125	38
2	10.5	20.8	145	43
3	10.4	20.7	130	39
4	10.2	20.6	130	40
5	10.3	20.7	130	40
6	10.1	20.6	130	41
7	10.5	20.5	130	39
8	10.1	20.5	130	41
Promedio				40

varianza	2.14
desv.est.	1.46
coef.var.	3.65

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,52. 56 DÍAS.



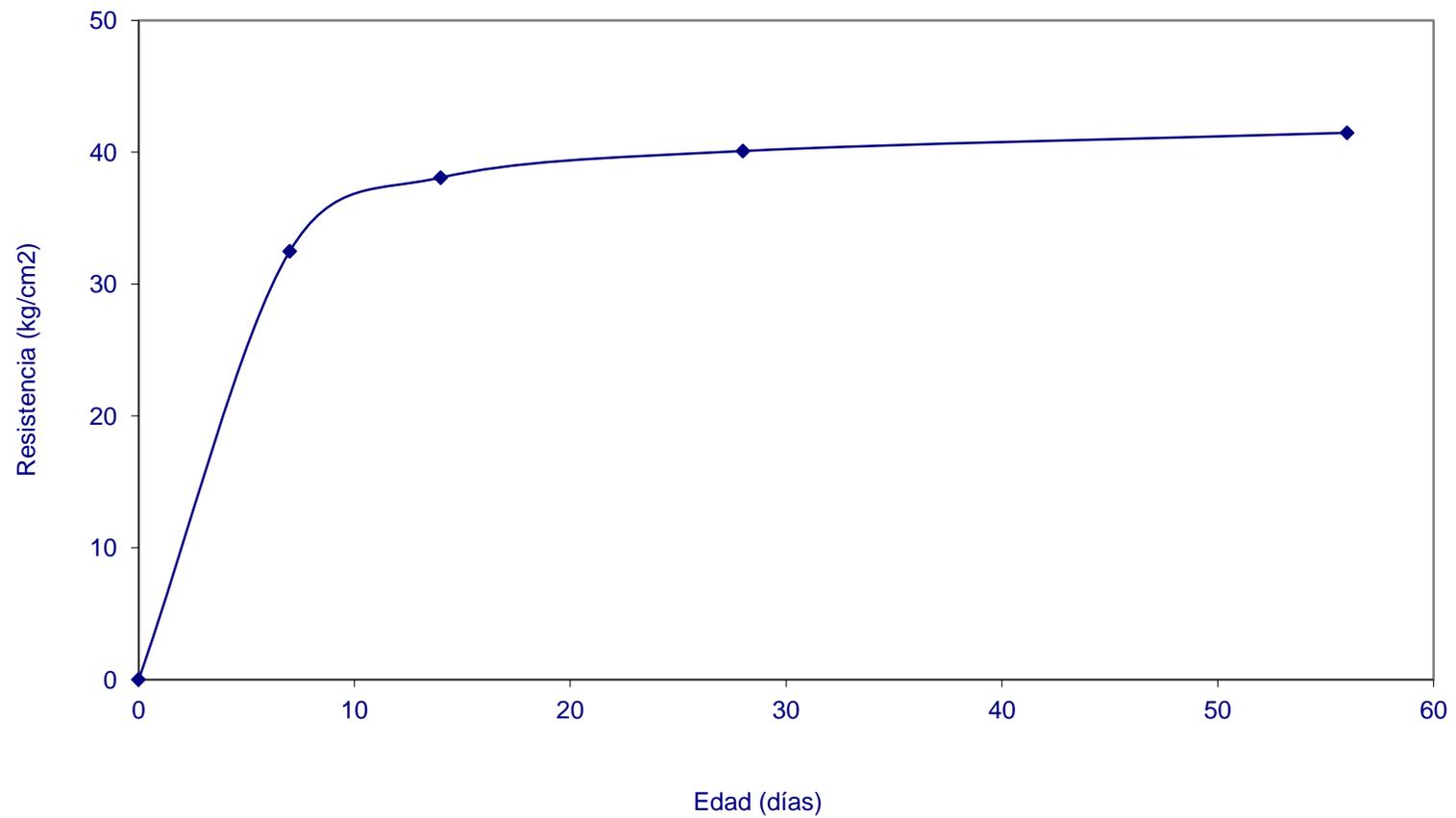
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.2	20.7	135	41
2	10.3	20.6	135	41
3	10.3	20.6	135	41
4	10.1	20.6	130	41
5	10.1	20.6	140	44
6	10.0	20.5	140	44
7	10.0	20.5	125	40
8	10.0	20.5	125	40
Promedio				41

varianza	3.01
desv.est.	1.74
coef.var.	4.18



RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO CON CEMENTO
PÓRTLAND TIPO I (SOL).RELACIÓN $a/c=0,52$



ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,59 . 7 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.2	20.4	100	31
2	10.5	20.6	105	32
3	10.5	20.5	95	29
4	10.2	20.4	95	30
5	10.3	20.4	100	31
6	10.4	20.4	100	31
7	10.3	20.6	95	29
8	10.4	20.7	110	33
Promedio				31

varianza	2.14
desv.est.	1.46
coef.var.	4.78

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,59. 14 DÍAS.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Especímen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.2	20.5	110	34
2	10.3	20.5	120	37
3	10.4	20.7	120	36
4	10.4	20.5	120	37
5	10.3	20.5	120	37
6	10.6	20.6	115	34
7	10.3	20.5	120	37
8	10.2	20.7	120	37
Promedio				36

varianza	1.45
desv.est.	1.20
coef.var.	3.34

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,59. 28 DÍAS.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm ²)
1	10.3	20.5	120	37
2	10.5	20.4	120	36
3	10.3	20.5	120	37
4	10.3	20.7	125	38
5	10.1	20.5	115	36
6	10.2	20.5	115	36
7	10.0	20.6	115	36
8	10.0	20.5	125	40
Promedio				37

varianza	1.62
desv.est.	1.27
coef.var.	3.45

ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).
RELACIÓN a/c=0,59 . 56 DÍAS.



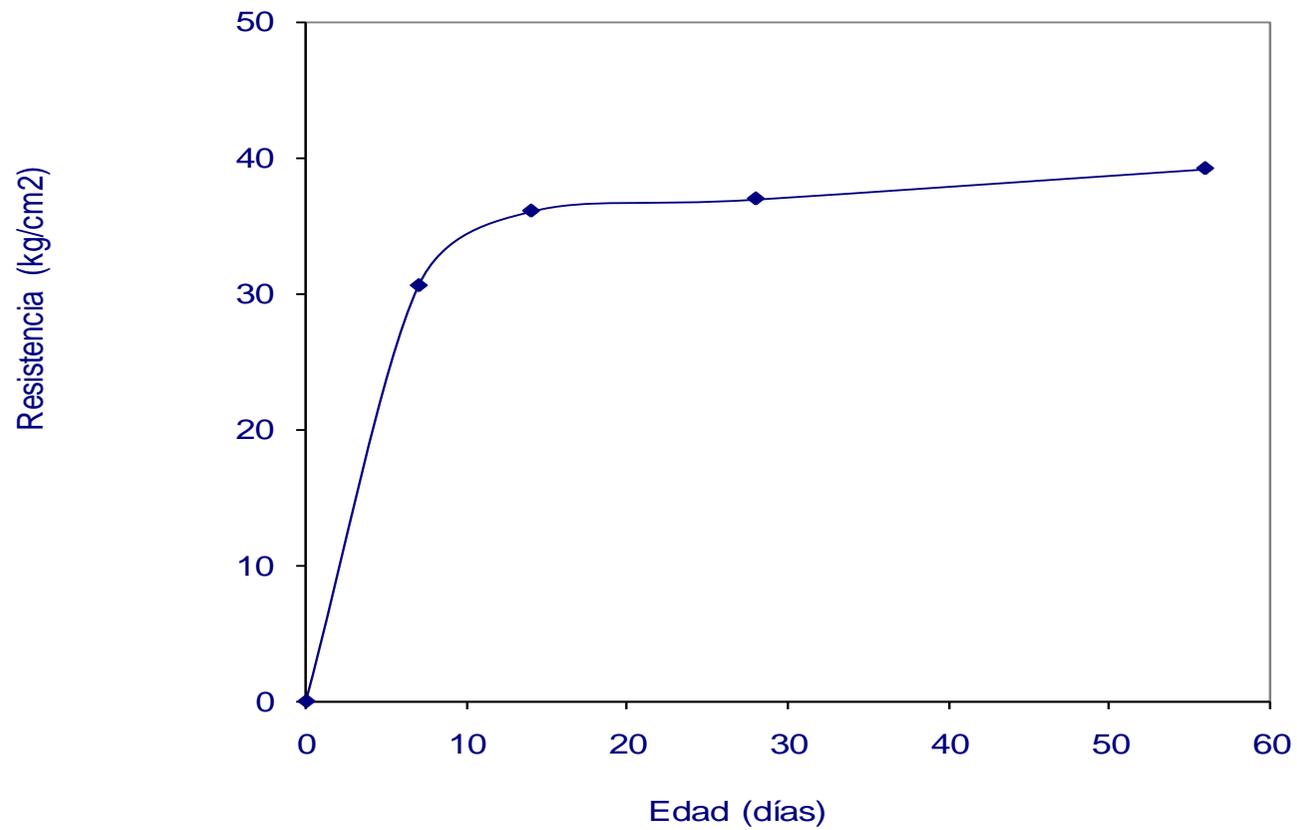
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Espécimen	Diámetro(cm)	Longitud(cm)	P(kN)	T(kg/cm²)
1	10.2	20.5	120	37
2	10.1	20.5	125	39
3	10.1	20.5	120	38
4	10.1	20.6	125	39
5	10.1	20.5	125	39
6	10.0	20.5	125	40
7	10.0	20.1	130	42
8	10.0	20.4	125	40
Promedio				39

varianza	2.08
desv.est.	1.44
coef.var.	3.68

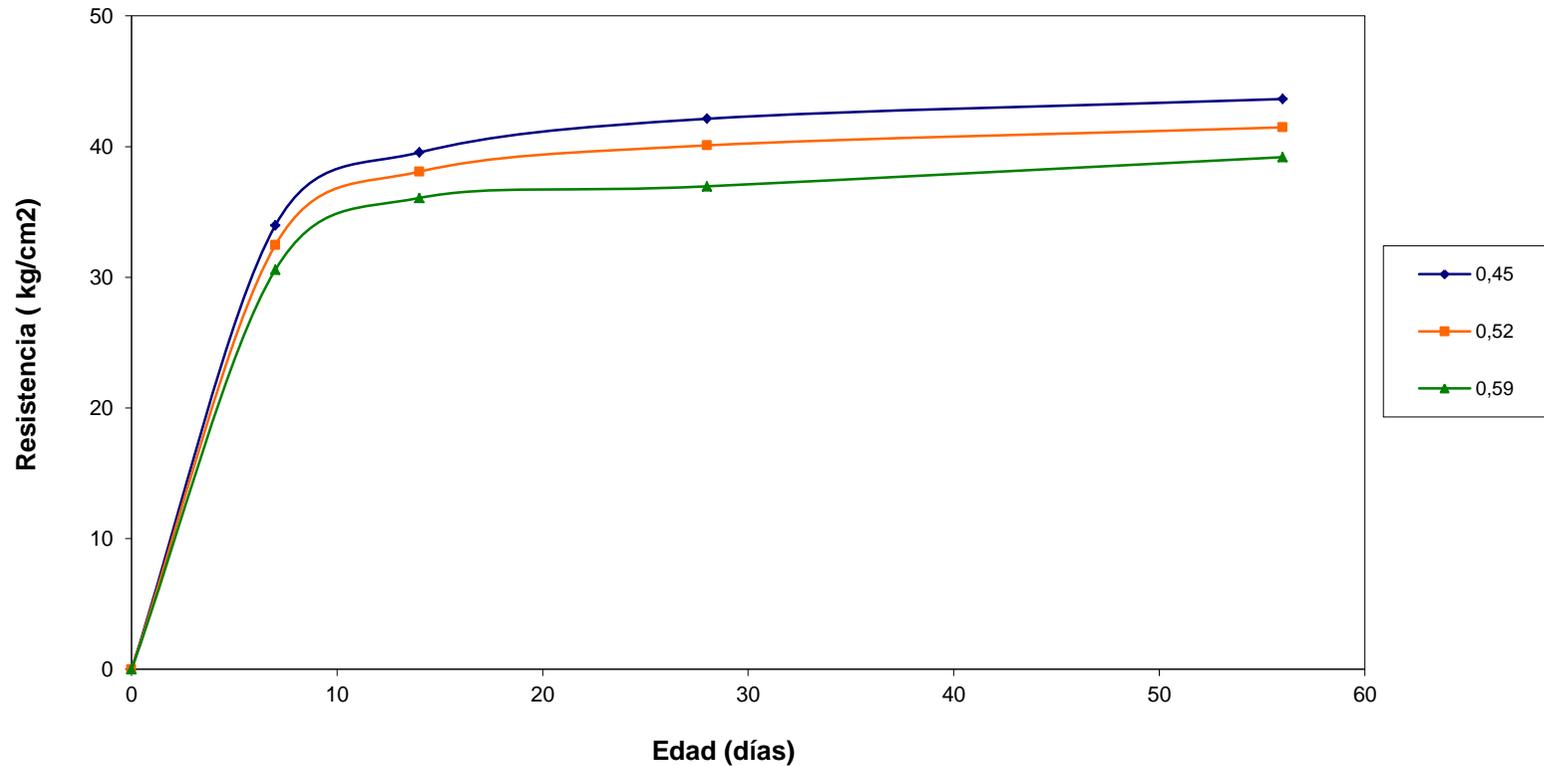


RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL
CONCRETO CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).RELACIÓN $a/c=0,59$





RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL).



4.3 Determinación de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos :

a las edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días (NTP 339.187)

- **Procedimiento:**

- Peso seco: pesar las porciones, y secar en un horno a una temperatura de 100 °C a 110 °C, por no menos de 24 horas. Sacar los especímenes y dejarlos enfriar al aire (de preferencia en un desecador) a una temperatura de 20 °C a 25 °C y pesar.
- Si el espécimen estaba comparativamente seco cuando se realizó la primera pesada y el segundo peso está muy cercano con el primero, considérello seco.
- Si el espécimen estaba húmedo cuando se realizó la primera pesada, colóquelo en el horno para un segundo tratamiento de secado por 24 horas y volver a pesar.
- Si la tercera pesada verifica a la segunda, considérello seco. En caso de cualquier duda, volver a secar el espécimen por un periodo de 24 horas, hasta verificar los pesos obtenidos. Si la diferencia de valores obtenidos entre dos pesadas sucesivas excede en 0,5% del menor valor, retornar los especímenes al horno por un período adicional de 24 horas de secado, y repetir el procedimiento hasta que la diferencia entre dos pesadas sucesivas cualesquiera, sea menor que 0,5% del menor peso obtenido. Designar a este último valor como A.
- Peso saturado después de la inmersión: Después de secar y enfriar totalmente el espécimen, sumergirlo y determinar su peso en agua aproximadamente a 21 °C, por no menos de 48 h y hasta que dos pesadas sucesivas de la muestra con superficie seca a intervalos de 24 h, muestre un incremento en peso de menos de 0,5% del mayor valor.
- Secar superficialmente el espécimen removiendo la humedad superficial con una toalla, y pesar. Designar a este peso final superficialmente seco después de la inmersión, como B.
- Peso saturado después del hervido: Colocar el espécimen procesado en un contenedor adecuado, cubrirlo con agua corriente o potable y hervir por 5 horas.

Dejar enfriar por pérdida natural de calor por no menos de 14 horas y a una temperatura final de 20 °C a 25 °C.

- Remover la humedad superficial con una toalla y pesar el espécimen. Designar el peso saturado, hervido, superficialmente seco, como C.
- Peso aparente sumergido: Después de la inmersión y el hervido, suspender el espécimen con un alambre y pesarlo en el agua. Designar a este peso aparente como D.

• **Fórmulas utilizadas.**

$$\text{Absorción después de la inmersión, \%} = \left[\frac{B - A}{A} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Absorción después de la inmersión y hervido, \%} = \left[\frac{C - A}{A} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Densidad seca} = \left[\frac{A}{C - g_1} \right] \quad (3)$$

$$\text{Densidad después de la inmersión} = \left[\frac{B}{C - \rho D} \right] \quad (4)$$

$$\text{Densidad después de la inmersión y hervido} = \left[\frac{C}{C - D} \right] \quad (5)$$

$$\text{Densidad aparente} = \left[\frac{A}{A - D} \right] g_2 \quad (6)$$

Volumen de poros permeables (vacíos), \% = $(g_2 - g_1) / g_2 \times 100$ ó

$$(C - A) / (C - D) \times 100 \quad (7)$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca, g

B = Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, g

C = Masa de la muestra superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, g

D = Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, g

g1 = Densidad seca, Mg/m³

g_2 = Densidad aparente, Mg/m³

ρ = Densidad del agua=1Mg/m³=1g/cm³

RESULTADOS DE LA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS



0,45(3d)		ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS									
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3941.0	4089.0	4097.0	2411.9	3.76	3.96	2.34	2.43	2.43	2.58	9.26
2	3952.0	4077.0	4084.0	2409.4	3.16	3.34	2.36	2.43	2.44	2.56	7.88
3	3890.0	4020.5	4024.0	2351.0	3.35	3.44	2.33	2.40	2.41	2.53	8.01
4	3992.0	4144.0	4149.0	2422.9	3.81	3.93	2.31	2.40	2.40	2.54	9.10
5	3975.5	4076.0	4086.0	2399.5	2.53	2.78	2.36	2.42	2.42	2.52	6.55
6	3992.0	4104.0	4106.0	2400.2	2.81	2.86	2.34	2.41	2.41	2.51	6.68
7	4021.5	4104.5	4100.0	2406.7	2.06	1.95	2.37	2.42	2.42	2.49	4.64
8	3885.0	3967.5	3976.5	2339.45	2.12	2.36	2.37	2.42	2.43	2.51	5.59
				Promedio	2.95	3.08	2.35	2.42	2.42	2.53	7.21
				varianza	0.47	0.52	0.000	0.0002	0.0002	0.001	2.69
				desv.est.	0.68	0.72	0.02	0.01	0.01	0.03	1.64
				coef.var.	23.13	23.43	0.95	0.51	0.55	1.14	22.72



0,45(7d)		ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS									
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3988.0	4126.0	4123.5	2435.5	3.46	3.40	2.36	2.44	2.44	2.57	8.03
2	3960.0	4056.5	4053.0	2383.6	2.44	2.35	2.37	2.43	2.43	2.51	5.57
3	3999.5	4100.5	4105.0	2403.9	2.53	2.64	2.35	2.41	2.41	2.51	6.20
4	3955.0	4065.5	4063.0	2366.1	2.79	2.73	2.33	2.40	2.39	2.49	6.36
5	4018.0	4117.0	4122.5	2429.2	2.46	2.60	2.37	2.43	2.43	2.53	6.17
6	3995.0	4089.0	4089.0	2395.7	2.35	2.35	2.36	2.41	2.41	2.50	5.55
7	3990.5	4083.5	4086.5	2409.0	2.33	2.41	2.38	2.43	2.44	2.52	5.72
8	4072.5	4151.0	4151.5	2448.2	1.93	1.94	2.39	2.44	2.44	2.51	4.64
Promedio					2.54	2.55	2.36	2.42	2.43	2.52	6.03
Varianza					0.20	0.18	0.0003	0.0003	0.0003	0.001	0.95
desv.est.					0.44	0.42	0.02	0.02	0.02	0.02	0.97
coef.var.					17.52	16.45	0.78	0.67	0.67	0.98	16.13



0,45(14d)		ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS										
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7	
1	4019.0	4103.0	4101.0	2423.0	2.09	2.04	2.40	2.45	2.44	2.52	4.89	
2	3906.5	4033.5	4031.0	2376.3	3.25	3.19	2.36	2.44	2.44	2.55	7.52	
3	4005.0	4113.0	4109.0	2406.0	2.70	2.60	2.35	2.42	2.41	2.50	6.11	
4	4032.0	4125.0	4124.5	2420.8	2.31	2.29	2.37	2.42	2.42	2.50	5.43	
5	3933.5	4011.5	4011.5	2348.05	1.98	1.98	2.36	2.41	2.41	2.48	4.69	
6	4009.5	4090.5	4089.3	2399.7	2.02	1.99	2.37	2.42	2.42	2.49	4.72	
7	3910.0	3998.5	3998.5	2349.8	2.26	2.26	2.37	2.43	2.43	2.51	5.37	
8	3957.0	4037.0	4037.0	2371.3	2.02	2.02	2.38	2.42	2.42	2.50	4.80	
					Promedio	2.33	2.30	2.37	2.43	2.42	2.51	5.44
					Varianza	0.19	0.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.94
					Desv.est.	0.44	0.42	0.01	0.01	0.01	0.02	0.97
					Coef.var.	18.90	18.16	0.54	0.46	0.45	0.87	17.82



0,45(28d)

ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS

Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3983.0	4048.0	4054.0	2400.3	1.63	1.78	2.41	2.45	2.45	2.52	4.29
2	3984.5	4051.0	4048.0	2383.8	1.67	1.59	2.39	2.43	2.43	2.49	3.82
3	4061.0	4141.5	4133.5	2440.2	1.98	1.79	2.40	2.45	2.44	2.51	4.28
4	3914.0	4020.5	3980.0	2344.0	2.72	1.69	2.39	2.46	2.43	2.49	4.03
5	3950.0	4041.5	4025.0	2355.0	2.32	1.90	2.37	2.42	2.41	2.48	4.49
6	3954.0	4041.5	4028.0	2375.7	2.21	1.87	2.39	2.45	2.44	2.51	4.48
7	4452.0	4515.0	4530.0	2680.0	1.42	1.75	2.41	2.44	2.45	2.51	4.22
8	4030.0	4093.5	4099.8	2401.3	1.58	1.73	2.37	2.41	2.41	2.47	4.11
				Promedio	1.94	1.76	2.39	2.44	2.43	2.50	4.22
				varianza	0.20	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.05
				desv.est.	0.45	0.10	0.02	0.02	0.01	0.02	0.23
				coef.var.	23.08	5.54	0.63	0.64	0.61	0.64	5.38



0,45(56d)		ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS									
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3956.4	4018.0	4011.5	2358.1	1.56	1.39	2.39	2.43	2.43	2.48	3.33
2	4009.3	4089.8	4081.1	2390.05	2.01	1.79	2.37	2.42	2.41	2.48	4.25
3	4080.2	4148.5	4139.0	2431.2	1.67	1.44	2.39	2.43	2.42	2.47	3.44
4	4026.6	4099.0	4089.0	2403.1	1.80	1.55	2.39	2.43	2.43	2.48	3.70
5	4212.8	4285.5	4279.5	2501.1	1.73	1.58	2.37	2.41	2.41	2.46	3.75
6	3986.0	4059.3	4049.0	2376.75	1.84	1.58	2.38	2.43	2.42	2.48	3.77
7	4000.0	4093.6	4091.5	2414.05	2.34	2.29	2.38	2.44	2.44	2.52	5.45
8	3971.5	4057.0	4052.5	2381.55	2.15	2.04	2.38	2.43	2.43	2.50	4.85
Promedio					1.89	1.71	2.38	2.43	2.42	2.48	4.07
varianza					0.07	0.10	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.55
desv.est.					0.26	0.31	0.01	0.01	0.01	0.02	0.74
coef.var.					13.89	18.25	0.37	0.38	0.40	0.75	18.16



ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS											
0,52(3d)											
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3957.5	4128.0	4133.0	2424.9	4.31	4.43	2.32	2.42	2.42	2.58	10.27
2	3980.0	4093.0	4098.5	2416.9	2.84	2.98	2.37	2.43	2.44	2.55	7.05
3	3961.0	4108.5	4114.0	2408.2	3.72	3.86	2.32	2.41	2.41	2.55	8.97
4	3923.0	4095.0	4100.0	2390.9	4.38	4.51	2.30	2.40	2.40	2.56	10.36
5	3930.5	4035.0	4044.5	2377.5	2.66	2.90	2.36	2.42	2.43	2.53	6.84
6	3976.0	4097.0	4098.5	2401.1	3.04	3.08	2.34	2.41	2.41	2.52	7.22
7	3901.0	4000.5	4003.0	2341.8	2.55	2.61	2.35	2.41	2.41	2.50	6.14
8	3943.0	4052.0	4055.0	2366.0	2.76	2.84	2.33	2.40	2.40	2.50	6.63
				Promedio	3.28	3.40	2.34	2.41	2.41	2.54	7.93
				varianza	0.56	0.57	0.001	0.0001	0.0002	0.001	2.83
				desv.est.	0.75	0.75	0.02	0.01	0.01	0.03	1.68
				coef.var.	22.75	22.16	1.00	0.50	0.53	1.12	21.22



0,52(7d)		ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS									
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3990.0	4146.0	4142.5	2446.4	3.91	3.82	2.35	2.44	2.44	2.58	8.99
2	4026.5	4140.0	4137.5	2433.0	2.82	2.76	2.36	2.43	2.43	2.53	6.51
3	3911.0	4027.5	4032.0	2361.7	2.98	3.09	2.34	2.41	2.41	2.52	7.24
4	3960.0	4087.0	4086.0	2379.9	3.21	3.18	2.32	2.40	2.39	2.51	7.39
5	3950.0	4044.0	4058.0	2392.1	2.38	2.73	2.37	2.43	2.44	2.54	6.48
6	4003.5	4105.0	4106.1	2416.1	2.54	2.56	2.37	2.43	2.43	2.52	6.07
7	3918.5	4022.5	4021.5	2344.4	2.65	2.63	2.34	2.40	2.40	2.49	6.14
8	3996.0	4099.5	4100.6	2402.0	2.59	2.62	2.35	2.41	2.41	2.51	6.16
Promedio					2.88	2.92	2.35	2.42	2.42	2.52	6.87
varianza					0.24	0.18	0.0003	0.0003	0.0003	0.001	0.98
desv.est.					0.49	0.43	0.02	0.02	0.02	0.03	0.99
coef.var.					17.01	14.61	0.73	0.70	0.71	1.13	14.40



0,52(14d) ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS											
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	4051.0	4151.0	4149.0	2447.4	2.47	2.42	2.38	2.44	2.44	2.53	5.76
2	4056.0	4188.0	4189.5	2466.0	3.25	3.29	2.35	2.43	2.43	2.55	7.75
3	3997.5	4115.5	4114.0	2412.0	2.95	2.91	2.35	2.42	2.42	2.52	6.84
4	3864.0	3971.0	3971.0	2316.5	2.77	2.77	2.34	2.40	2.40	2.50	6.47
5	4019.5	4123.5	4118.0	2416.5	2.59	2.45	2.36	2.42	2.42	2.51	5.79
6	3984.0	4082.0	4082.0	2386.2	2.46	2.46	2.35	2.41	2.41	2.49	5.78
7	3902.5	4023.4	4019.0	2342.6	3.10	2.99	2.33	2.40	2.40	2.50	6.95
8	4212.0	4320.0	4317.0	2534.0	2.56	2.49	2.36	2.42	2.42	2.51	5.89
				Promedio	2.77	2.72	2.35	2.42	2.42	2.51	6.40
				varianza	0.09	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.54
				desv.est.	0.30	0.32	0.02	0.01	0.01	0.02	0.73
				coef.var.	10.90	11.77	0.70	0.59	0.59	0.75	11.43



0,52(28d) ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS											
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	4457.0	4569.0	4550.0	2679.7	2.51	2.09	2.38	2.44	2.43	2.51	4.97
2	4048.0	4131.0	4130.0	2428.9	2.05	2.03	2.38	2.43	2.43	2.50	4.82
3	4088.0	4179.5	4173.5	2463.5	2.24	2.09	2.39	2.44	2.44	2.52	5.00
4	3938.0	4055.5	4030.1	2376.9	2.98	2.34	2.38	2.45	2.44	2.52	5.57
5	4017.0	4113.5	4103.0	2401.3	2.40	2.14	2.36	2.42	2.41	2.49	5.05
6	4411.0	4513.5	4509.5	2651.05	2.32	2.23	2.37	2.43	2.43	2.51	5.30
7	3941.0	4013.5	4016.0	2340.6	1.84	1.90	2.35	2.40	2.40	2.46	4.48
8	3917.4	3972.5	4000.1	2299.1	1.41	2.11	2.30	2.34	2.35	2.42	4.86
Promedio					2.22	2.12	2.37	2.42	2.42	2.49	5.01
varianza					0.22	0.02	0.001	0.001	0.001	0.001	0.11
desv.est.					0.47	0.13	0.03	0.04	0.03	0.03	0.33
coef.var.					21.19	6.16	1.19	1.57	1.23	1.36	6.51



0,52(56d)		ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS									
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3987.0	4064.0	4057.0	2388.9	1.93	1.76	2.39	2.44	2.43	2.49	4.20
2	3953.0	4023.0	4015.0	2349.35	1.77	1.57	2.37	2.42	2.41	2.47	3.72
3	4009.5	4094.0	4082.5	2384.75	2.11	1.82	2.36	2.41	2.40	2.47	4.30
4	4226.7	4316.5	4304.9	2530.3	2.12	1.85	2.38	2.43	2.43	2.49	4.41
5	4100.3	4182.0	4174.0	2457.4	1.99	1.80	2.39	2.44	2.43	2.50	4.29
6	3911.5	3995.0	3983.5	2336.8	2.13	1.84	2.38	2.43	2.42	2.48	4.37
7	3931.0	4052.0	4046.0	2364.05	3.08	2.93	2.34	2.41	2.41	2.51	6.84
8	3994.5	4108.8	4102.5	2397.75	2.86	2.70	2.34	2.41	2.41	2.50	6.34
				promedio	2.25	2.03	2.37	2.42	2.42	2.49	4.81
				varianza	0.22	0.24	0.000	0.0001	0.0001	0.000	1.27
				desv.est.	0.46	0.49	0.02	0.01	0.01	0.02	1.13
				coef.var.	20.62	24.31	0.84	0.49	0.48	0.62	23.42



0,59(3d)

ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS

Especímen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3802.0	3975.0	3989.0	2336.7	4.55	4.92	2.30	2.41	2.41	2.59	11.32
2	3903.0	4034.5	4039.5	2365.6	3.37	3.50	2.33	2.41	2.41	2.54	8.15
3	3857.0	4037.5	4042.0	2363.7	4.68	4.80	2.30	2.41	2.41	2.58	11.02
4	3915.0	4095.5	4102.0	2388.5	4.61	4.78	2.28	2.39	2.39	2.56	10.91
5	3842.0	3985.0	3997.5	2316.6	3.72	4.05	2.29	2.37	2.38	2.52	9.25
6	3873.5	3997.0	4000.0	2344.9	3.19	3.27	2.34	2.41	2.42	2.53	7.64
7	3847.5	3955.0	3959.5	2310.0	2.79	2.91	2.33	2.40	2.40	2.50	6.79
8	3881.0	3986.5	3991.5	2331.75	2.72	2.85	2.34	2.40	2.40	2.51	6.66
				Promedio	3.70	3.88	2.31	2.40	2.40	2.54	8.97
				varianza	0.67	0.75	0.001	0.0002	0.0002	0.001	3.73
				desv.est.	0.82	0.87	0.02	0.01	0.01	0.03	1.93
				coef.var.	22.05	22.37	1.03	0.58	0.53	1.37	21.53



0,59(7d)

ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS

Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3907.0	4046.5	4042.5	2375.3	3.57	3.47	2.34	2.43	2.42	2.55	8.13
2	3850.5	4010.5	4008.0	2347.9	4.16	4.09	2.32	2.42	2.41	2.56	9.49
3	3944.0	4068.0	4074.0	2388.3	3.14	3.30	2.34	2.41	2.42	2.54	7.71
4	3986.5	4122.0	4121.0	2403.2	3.40	3.37	2.32	2.40	2.40	2.52	7.83
5	3883.5	4006.0	4020.0	2340.7	3.15	3.51	2.31	2.39	2.39	2.52	8.13
6	3878.0	3994.0	3994.0	2340.9	2.99	2.99	2.35	2.42	2.42	2.52	7.02
7	3960.5	4066.5	4067.0	2379.8	2.68	2.69	2.35	2.41	2.41	2.51	6.31
8	3970.0	4082.5	4085.0	2389.1	2.83	2.90	2.34	2.41	2.41	2.51	6.78
				Promedio	3.24	3.29	2.33	2.41	2.41	2.53	7.67
				varianza	0.22	0.19	0.0002	0.0002	0.0001	0.000	0.97
				desv.est.	0.47	0.44	0.01	0.01	0.01	0.02	0.99
				coef.var.	14.44	13.27	0.59	0.52	0.41	0.79	12.85



0,59(14d)

ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS

Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	3849.0	3980.5	3980.5	2339.1	3.42	3.42	2.34	2.43	2.43	2.55	8.01
2	3887.0	4013.5	4012.0	2345.5	3.25	3.22	2.33	2.41	2.41	2.52	7.50
3	3960.0	4079.0	4079.0	2378.7	3.01	3.01	2.33	2.40	2.40	2.50	7.00
4	3871.0	3994.5	3992.0	2318.6	3.19	3.13	2.31	2.39	2.39	2.49	7.23
5	3813.5	3925.0	3922.0	2289.4	2.92	2.85	2.34	2.40	2.40	2.50	6.65
6	3865.0	3975.0	3973.0	2314.9	2.85	2.79	2.33	2.40	2.40	2.49	6.51
7	3947.5	4056.0	4053.0	2375.3	2.75	2.67	2.35	2.42	2.42	2.51	6.29
8	3925.5	4044.0	4042.0	2351.75	3.02	2.97	2.32	2.39	2.39	2.49	6.89
				Promedio	3.05	3.01	2.33	2.40	2.40	2.51	7.01
				varianza	0.05	0.06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.32
				desv.est.	0.22	0.24	0.01	0.01	0.01	0.02	0.56
				coef.var.	7.30	8.05	0.53	0.53	0.54	0.76	8.01



0,59(28d)

ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS

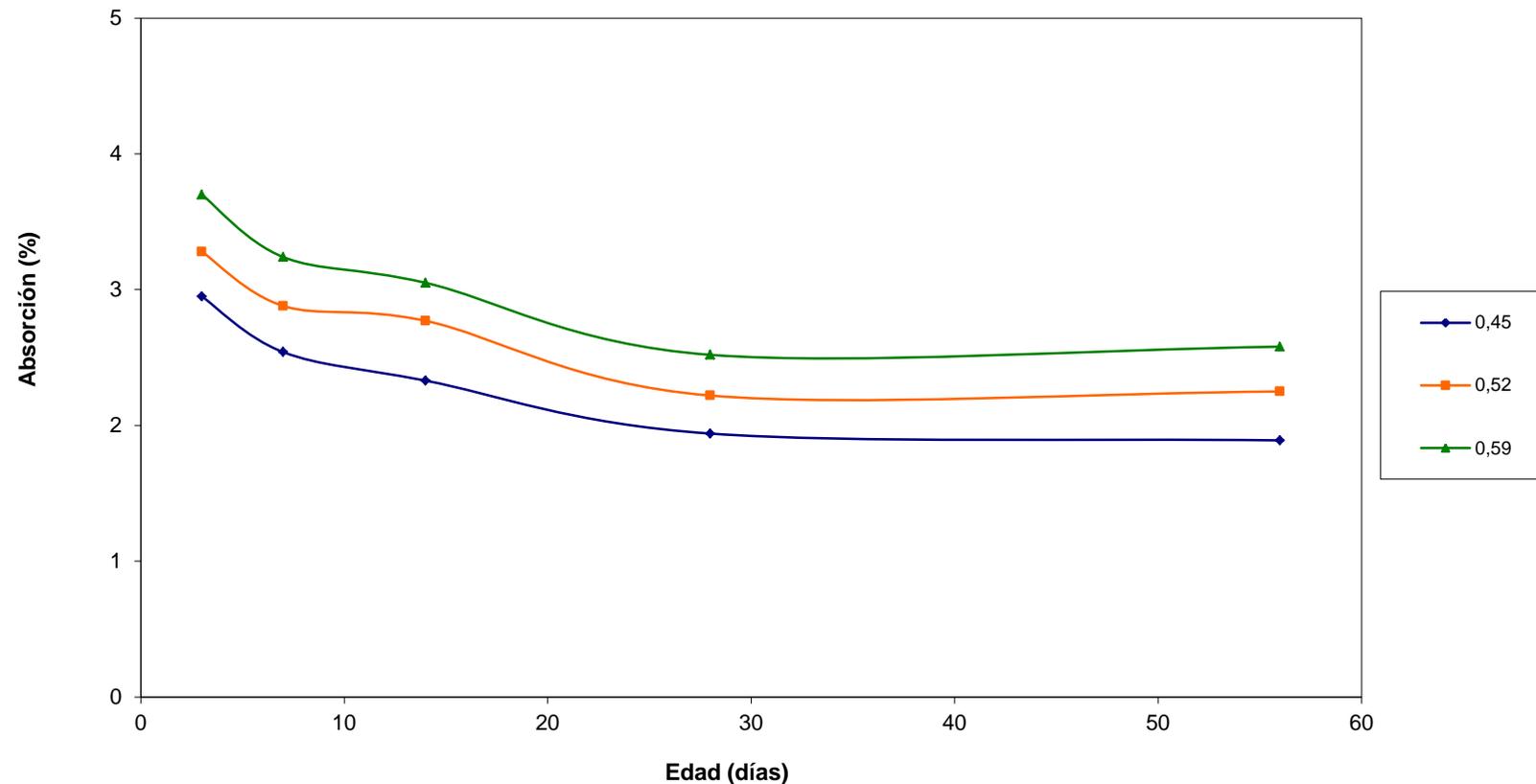
Especímen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	4247.0	4347.0	4347.5	2571.5	2.35	2.37	2.39	2.45	2.45	2.53	5.66
2	3978.5	4093.0	4088.0	2393.3	2.88	2.75	2.35	2.42	2.41	2.51	6.46
3	4501.0	4607.0	4600.0	2698.9	2.36	2.20	2.37	2.42	2.42	2.50	5.21
4	3989.0	4101.5	4089.0	2389.1	2.82	2.51	2.35	2.41	2.41	2.49	5.88
5	3784.2	3903.5	3885.0	2267.0	3.15	2.66	2.34	2.41	2.40	2.49	6.23
6	3875.0	3998.0	3974.0	2339.45	3.17	2.55	2.37	2.45	2.43	2.52	6.06
7	3891.0	3969.5	3987.0	2303.3	2.02	2.47	2.31	2.36	2.37	2.45	5.70
8	3945.0	4000.0	4045.0	2329.3	1.39	2.53	2.30	2.33	2.36	2.44	5.83
				Promedio	2.52	2.51	2.35	2.41	2.41	2.49	5.88
				varianza	0.37	0.03	0.001	0.002	0.001	0.001	0.15
				desv.est.	0.61	0.17	0.03	0.04	0.03	0.03	0.38
				coef.var.	24.30	6.81	1.31	1.70	1.26	1.30	6.52



0,59(56d) ABSORCIÓN, DENSIDAD Y PORCENTAJE DE VACÍOS											
Espécimen	A(g)	B(g)	C(g)	D(g)	1	2	3	4	5	6	7
1	4198.0	4280.0	4274.0	2507.05	1.95	1.81	2.38	2.42	2.42	2.48	4.30
2	4011.5	4091.5	4083.0	2389.25	1.99	1.78	2.37	2.42	2.41	2.47	4.22
3	4066.0	4164.5	4155.0	2431.6	2.42	2.19	2.36	2.42	2.41	2.49	5.16
4	3850.0	3954.2	3942.0	2289.7	2.71	2.39	2.33	2.39	2.39	2.47	5.57
5	3850.0	3949.5	3943.9	2316.0	2.58	2.44	2.37	2.43	2.42	2.51	5.77
6	3981.0	4080.5	4069.5	2380.9	2.50	2.22	2.36	2.42	2.41	2.49	5.24
7	3849.4	3971.5	3965.5	2324.15	3.17	3.02	2.35	2.42	2.42	2.52	7.07
8	3949.9	4080.2	4073.5	2371.8	3.30	3.13	2.32	2.40	2.39	2.50	7.26
Promedio					2.58	2.37	2.35	2.41	2.41	2.49	5.58
varianza					0.24	0.24	0.0004	0.0001	0.0002	0.000	1.27
desv.est.					0.49	0.49	0.02	0.01	0.01	0.02	1.13
coef.var.					18.83	20.84	0.81	0.49	0.52	0.76	20.19

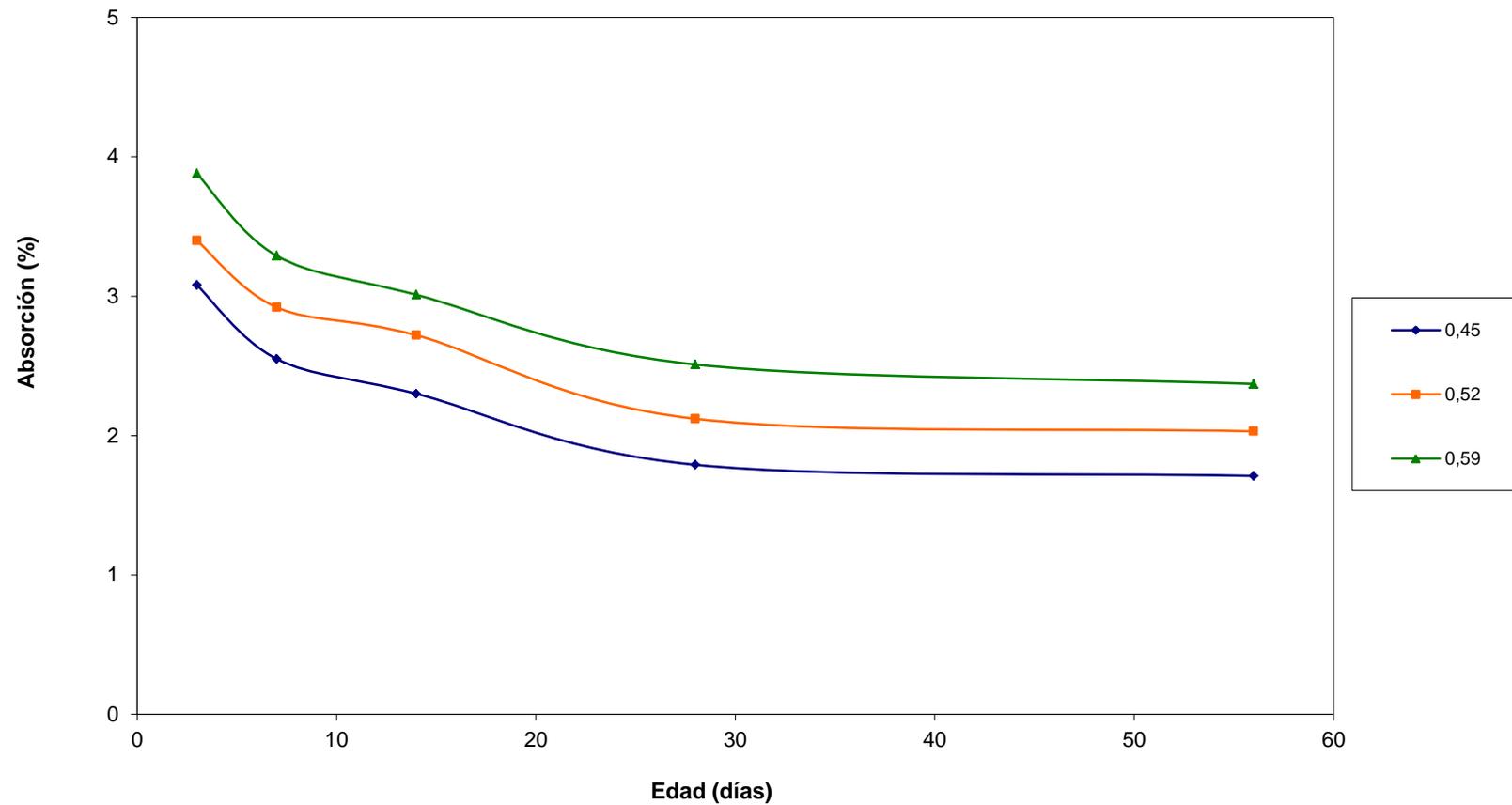


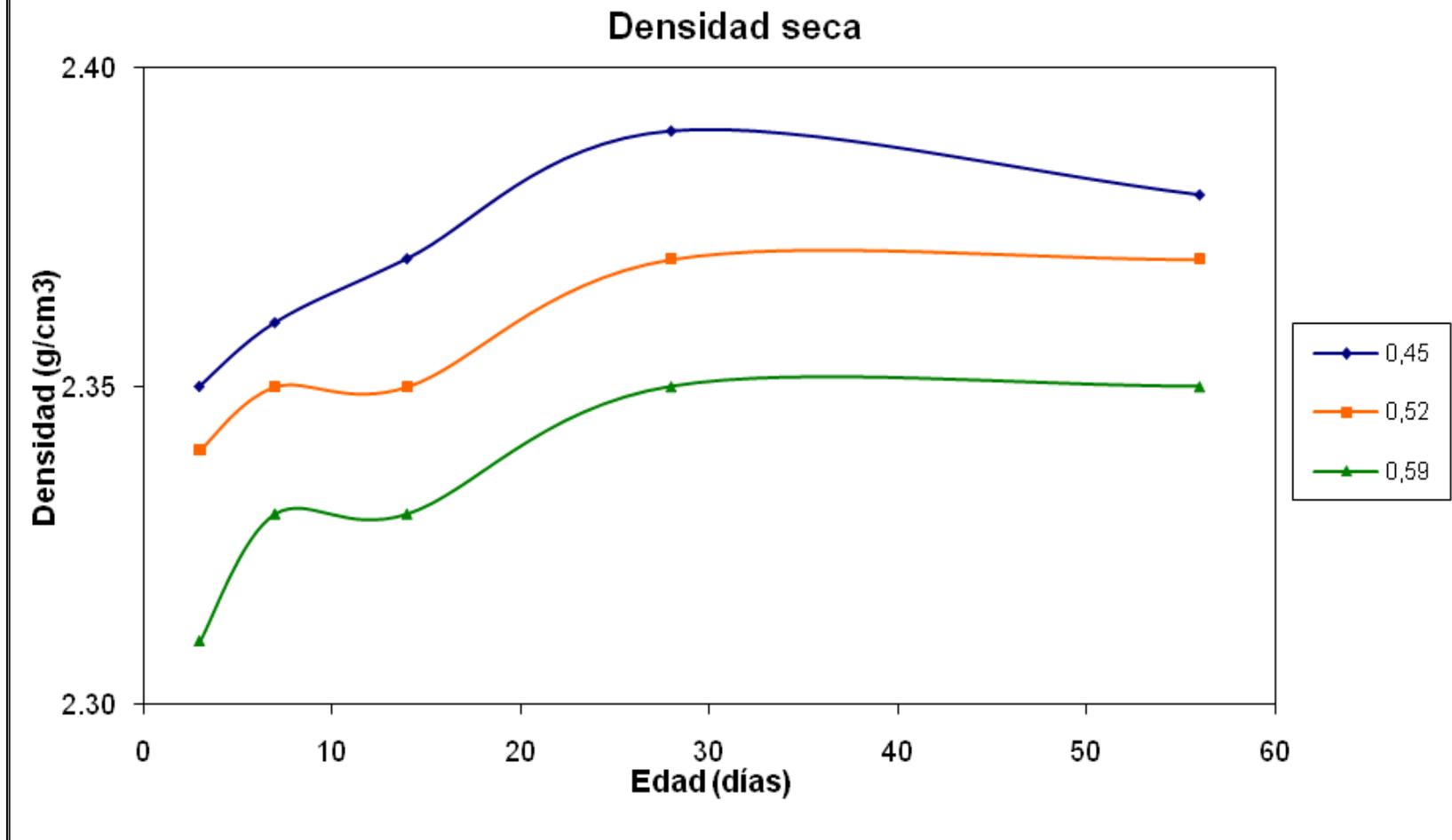
Absorción después de la inmersión





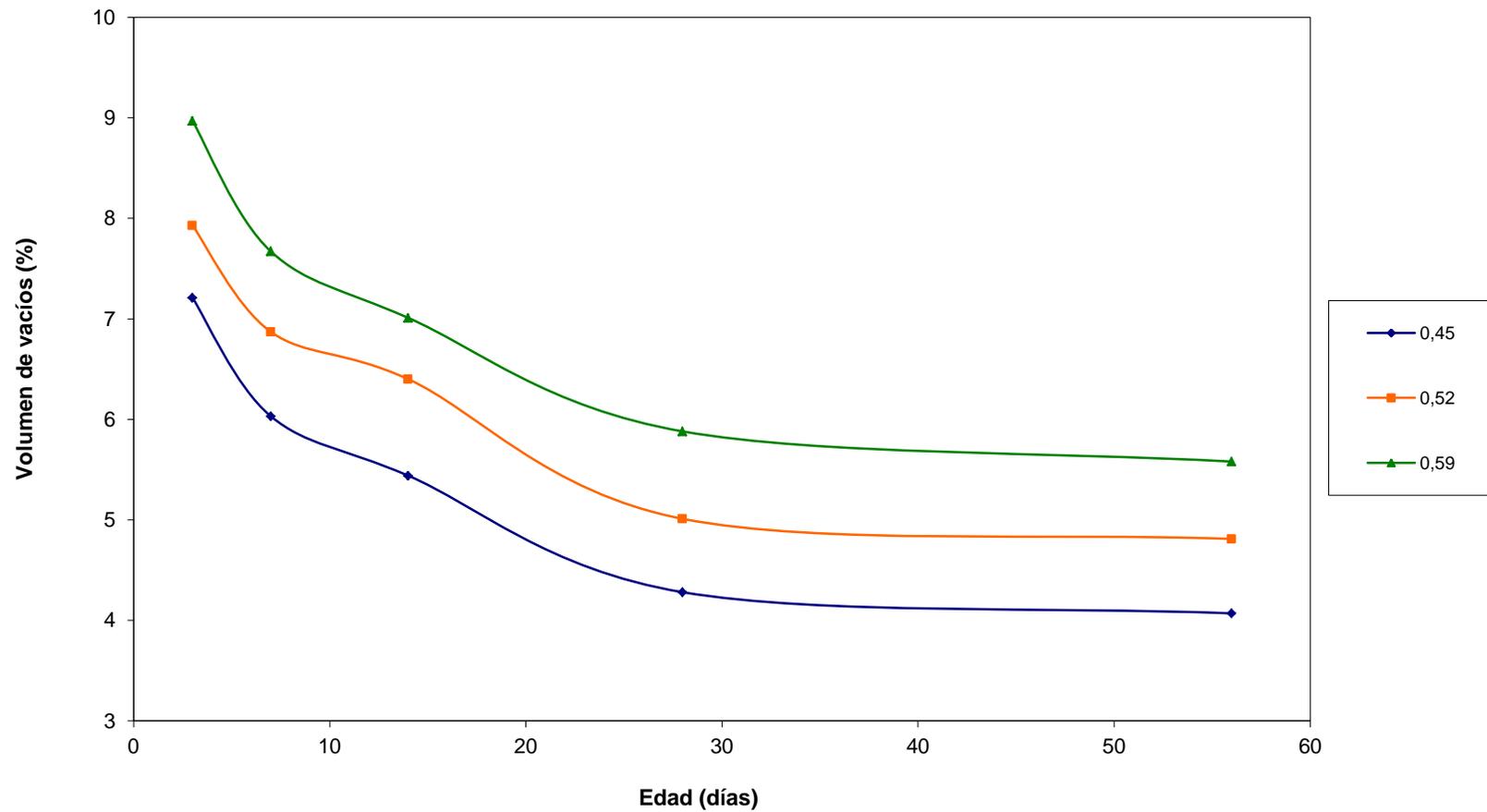
Absorción después de la inmersión y hervido







Volumen de poros permeables(vacíos)



CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Desviación estándar y coeficiente de variación.

El grado de control de la calidad y uniformidad del concreto, está sujeto a las variaciones debidas a la calidad de los materiales, en el proceso de puesta en obra. Es por eso que la experiencia de laboratorio, encargada del control de la calidad del concreto, se expresan numéricamente en términos del coeficiente de variación y en la desviación estándar del laboratorio.

Desviación estándar (S):

Es la raíz cuadrada positiva de la varianza. La varianza mide la dispersión de los datos con respecto a la media aritmética.

Para las condiciones indicadas en mi trabajo de investigación, la desviación estándar se calcula a partir de los resultados obtenidos, aplicando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X_p)^2 + (X_2 - X_p)^2 + \dots + (X_n - X_p)^2}{n - 1}}$$

Donde:

- S = Desviación estándar.
- n = Número de ensayos de la serie.
- X₁, X₂, X_n = Resultados de resistencia de muestras de ensayos individuales.
- X_p = Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

Así mismo se presenta en la siguiente tabla las restricciones que se deberán de tomar en el caso del número de muestreo un factor de corrección a la desviación estándar como establece la siguiente tabla:

Ensayos	Factor de corrección
Menos de 15	
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30	1,00

Como podemos ver, el cálculo de la desviación estándar para resultados con datos menores a 15 se puede omitir el factor de corrección en lo que respecta a precisión.

Coefficiente de variación (V):

El coeficiente de variación viene a resultar la división entre la desviación estándar y la media aritmética de las muestras, el cual nos dá un valor de confiabilidad del concreto, expresado en porcentaje. Para datos obtenidos en laboratorio, los valores de “V” deben ser menores que 5%.

$$V = \frac{S \times 100}{Xp}$$

Donde:

V = Coeficiente de variación (%)

S = desviación estándar

Xp = media aritmética

Los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación están dados en la siguiente tabla:

Valores del coeficiente de variación para diferentes grados de control

Grados de control	Coef. de variación
Obtenible sólo en ensayos de laboratorio bien controlados	5%
Excelente en obra	10 a 12 %
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Desviación estándar y coeficiente de variación para ensayos a compresión con
Cemento Pórtland Tipo I .**

Rel a/c	Edad (días)	Rc Promedio (kg/cm ²)	S (kg/cm ²)	Coef. de variación (%)
0,45	3	284	13,83	4,86
	7	373	18,30	4,90
	14	412	13,29	3,23
	28	424	7,31	1,73
	56	464	21,00	4,52
0,52	3	268	13,11	4,89
	7	347	15,75	4,54
	14	373	13,39	3,59
	28	392	7,40	1,89
	56	441	21,67	4,92
0,59	3	238	11,60	4,87
	7	316	13,15	4,16
	14	336	11,63	3,46
	28	360	10,27	2,85
	56	400	19,64	4,91



**Desviación estándar y coeficiente de variación para ensayos a tracción por
compresión diametral con Cemento Pórtland Tipo I .**

Rel a/c	Edad (días)	Rc Promedio (kg/cm ²)	S (kg/cm ²)	Coef.variación (%)
0,45	7	34	1,64	4,82
	14	40	1,66	4,21
	28	42	1,82	4,31
	56	44	2,13	4,87
0,52	7	32	1,40	4,32
	14	38	1,72	4,52
	28	40	1,46	3,65
	56	41	1,74	4,18
0,59	7	31	1,46	4,78
	14	36	1,20	3,34
	28	37	1,27	3,45
	56	39	1,44	3,68

5.2 Correlación entre porcentaje de vacíos y resistencia

5.2.1 Fundamento teórico

- **Correlación**

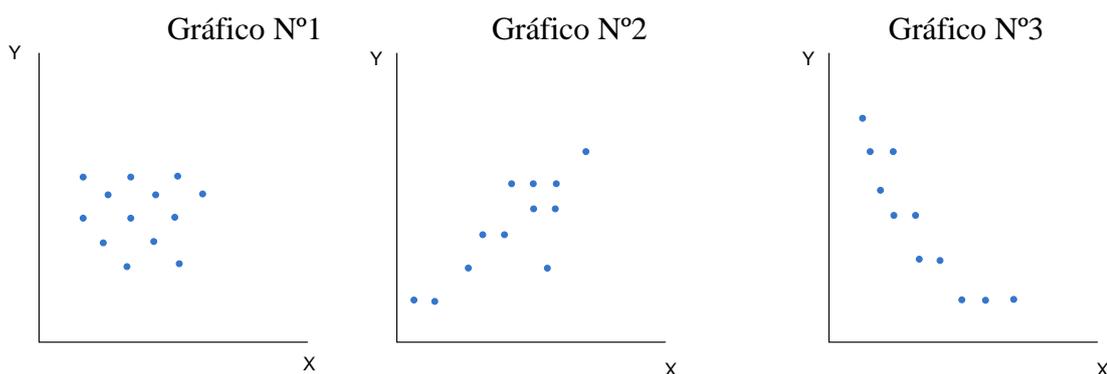
Existe correlación entre dos variables, cuando se observa que al variar una de ellas también varía la otra. Por lo tanto, resulta posible efectuar predicciones, acerca de la manera como cambiará una de ellas.

Hay que señalar que la correlación no significa causalidad necesariamente. El hecho de que una variable modifique sus magnitudes y también lo haga otra, no significa que la variación de una esté causando la variación de la otra; pudiera ser que ambas cambien de acuerdo a una tercera variable que actúa sobre las dos primeras.

- **Diagrama de Dispersión**

Una herramienta útil para examinar la posible presencia de correlación en el caso de dos variables, es el diagrama de dispersión, que consiste simplemente en la graficación de dichas variables en un sistema de ejes coordenados.

Por ejemplo:



En el gráfico N°1, el diagrama de puntos resulta bastante disperso. Los puntos no presentan una tendencia o forma fácilmente identificable. En este caso se puede afirmar que no existe relación entre ambas variables, o que dicha relación es sumamente débil; es decir que los valores de una de ellas no permite hacer predicciones acerca de la otra.

En el gráfico N°2, vemos que hay ciertas concentraciones de puntos a lo largo de un eje aproximadamente recto y de forma ascendente, que nos permite afirmar que a medida que los valores de x aumentan, los de y también tienden a aumentar. Esta relación no es matemáticamente exacta en todos los casos; hay algunos puntos que escapan a esta relación alejándose notablemente del eje identificado; pero como fenómeno estadístico, cabría afirmar que existe una tendencia a que los valores de “y” aumentan a medida que

aumentan los de “x”. En este caso podemos afirmar que existe una correlación entre “x” e “y”.

En el gráfico N°3, la figura es mucho más definida. Se observa que los puntos tienden a alinearse a lo largo de una curva que indica una clara relación entre los valores de “x” e “y”; en este caso dado un valor de “x”, se puede deducir un valor de “y” correspondiente, dentro de un rango bastante preciso.

- **Coefficiente de Pearson**

Nos mide el grado de correlación de dos variables. Su valor fluctúa entre -1 y 1, pasando por cero. Valores positivos indican que las dos variables aumentan o disminuyen al mismo tiempo; valores negativos significan que cuando una variable aumenta, la otra disminuye.

En el gráfico N° 1, los puntos están sumamente dispersos; por lo que el coeficiente de Pearson tendría un valor muy cercano a cero. En el gráfico N° 2, tendríamos un valor de “r” diferente de cero, pero tampoco muy cercano a 1. En el tercer caso, el valor de “r” sería más cercano a -1.

- **Regresión**

Si existe correlación entre dos variables cualquiera que sea el grado de esta correlación, existe una ley que relaciona la forma de variación de cada variable con respecto a la otra. Esta ley es la llamada regresión estadística. Por ejemplo en el gráfico 2, la ley que relaciona las variables x e y es el de una línea recta, y su ecuación es de la forma:

$$Y = a + b (x)$$

Lo cual no significa que todos los valores de “x” y de “y” responden a dicha ley, sino que la tendencia de variación de ambas variables corresponde a ella.

En el caso tercero, la ecuación será logarítmica, parabólica o exponencial.

La regresión estadística es por lo tanto una consecuencia de la correlación. Si existe correlación debe haber una ley de regresión que describa la forma o naturaleza de la relación existente entre las variables examinadas; esta ley podemos expresarla matemáticamente en una fórmula matemática.

Existen métodos que consisten fundamentalmente en observar el comportamiento de los pares de valores de las variables; y a base de dicha observación hacer la correspondiente deducción teórica.

Uno de los métodos es el de los mínimos cuadrados; y el caso más particular y sencillo de dicho método se da cuando se trata de ajustar una recta de regresión a un conjunto de puntos determinados por dos variables. Este caso es el denominado de regresión lineal simple, cuyas fórmulas para el cálculo de los parámetros son como siguen:

$$b = \frac{(n) \sum (XY) - (\sum X) (\sum Y)}{(n) \sum (X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

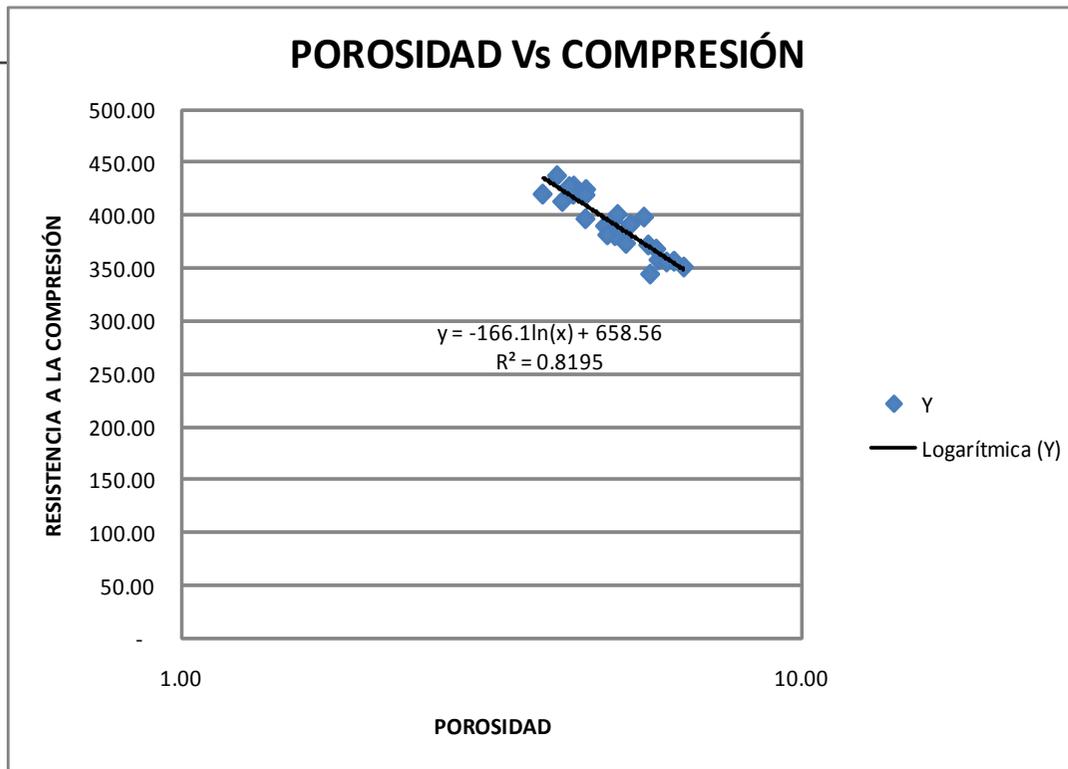
Donde \bar{x} e \bar{y} son las medias aritméticas de X e Y respectivamente.

Así mismo la fórmula operacional para el cálculo del coeficiente de correlación es:

$$r = \frac{[n \cdot \sum (XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)]^2}{[n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2] \cdot [n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}$$



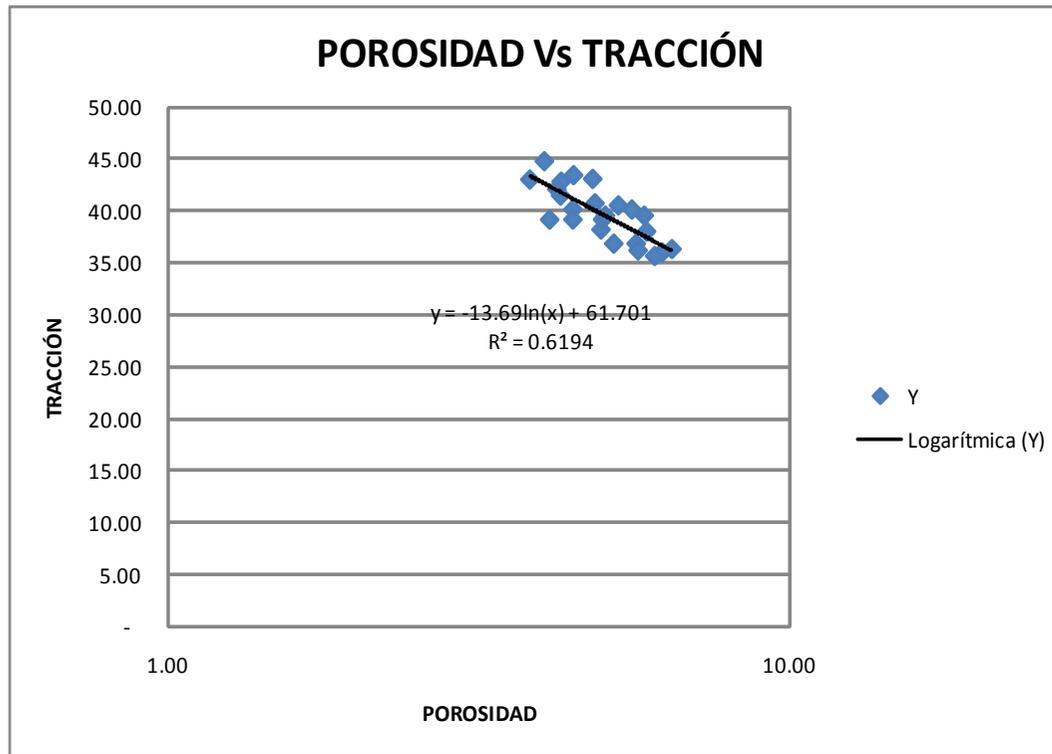
X	Y
4.29	427.64
3.82	419.99
4.28	419.89
4.03	437.30
4.49	424.33
4.48	419.20
4.22	427.03
4.11	413.04
4.97	394.79
4.82	389.99
5.00	380.92
5.57	398.38
5.05	400.86
5.30	391.49
4.48	396.76
4.86	381.66
5.66	372.17
6.46	351.39
5.21	373.67
5.88	358.09
6.23	356.86
6.06	356.17
5.70	344.74
5.83	368.25



<i>Estadística de la Regresión</i>	
Coficiente de correlación múltiple	0.905
Coficiente de determinación R ²	0.819
R ² Ajustado	0.811
Error típico	12.22
Observaciones	24



X	Y
4.29	42.82
3.82	43.03
4.28	41.49
4.03	44.79
4.49	43.45
4.48	40.16
4.22	42.10
4.11	39.18
4.97	38.23
4.82	43.09
5.00	39.19
5.57	40.15
5.05	39.57
5.30	40.55
4.48	39.19
4.86	40.75
5.66	36.88
6.46	36.36
5.21	36.88
5.88	38.05
6.23	36.04
6.06	35.69
5.70	36.23
5.83	39.57



<i>Estadística de la Regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.7881165
Coefficiente de determinación R ²	0.6211276
R ² Ajustado	0.6039061
Error típico	1.6482739
Observaciones	24

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para el caso de los ensayos granulométricos realizados, he llegado a la conclusión que se encuentran dentro de los parámetros y límites establecidos según la Norma Técnica Peruana 400.037, por consiguiente los agregados se constituyen en elementos aptos para poder realizar los diseños de mezcla necesarios para los estudios.
2. En el caso de los agregados, estos influyen en las propiedades del concreto, tales como la resistencia, durabilidad, conductibilidad, trabajabilidad, asentamiento y otras propiedades más.
3. Lo que se debe tomar en cuenta obligatoriamente cada vez que se quiera realizar un diseño de mezcla son el porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados, debido a que estos valores nos llevan a aumentar o disminuir los volúmenes de agua en la mezcla, para poder tener una buena dosificación.
4. En los cuadros del peso unitario del concreto para el cemento Tipo I (SOL), se puede apreciar que el concreto elaborado se considera como un concreto de peso normal ya que el peso unitario está dentro del rango de 2200-2500 kg/m³ para las 3 relaciones agua cemento (0,45;0,52 y 0,59).
5. Los datos obtenidos en laboratorio para ensayos de compresión son aceptables, ya que su coeficiente de variación es menor al 5%.
6. Según el gráfico de absorción después de la inmersión observamos que el porcentaje de absorción tiende a disminuir conforme aumentan los días de curado.
7. Según el gráfico de absorción después de la inmersión y hervido observamos que el porcentaje de absorción tiende a disminuir conforme aumentan los días de curado.
8. Según el gráfico de volumen de vacíos el porcentaje de volumen de vacíos tiende a disminuir conforme aumentan los días de curado.

9. En el diagrama de dispersión y recta de regresión para los ensayos de porosidad y resistencia a la compresión, los puntos que correlacionan la porosidad(X) y la resistencia a la compresión a los 28 días (Y), presentan una concentración a lo largo de un eje aproximadamente recto y de forma descendente. Esto me permite afirmar que hay una tendencia a que los valores de “Y” disminuyan a medida que aumentan los de “X”
10. En el diagrama de dispersión y recta de regresión para los ensayos de porosidad y resistencia a la tracción, los puntos que correlacionan la porosidad(X) y la resistencia a la tracción a los 28 días (Y), presentan una concentración a lo largo de un eje aproximadamente recto y de forma descendente. Esto me permite afirmar que hay una tendencia a que los valores de “Y” disminuyan a medida que aumentan los de “X”.
11. En el análisis de regresión, para los ensayos de porosidad y resistencia a la compresión, la ecuación de la recta de regresión del concreto es $y = -166.1 \ln(x) + 658.56$
12. En el análisis de regresión, para los ensayos de porosidad y resistencia a la tracción, la ecuación de la recta de regresión del concreto es $y = -13.69 \ln(x) + 61.701$

BIBLIOGRAFÍA

ADAM M. NEVILLE. Tecnología del Concreto. Instituto Mexicano del. Cemento y del Concreto. México-1999

RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. Tecnología del Concreto.- Diseño de mezclas. Segunda Edición 2007

PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE. Tópicos de Tecnología del Concreto. Ediciones Colegio de Ingenieros del Perú, 1998

INDECOPI. Normas Técnicas Peruanas

CEMENTOS LIMA. Folletos Informativos

FOTOS

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO



PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO



PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO



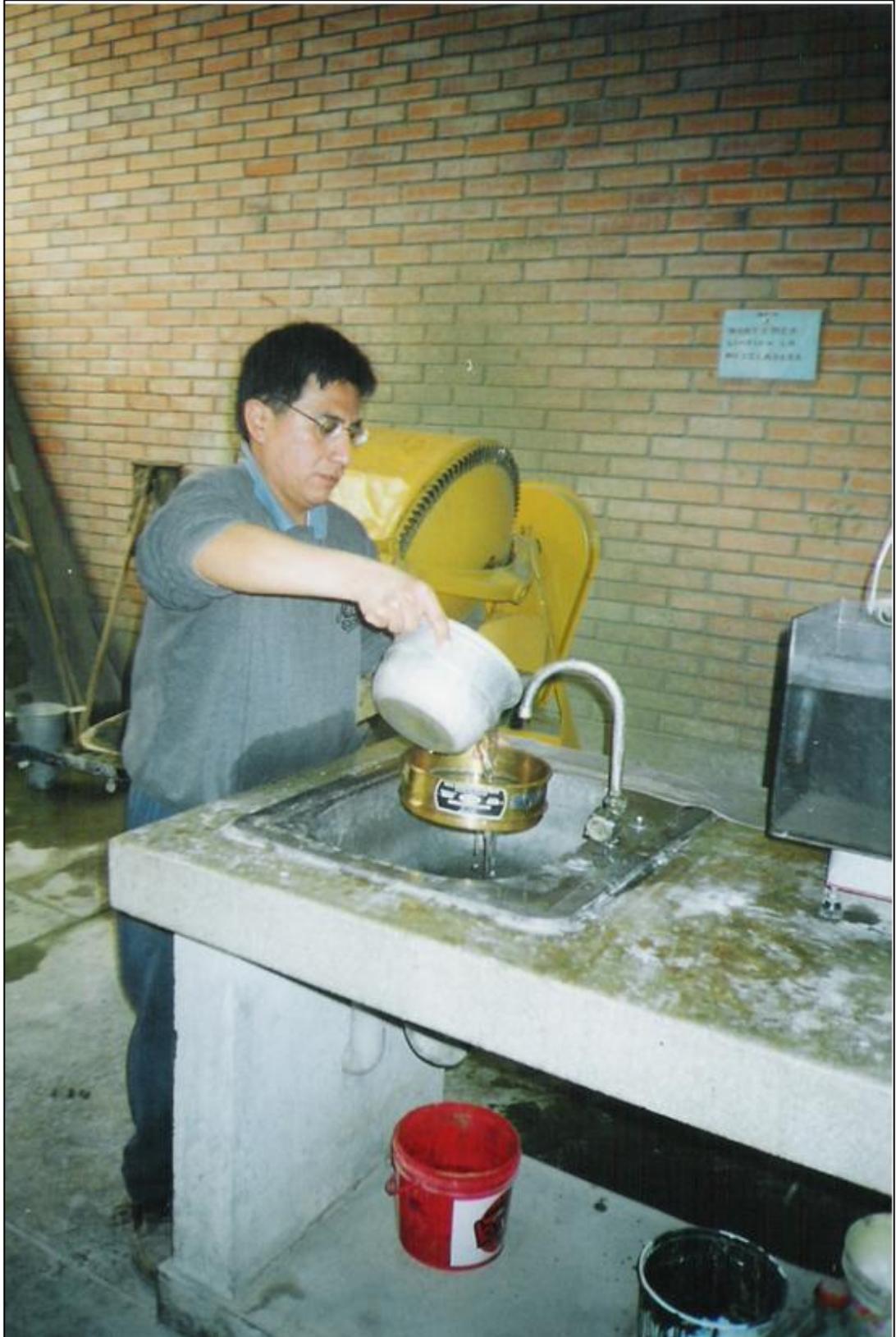
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO



MÉTODO DEL CUARTEO



MALLA 200



PREPARACIÓN DEL CONCRETO



PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO



CONTENIDO DE AIRE



ASENTAMIENTO DEL CONCRETO



COMPACTACIÓN DEL CONCRETO



CURADO DE PROBETAS



PREPARACIÓN DEL CAPPING



ROTURA A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL



ROTURA A COMPRESIÓN



PESO SECO



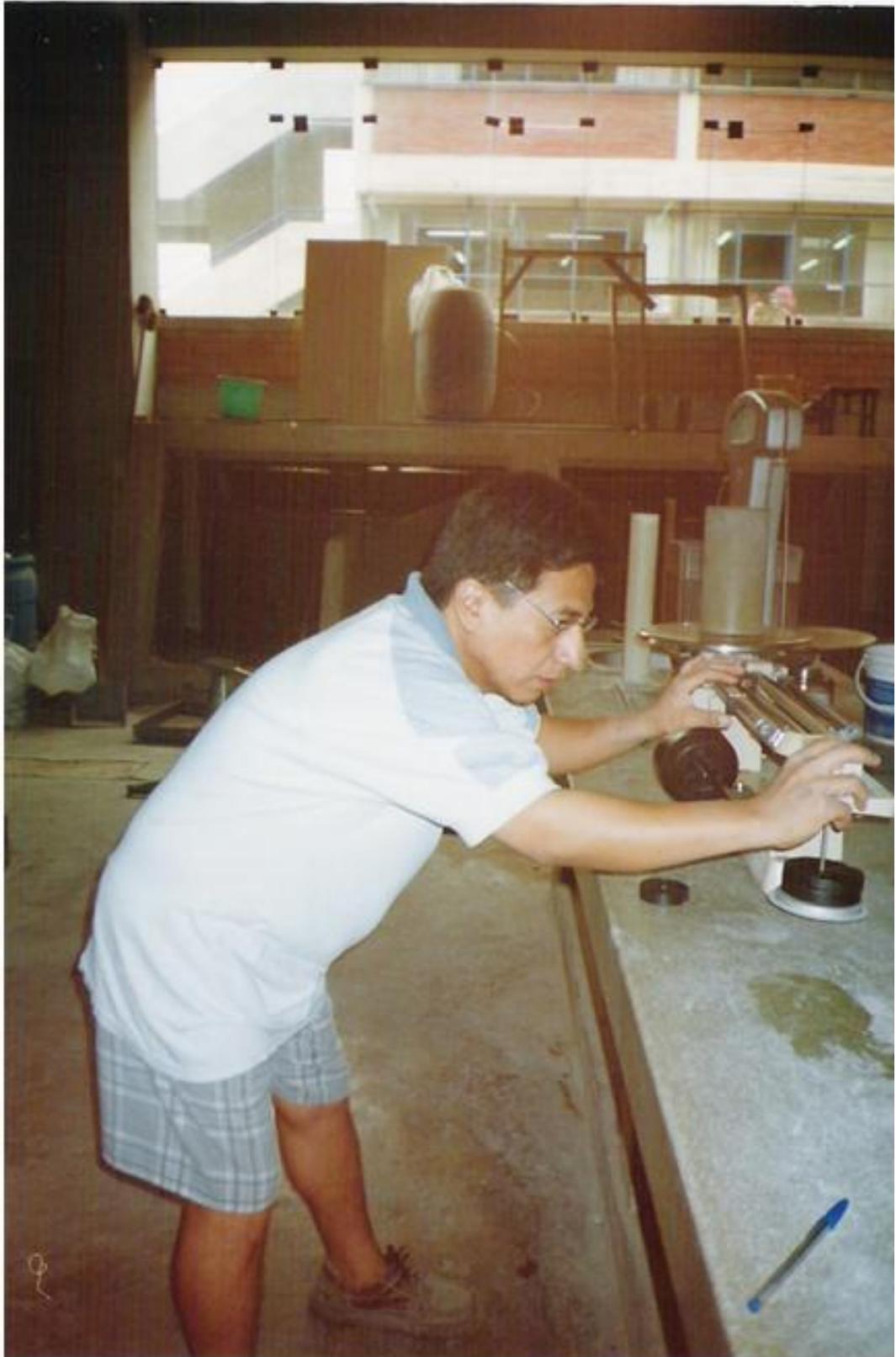
INTRODUCIENDO PROBETAS EN AGUA HIRVIENDO



SACANDO PROBETAS DEL AGUA FRÍA



PESO SATURADO DESPUÉS DEL HERVIDO



PESO APARENTE SUMERGIDO

