

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“CORROSIÓN POR CLORURO DE SODIO DEL CONCRETO
DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA, USANDO CEMENTO
TIPO I, SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

UBERLINDA ZEVALLOS FLORES

ASESOR

Ing. CARLOS BARZOLA GASTELÚ

LIMA- PERÚ

2020

A la memoria de mi padre.

Mi agradecimiento al Ing. Carlos Barzola Gastelú, por compartir su tiempo y acercarnos al conocimiento y el saber. Además, estoy agradecida con todos los compañeros que me motivaron a realizar y culminar la tesis.

INDICE

INDICE	1
RESÚMEN	4
ABSTRACT	5
PRÓLOGO	6
LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE GRÁFICOS	8
LISTA DE FOTOS	9
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	10
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	13
2.1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	13
2.1.1. Corrosión	13
2.1.2. Situación de Equilibrio y la Entropía	13
2.1.3. La Inercia y la Energía de Activación.....	14
2.1.4. Corrosión del Concreto	15
2.1.5. Condiciones del Medio	15
2.1.6. La Durabilidad	18
2.2. DISEÑO DE CONCRETOS POR DURABILIDAD	19
2.2.1. Concreto Expuesto a Congelamiento y Descongelamiento	19
2.2.2. Concreto Expuesto a Condiciones Especiales.....	20
2.2.3. Concreto Expuesto a Sulfatos	20
2.2.4. Concreto Armado Expuesto a Cloruros	21
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	22
3.1. EL PROBLEMA	22
3.1.1. Formulación del Problema.	22
3.2. OBJETIVOS	23
3.2.1. Objetivo General.....	23

3.2.2. Objetivos Específicos	23
3.3. HIPÓTESIS	23
3.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN	23
3.4.1. Características y Propiedades de los Agregados	24
3.4.2. Diseño de Mezcla de Concreto	28
3.4.3. Propiedades del Concreto Fresco.....	32
3.4.4. Propiedades del Concreto Endurecido	35
3.4.5. Corrosión del Concreto.....	36
3.4.6. Durabilidad del Concreto	38
3.4.7. Análisis Costo-Beneficio	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	40
4.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	40
4.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.....	41
4.2.1. Agregado Global.....	41
4.2.2. Dosificación del Concreto	43
4.2.3. Consistencia y Trabajabilidad	44
4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	45
4.3.1. Peso Unitario del Concreto Fresco	45
4.3.2. Porcentaje de Aire Atrapado.....	46
4.3.3. Fluidéz	47
4.3.4. Exudación	48
4.3.5. Tiempo de Fragua	49
4.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	50
4.4.1. Resistencia a la Compresión	50
4.5. CORROSIÓN DEL CONCRETO.....	52
4.5.1. Variación del Peso Seco del Concreto.....	52
4.5.2. Absorción del Concreto	63
4.5.3. Durabilidad del Concreto	67

4.5.4. Correlación de la Absorción y la Durabilidad del Concreto	69
4.6. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	70
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	79

RESÚMEN

El presente es un trabajo experimental sobre la corrosión del concreto y su durabilidad, frente al ataque por humedecido en agua con cloruro de sodio (100 g/l), y secado al horno a 100°C durante 30 ciclos, (Díaz, 1994). Para esto se ha producido tres mezclas de concreto patrón con a/c: 0.50, 0.45 y 0.40, con arena, piedra, agua y cemento portland tipo I, y mezclas de concreto al que se le añadió un superplastificante (3% constante para todas las mezclas en estudio) y tres proporciones de microsilíce: 5%, 7.5% y 10%, así se obtuvo cuatro mezclas por cada relación a/c, llegando a doce mezclas en total. El concreto con aditivo y microsilíce ha sido comparado con el concreto patrón en los ensayos que se realizaron: absorción, corrosión y resistencia a la compresión.

La absorción del concreto con aditivo y microsilíce disminuyó entre el 46% y 67% respecto a la absorción del concreto patrón. Las absorciones más bajas se obtuvieron para los concretos con a/c: 0.50, 0.45 y 0.40 con aditivo y microsilíce de 7.5%, 10% y 5% respectivamente. De los ensayos de corrosión se observó que la durabilidad del concreto aumenta a medida que la absorción disminuye, siendo la absorción, a los 28 días de curado, un indicador de la durabilidad del concreto: "A menor absorción mayor durabilidad".

La resistencia a la compresión del concreto, a los 28 días de curado, disminuyó ligeramente a medida que aumentó la durabilidad del concreto. La resistencia a la compresión del concreto con aditivo y microsilíce, alcanzó entre 188% y 233% respecto a la resistencia del concreto patrón. Las máximas resistencias para las relaciones a/c: 0.50, 0.45 y 0.40 se obtuvieron con aditivo y microsilíce de 10%, 10% y 7.5% respectivamente.

Palabras clave: Corrosión del concreto, durabilidad del concreto, absorción del concreto.

ABSTRACT

This research shows an experimental work on the corrosion of the concrete and its durability, against the attack by moistening in water with sodium chloride (100 g / l), and drying in the oven at 100°C for 30 cycles, (Díaz, 1994). For this experimental, three mixtures of concrete have been produced with water/cement: 0.50, 0.45 and 0.40. Portland cement type I has been used and concrete mixtures and superplasticizer has been added (3% constant for all the mixtures under study) and three proportions of microsilica: 5%, 7.5% and 10%. Four mixtures per each water/cement ratio have been obtained, reaching twelve mixtures in total. The concrete with additive and microsilica has been compared with the concrete pattern in the tests that were carried out: absorption, corrosion and resistance to compression.

The absorption of the concrete with additive and microsilica decreased between 46% and 67% with respect to the absorption of the standard concrete. The lowest absorptions were obtained for concretes with water/cement: 0.50, 0.45 and 0.40 with additive and microsilica of 7.5%, 10% and 5%, respectively. From the corrosion tests it was observed that the durability of the concrete increases as the absorption decreases, being the absorption, after 28 days of curing, an indicator of the durability of the concrete: The lower the absorption the greater the durability.

The compressive strength of the concrete, after 28 days of curing, decreased slightly as the durability of the concrete increased. The compressive strength of the concrete with additive and microsilica, reached between 188% and 233% with respect to the strength of the concrete. The maximum resistances for the ratios water/cement: 0.50, 0.45 and 0.40 were obtained with additive and microsilica of 10%, 10% and 7.5%, respectively.

Key words: Corrosion of concrete, durability of concrete, absorption of concrete.

PRÓLOGO

La presente Tesis titulada: “Corrosión por Cloruro de Sodio del Concreto de Mediana a Alta Resistencia, Usando Cemento Tipo I Superplastificante y Microsilíce”, tiene una gran importancia debido a que la durabilidad del concreto está sujeto a una serie de ataques externos, sean procesos atmosféricos o contactos con materiales externos, y además porque también logran penetrar en el concreto, la destrucción se origina dentro de la masa del concreto. Esta situación está poco estudiada y el haber hecho este estudio nos da nuevas luces acerca de la durabilidad del concreto, y que añadiendo productos como los aditivos y la microsilíce nos permite hacer una evaluación más exhaustiva acerca de la posibilidad de generar una mayor durabilidad de este material.

Finalmente, este aporte va servir para la comunidad de ingenieros y para los estudiantes a quienes les va permitir continuar estudiando este gran problema que origina grandes costos por reparación en el país y en el mundo.

Ing. Carlos Barzola Gastelú.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1.- Tipos de corrosión del concreto.	16
Cuadro 2.2.- Aire total para concreto resistente a las heladas.	19
Cuadro 2.3.- Condiciones especiales de exposición.	20
Cuadro 2.4.- Concreto expuesto a soluciones de sulfato.	21
Cuadro 2.5.- Contenido máximo de ion cloruro soluble en agua.	21
Cuadro 3.1.- Huso DIN 1045 para el agregado global.	30
Cuadro 3.2.- Volumen unitario de agua (sin aire incorporado).	30
Cuadro 3.3.- Contenido de aire atrapado.	33
Cuadro 3.4.- Resistencia a la compresión y contenido de cemento.	35
Cuadro 3.5.- Precio de los materiales en soles.	39
Cuadro 4.1.- Características y propiedades de la arena.	40
Cuadro 4.2.- Características y propiedades de la piedra.	41
Cuadro 4.3.- Peso unitario compactado del agregado global.	41
Cuadro 4.4.- Resistencia f_c para diferentes porcentajes de arena.	42
Cuadro 4.5.- Características de los materiales del concreto.	43
Cuadro 4.6.- Dosificaciones finales del concreto.	44
Cuadro 4.7.- Asentamiento del concreto fresco.	45
Cuadro 4.8.- Peso unitario del concreto fresco.	46
Cuadro 4.9.- Porcentaje de aire atrapado del concreto fresco.	46
Cuadro 4.10.- Fluidez del concreto fresco.	47
Cuadro 4.11.- Exudación del concreto fresco.	48
Cuadro 4.12.- Tiempo de fragua del concreto fresco.	49
Cuadro 4.13.- Resistencia a la compresión a 28 días de curado.	50
Cuadro 4.14.- Variación de peso seco del concreto.	60
Cuadro 4.15.- Absorción del concreto.	64
Cuadro 4.16.- Absorción del concreto a los 28 días de edad.	66
Cuadro 4.17.- Durabilidad del concreto respecto al concreto patrón.	68
Cuadro 4.18.- Absorción, f_c y durabilidad del concreto patrón.	69
Cuadro 4.19.- Absorción, f_c y D del concreto con microsílíce.	70
Cuadro 4.20.- Costo por metro cubico de concreto.	71
Cuadro 4.21.- Costo - beneficio del concreto del concreto patrón.	71
Cuadro 4.22.- Costo - beneficio del concreto con microsílíce.	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1.- Energía de activación (Gonzales, 1989, p.4).....	14
Gráfico 4.1.- %Ar versus el PUC del agregado global.....	41
Gráfico 4.2.- Comparación del PUC y $f'c$ para diferentes %Ar.....	42
Gráfico 4.3.- Granulometría del agregado global.	43
Gráfico 4.4.- Asentamiento del concreto fresco.	45
Gráfico 4.5.- Peso unitario del concreto fresco.	46
Gráfico 4.6.- Porcentaje de aire atrapado del concreto fresco.	47
Gráfico 4.7.- Fluidez del concreto fresco.....	48
Gráfico 4.8.- Exudación del concreto fresco.....	48
Gráfico 4.9.- Tiempo de fragua inicial.	49
Gráfico 4.10.- Tiempo de fragua final.....	50
Gráfico 4.11.- Resistencia a la compresión a 28 días de curado.	51
Gráfico 4.12.- Relación de $f'c$ del concreto con microsilíce y concreto patrón....	52
Gráfico 4.13.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.50$, en 30 ciclos.	59
Gráfico 4.14.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.45$, en 30 ciclos.	59
Gráfico 4.15.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.40$, en 30 ciclos.	60
Gráfico 4.16.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.50$	61
Gráfico 4.17.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.45$	62
Gráfico 4.18.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.40$	63
Gráfico 4.19.- Absorción del concreto $a/c=0.50$	65
Gráfico 4.20.- Absorción del concreto $a/c=0.45$	65
Gráfico 4.21.- Absorción del concreto $a/c=0.40$	66
Gráfico 4.22.- Absorción del concreto a los 28 días de edad.	67
Gráfico 4.23.- Durabilidad del concreto respecto al concreto patrón.....	68
Gráfico 4.24.- Correlación: D , $f'c$ y Absorción del concreto patrón.	69
Gráfico 4.25.- Correlación: D , $f'c$ y Absorción del concreto con microsilíce.	70
Gráfico 4.26.- Costo - beneficio del concreto del concreto patrón.....	71
Gráfico 4.27.- Costo - beneficio del concreto con microsilíce.....	72

LISTA DE FOTOS

Foto 4.1.-	Probetas de concreto patrón sanas y corroídas $a/c=0.50$	53
Foto 4.2.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.50$ con aditivo y 5% de microsílíce.	53
Foto 4.3.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.50$ con aditivo y 7.5% de microsílíce.	54
Foto 4.4.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.50$ con aditivo y 10% de microsílíce.	54
Foto 4.5.-	Probetas de concreto patrón sanas y corroídas de $a/c=0.45$	55
Foto 4.6.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.45$ con aditivo y 5% de microsílíce.	55
Foto 4.7.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.45$ con aditivo y 7.5% de microsílíce.	56
Foto 4.8.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.45$ con aditivo y 10% de microsílíce.	56
Foto 4.9.-	Probetas de concreto patrón sanas y corroídas de $a/c=0.40$	57
Foto 4.10.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.40$ con aditivo y 5% de microsílíce.	57
Foto 4.11.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.40$ con aditivo y 7.5% de microsílíce.	58
Foto 4.12.-	Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.40$ con aditivo y 10% de microsílíce.	58

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

a/c	: Relación agua cemento
Asent.	: Asentamiento del concreto fresco
C.V.	: Coeficiente de variación
f'c	: Resistencia a la compresión del concreto
D	: Indicador de la durabilidad
f'c_{corroído}	: Resistencia a la compresión del concreto corroído
F	: Carga máxima
h	: Altura de la probeta
PEM	: Peso específico de masa
PEM_{sss}	: Peso específico de masa saturada superficialmente seca
PEA	: Peso específico aparente
PUS	: Peso unitario suelto
PUC	: Peso unitario compactado
SE	: Superficie específica
Ø	: Diámetro de la probeta
Ø_m	: Diámetro promedio de la muestra de agregado
%Ar	: Porcentaje de arena
%Pi	: Porcentaje de piedra
%R	: Porcentaje de agregado retenido en la malla
%P	: Porcentaje de agregado que pasa
Pa+Ad+5%Mi	: Concreto patrón con 3% de aditivo y 5% de microsílíce.
Pa+Ad+7.5%Mi	: Concreto patrón con 3% de aditivo y 7.5% de microsílíce.
Pa+Ad+10%Mi	: Concreto patrón con 3% de aditivo y 10% de microsílíce.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, está diseñado para satisfacer las exigencias de una estructura, cuya característica principal es la resistencia a la compresión. Cuando se identifica agentes corrosivos en el medio ambiente al que estará expuesto la estructura, tomará preponderancia la durabilidad, por lo que en el diseño se tendrá en cuenta la condición química (ion cloruro soluble) y la estructura física (aire incorporado y poros capilares) del concreto.

El concreto en presencia de sales y sulfatos se corroe químicamente, su velocidad dependerá del tipo de sales y sulfatos y de las condiciones de exposición. El concreto puede convivir con las sales y sulfatos en estado seco, basta la humedad para activar el proceso de corrosión. Incluso el agua que pareciera amigable e inerte puede convertirse en un agente peligroso para el concreto en determinadas condiciones de temperaturas (Comité ACI 201, 2008). Es decir, un concreto durara más en un ambiente mientras en otro será vulnerable a la corrosión. Desde principios del siglo pasado, cuando se incorporó el acero de refuerzo en el concreto, las estructuras se han vuelto más vulnerables a la corrosión (Rivva, 2010), sobre todo por la oxidación del acero, en este caso el concreto además de aportar a la resistencia debe hacer de barrera de protección para el acero.

Desde la década del 60 del siglo pasado, se dieron las bases para un mejor entendimiento de las propiedades y características del concreto, donde se va diferenciando la durabilidad de la resistencia a la compresión, que hasta ese entonces se consideraba como consecuencia el uno del otro (Girón, 2010). Las investigaciones demostraron que ante el congelamiento y deshielo los concretos con menos resistencia a la compresión y con aire incorporado eran más durables que concretos más resistentes y densos (Comité ACI 201, 2008). Y para la mayoría de casos, cuando se necesita un concreto muy resistente o concreto con refuerzo, las investigaciones señalaron que la estructura de los poros que determinan la permeabilidad del concreto, esta directamente ligado a su durabilidad (Girón 2010).

Por lo anterior, esta tesis consiste en un trabajo experimental sobre el comportamiento del concreto de mediana a alta resistencia, elaborado con

cemento tipo I con superplastificante y adiciones de microsilíce, frente a la corrosión acelerada por humedecido en agua con cloruro de sodio, en una concentración de 100 g/l, y secado al horno a 100°C durante 30 ciclos. Teniendo en consideración que la microsilíce modifica la estructura de los poros del concreto se ha planteado la siguiente hipótesis: “La microsilíce es 100 veces más pequeña que un grano de cemento promedio, al añadirla a la mezcla de concreto, con dosificación y relación a/c adecuadas, puede densificar el concreto y modificar la estructura de los poros, logrando un concreto de menor permeabilidad y por lo tanto resistente a la corrosión”. Con esta finalidad esta tesis se divide en cuatro capítulos y, las conclusiones y recomendaciones. El primer capítulo es la introducción, los otros capítulos se describirán a continuación:

El segundo capítulo se trata del fundamento teórico, donde se observa la teoría y las normas de diseño por durabilidad del concreto en el Perú.

El tercer capítulo se trata del planteamiento metodológico, donde se plantea el problema, los objetivos, la hipótesis y el programa de ejecución. En el programa de ejecución se ha descrito de manera lógica el procedimiento de los ensayos e instrumentos para la obtención de los datos tanto de los agregados, del diseño del concreto, las propiedades del concreto fresco, del concreto endurecido, así también para obtener los datos del ensayo de corrosión del concreto. En los anexos aparecen todos los resultados de los ensayos.

El cuarto capítulo se trata del análisis de los resultados de los ensayos y cálculos que se establecieron en el programa de ejecución del capítulo anterior.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

2.1.1. Corrosión

Es un fenómeno natural que tiene un sentido irreversible expresa la tendencia de un cuerpo o sistema hacia un estado de equilibrio, se expresa como el deterioro de un material a causa de su reacción con el medio ambiente (Gonzales, 1989).

La corrosión puede desencadenarse por medios químicos, electroquímicos y físicos. Por ejemplo, los metales se oxidan por que tienden a volver al estado en el que se encontraban en la naturaleza como minerales; las rocas buscan las formas más estables por efecto de las fuerzas de intemperismo (Gonzales, 1989).

2.1.2. Situación de Equilibrio y la Entropía

De acuerdo con los principios de la termodinámica, a presión y temperatura constante, condiciones usuales en los procesos de corrosión, la energía libre del sistema disminuye, de forma que habrá equilibrio cuando la energía libre sea mínima (Gonzales, 1989). Cuando un sistema no está en equilibrio, tiende espontáneamente a alcanzarlo, en el equilibrio su estado es tal que no puede experimentar ningún cambio espontaneo (UCLM, *Fundamentos Químicos de la Ingeniería, 2011*).

$$\text{Energía Libre (sistema inestable)} > \text{Energía Libre (equilibrio)}..(1)$$

Por principio de conservación de la energía, si la energía libre disminuye desde un estado inestable a un estado de equilibrio, esa variación de energía aumenta la entropía. La entropía se manifiesta en el cambio de orden molecular de un sistema, y es máximo en el estado de equilibrio.

$$\text{Energía Libre (disminuye)} \rightarrow \text{Entropía (aumenta)}..... (2)$$

“Las diferencias entre la condición real del sistema y la condición de equilibrio constituye las denominadas fuerzas impulsoras o potenciales de

los distintos fenómenos físicos y químicos, transcurriendo estos con velocidades proporcionales a las mismas e inversamente proporcionales a las resistencias que a dichos fenómenos opone el sistema.” (UCLM, *Fundamentos Químicos de la Ingeniería*, 2011, p.85).

$$\text{Velocidad de tendencia al equilibrio} \propto \frac{\text{Fuerzas Impulsoras}}{\text{Resistencia al cambio}} \dots (3)$$

2.1.3. La Inercia y la Energía de Activación

Sin importar su estado, la materia nos muestra la propiedad de la inercia, que nos indica que la materia no cambia a menos que una fuerza externa la provoque. Para que se produzcan los cambios en la materia, como el fenómeno de la corrosión, debe existir una energía mínima, llamada energía de activación (Gonzales, 1989).

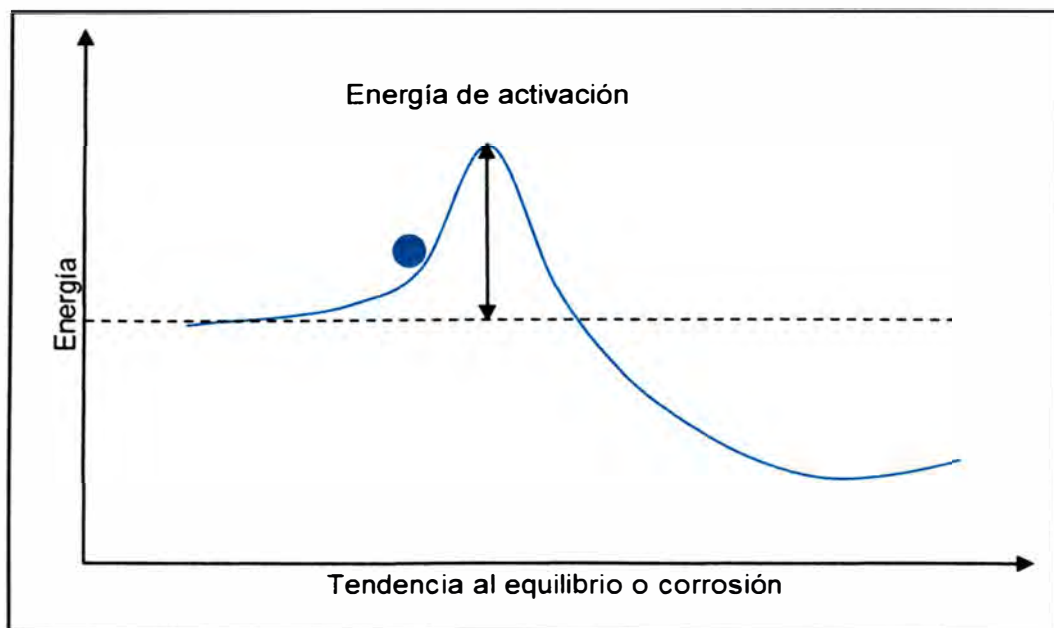


Gráfico 2.1.- Energía de activación (Gonzales, 1989, p.4).

Sin la energía de activación nada frenaría la tendencia hacia un estado de equilibrio. Se comprende que para que la corrosión sea tan lenta o el material sea durable, se debe encontrar la condición que sirva de barrera para la energía de activación de la corrosión.

2.1.4. Corrosión del Concreto

La corrosión del concreto es la destrucción o deterioro de la estructura original del concreto por medios químicos o físicos, provocados por las condiciones agresivas del medio al que está expuesto (energía libre del sistema). Un concreto corroído pierde su estructura compacta, pierde masa y resistencia, su entropía se incrementa con una tendencia a recuperar su estado anterior, tomando forma de áridos.

Si las condiciones del sistema, concreto-medio ambiente, son suficientes para alcanzar la energía de activación se produce la corrosión. De la relación (3) se desprende lo siguiente:

$$\frac{\text{Corrosión}}{\text{Tiempo de corrosión}} \propto \frac{\text{Medio agresivo}}{\text{Durabilidad}} \dots\dots (4)$$

2.1.5. Condiciones del Medio

Las estructuras de concreto están expuestas durante su vida útil al ataque químico y físico de diferentes agentes, por esta razón es muy importante el estudio de las características climáticas más relevantes de la región en la que se ubicará la estructura, es decir, los cambios estacionales de la dirección de los vientos, la temperatura, la humedad relativa y la precipitación pluvial. Un medio será ofensivo si las concentraciones de agentes ofensivos son altos, por esto es importante el estudio químico de los suelos y aguas subterráneas, y hasta podría ser útil contar con el análisis de la composición química del agua de mar (Girón, 2010).

Si bien no se cuenta con valores numéricos sobre una magnitud asociada a la energía de activación de la corrosión del concreto, cualitativamente se conoce que la corrosión y su velocidad dependerá del tipo y concentración del agente corrosivo y, de las condiciones de humedad, temperatura y presión del medio ambiente al que está expuesto el concreto. Las estructuras de concreto pueden convivir con agentes peligrosos sin ningún problema en determinadas condiciones climáticas, por ejemplo: los cloruros y sulfatos en condiciones secas no significan un problema, pero la presencia de humedad puede dar pie a la corrosión; el

agua en climas cálidos no significa un problema, pero temperaturas bajas puede desencadenar el hielo y deshielo y corroer el concreto.

A continuación se muestra el Cuadro 2.1 donde se resume los procesos y agentes corrosivos más frecuentes en el concreto.

Cuadro 2.1.- Tipos de corrosión del concreto.

Corrosión		Mecanismo	Agente
	Tipo		
Química	Disolución	Reacción acido-base. El ácido reacciona con el hidróxido de calcio de la pasta o con los agregados calizos y dolomíticos; los ácidos fuertes reaccionan con todos los hidratos de silicato de calcio. La reacción produce compuestos de calcio solubles en agua.	Ácidos con Ph menores a 6.
	Expansión	La reacción de los sulfatos con los componentes del cemento forma compuestos de mayor volumen que el que ellos reemplazan, esto causa una fuerza expansiva que agrieta y puede romper el concreto. Los sulfatos reaccionan con el aluminato de calcio hidratado para producir etringita con aumento de volumen. Igualmente reaccionan con el hidróxido de calcio (cal libre) para producir yeso cuyo volumen es el doble del de los sólidos iniciales.	Sulfatos de amonio, calcio, sodio, potasio y magnesio. Los sulfatos de cobre, aluminio y bario, son menos agresivos pero igual dañinos.
	Carbonatación	Reacciona el dióxido de carbono CO_2 , con el hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$, produciendo carbonato de calcio $CaCO_3$. Se reduce la alcalinidad del concreto que originalmente tiene un Ph mayor de 12, a un Ph menor de 9.5. La carbonatación puede ser beneficiosa para un concreto simple porque la densifica reduciendo su permeabilidad, pero para el concreto armado favorece la corrosión del acero de refuerzo que se oxida, se hincha, fisura y puede romper el concreto.	Dióxido de carbono CO_2 del aire, también puede estar presente en la mezcla de concreto.

Corrosión		Mecanismo	Agente
	Tipo		
Física	Cristalización	Debe existir el proceso de humedecido y secado. Durante el humedecido los agentes que se encuentran disueltos ingresan a los vacíos y poros y se mantienen bajo la presión del medio, cuando se produce el secado los agentes disueltos se cristalizan, aumenta la presión en los poros y ocurre el descascamiento del concreto.	Cloruros en el medio, cloruros libres en el concreto y el hidróxido de sodio (soda caustica).
		El hidróxido penetra en el concreto y reacciona con el CO ₂ del aire formando sales que se cristalizan y ejercen presiones en los poros del concreto.	Bases como el hidróxido de sodio NaOH (soda caustica), hidróxido de amonio NH ₄ OH (amoníaco) y el Dióxido de carbono CO ₂ .
		Congelamiento y descongelamiento del agua. El agua penetra en el concreto por absorción y al congelarse en los poros capilares de la pasta y los agregados, se convierte en hielo aumentando su volumen en un 9%, los cristales de hielo atraen por succión el agua no congelada presente en los pequeños poros que los rodean con el consiguiente crecimiento de los cristales. Se generan presiones en las paredes capilares y el descascamiento del concreto.	Agua
	Lixiviación	Las aguas blandas, aguas con pocas impurezas, disuelve los compuestos de calcio del cemento, descomponiendo la pasta y lixiviándola. El cemento portland hidratado contiene hasta 25% a 30% de hidróxido de calcio Ca(OH) ₂ que es soluble en agua.	Agua libre de sales, de condensación industrial, de la fusión de glaciares, nieves o lluvia, algunas provenientes de pantanos o subterráneas.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN OBTENIDA EN "ATAQUES AL CONCRETO" (RIVVA, 2010).

2.1.6. La Durabilidad

La durabilidad ha sido definida por los autores de la siguiente manera:

- “La Durabilidad de una estructura de concreto es la capacidad de esta para mantener sus características estructurales y funcionales durante toda la vida de servicio esperada, bajo las condiciones de exposición para las que fue diseñada” (Rivva, 2010, p.31).
- “La durabilidad del hormigón de cemento hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro” (Comité ACI 201, 2008, p.2).
- “Las estructuras de concreto están expuestas durante su vida útil al ataque químico y físico de diferentes agentes. La durabilidad del concreto variará entonces conforme tales factores sean más o menos agresivos, y también de acuerdo a las propiedades de sus componentes, el proporcionamiento de la mezcla y las condiciones de colado y curado que se hayan aplicado en su construcción” (Girón, 2010, p.4)

Entonces puede deducirse que la durabilidad del concreto es la capacidad de mantener las propiedades físicas, químicas y mecánicas durante el tiempo de servicio, bajo las condiciones que el medio ambiente le ofrece.

La durabilidad está muy relacionado a la estructura de los poros y a la cantidad de aire incorporado (10-1000 μm) (Rivva, 2010). Cada vez se evidencia que la resistencia a la compresión no es un indicador de la durabilidad, por lo que se deberá diseñar el concreto para satisfacer las condiciones de servicio y del medio ambiente.

La estructura de los poros es más importante que la cantidad de poros, ya que el grado en que los poros sean llenados con agua u otra sustancia y drenado bajo condiciones naturales determina la durabilidad. La propiedad física que depende de la porosidad es la permeabilidad y la absorción. La baja permeabilidad y la absorción se obtienen usando bajas

relaciones de a/c, modificando la estructura de los poros usando microsílíce y curando adecuadamente el concreto.

En casos de concretos expuestos a hielo y deshielo la incorporación de aire dará buenos resultados en su durabilidad.

2.2. DISEÑO DE CONCRETOS POR DURABILIDAD

La normatividad en el Perú respecto a las exigencias de diseño por durabilidad del concreto, lo establece el Capítulo 4 de la Norma E.060. Se observa que la norma peruana para el diseño del concreto por durabilidad está relacionado a la reducción de la porosidad u obtener concretos más densos usando como parámetro principal la relación a/c. A continuación, pasamos a señalar las exigencias de diseño de acuerdo a la norma, que toma en cuenta las condiciones del medio ambiente al que se expondrá durante su vida útil el concreto.

2.2.1. Concreto Expuesto a Congelamiento y Descongelamiento

Los concretos de peso normal y los de pesos livianos expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo o a productos químicos descongelantes deben tener aire incorporado, con el contenido total de aire indicado en el Cuadro 2.2. La tolerancia en el contenido total de aire incorporado debe ser de $\pm 1.5\%$. Para concretos de con $f'c$ mayor de 35MPa, se puede reducir el aire incorporado indicado en el Cuadro 2.2 en 1%.

Cuadro 2.2.- Aire total para concreto resistente a las heladas.

Tamaño máximo nominal	Contenido de aire (%)	
	Exposición severa	Exposición moderada
3/8"	7.5	6.0
1/2"	7.0	5.5
3/4"	6.0	5.0
1"	6.0	4.5
1 1/2"	5.5	4.5
2"	5.0	4.0
3"	4.5	3.5

FUENTE: RNE, 2017, P.457. Concuerda con el Comité 318,2014.

2.2.2. Concreto Expuesto a Condiciones Especiales

Los concretos expuestos a las condiciones dadas en el Cuadro 2.3 deben cumplir con las relaciones máximas a/c y con el f_c mínimo de este cuadro. Además, el concreto que va estar expuesto a productos químicos descongelantes debe cumplir con los requerimientos del Cuadro 2.4.

Cuadro 2.3.- Condiciones especiales de exposición.

Condiciones de exposición	Máxima relación a/c para concreto de peso normal	f_c mínima (MPa) para concreto de peso normal o con agregados ligeros
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.(*)	0.50	28
Concretos expuestos a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0.45	31
Para proteger de la corrosión al refuerzo en el concreto cuando está expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen.	0.40	35

FUENTE: RNE, 2017, P. 457.

(*) El Comité ACI 318, 2014, señala como una condición de exposición ocasional a la humedad, exigiendo a/c máxima 0.55 y f_c mínimo 24 MPa.

2.2.3. Concreto Expuesto a Sulfatos

El concreto expuesto a la acción de soluciones que contienen sulfatos, deberá cumplir con los requisitos indicados en el Cuadro 2.4. No se empleará cloruro de calcio como aditivo en este tipo de concreto.

Cuadro 2.4.- Concreto expuesto a soluciones de sulfato.

Exposición a sulfatos	Sulfatos (SO ₄)		Concreto		
	En el suelo solubles en agua (% en peso)	En el agua (ppm)	Tipo de cemento	Agregados de peso normal. Máxima relación a/c	Agregados peso normal y ligero. Mínima f _c (MPa)
Insignificante	0.0 ≤ SO ₄ < 0.1	0 ≤ SO ₄ < 150			(*)
Moderado	0.1 ≤ SO ₄ < 0.2	150 ≤ SO ₄ < 1,500	II, IP(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	28 (285)
Severa	0.2 ≤ SO ₄ < 2.0	1,500 ≤ SO ₄ < 10,000	V	0.45	31(315)
Muy severa	2.0 ≤ SO ₄	10,000 ≤ SO ₄	V más puzolana	0.45	31(315)

FUENTE: RNE, 2017, P.458.

(*) El Comité ACI 318, 2014, señala f_c mínimo 17 MPa.

2.2.4. Concreto Armado Expuesto a Cloruros

La máxima concentración del ion cloruro soluble en agua que debe haber en un concreto a las edades de 28 a 42 días, expresada como la suma de los aportes de todos los ingredientes de la mezcla, no deberá exceder los límites indicados en el Cuadro 2.5.

Cuadro 2.5.- Contenido máximo de ion cloruro soluble en agua.

Tipo de elemento	Ion cloruro (% en peso de cemento)
Concreto pretensado	0.06
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros	0.15
Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida	1.00
Otras construcciones de concreto armado	0.30

FUENTE: RNE, 2017, P.458.

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. EL PROBLEMA

3.1.1. Formulación del Problema.

En la industria de la construcción se ha mantenido una cultura que considera a la resistencia a la compresión del concreto como principal parámetro de diseño, mientras las realidades en medios severos a los que se ha expuesto el concreto ha demostrado la necesidad de usar otro criterio como la durabilidad, para tomar decisiones frente a posibles problemas de corrosión del concreto y del acero de refuerzo.

La corrosión que provoca el agua de mar, la brisa marina, suelos con presencia de sales y cloruros en las estructuras de concreto, es un tema que interesa de manera especial al sector constructivo del país para el desarrollo de una práctica constructiva que tome precauciones.

La experiencia y las investigaciones han revelado que la durabilidad del concreto está relacionada a la estructura de los poros del concreto, cuyo indicador fundamental es la permeabilidad y la absorción. Asimismo muchos documentos señalan que la microsílíce modifica la estructura de los poros del concreto, pero se desconoce hasta donde puede beneficiar y solucionar el problema de la corrosión del concreto. En la práctica falta mayor conocimiento sobre:

- 1) Las dosificaciones para lograr un concreto más durable con el uso de la microsílíce.
- 2) Como se desarrolla el proceso de corrosión del concreto con microsílíce.
- 3) La reducción de la permeabilidad y la absorción de los concretos con microsílíce.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo General

Diseñar un concreto que sea durable y resistente a los agentes corrosivos como la solución de cloruro de sodio, adicionando y evaluando los beneficios de la microsílíce.

3.2.2. Objetivos Específicos

- 1) Comparar la pérdida de peso por ciclo de corrosión acelerada y la absorción del concreto patrón, con el concreto con superplastificante y adición de microsílíce.
- 2) Comparar la resistencia a la compresión de los concretos corroídos con los concretos sanos.
- 3) Comparar la resistencia a la compresión del concreto patrón, con el concreto con superplastificante y adición de microsílíce.
- 4) Analizar el costo-beneficio del uso de microsílíce para el concreto con mayor durabilidad.

3.3. HIPÓTESIS

La microsílíce es 100 veces más pequeña que un grano de cemento promedio, al añadirla a la mezcla de concreto, con dosificación y relación a/c adecuadas, puede densificar el concreto y modificar la estructura de los poros, logrando un concreto de menor permeabilidad y por lo tanto resistente a la corrosión.

3.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN

Para la ejecución de la presente tesis, se ha recopilado datos e información para ordenarlo y procesarlo de una manera lógica que permita analizar y obtener las conclusiones de esta experiencia.

Una parte de la información proviene de la búsqueda bibliográfica, de normas, libros y tesis de la biblioteca, y de documentos colgados en las páginas de internet.

Así también se obtuvieron datos empíricos a través de la observación y

experimentación de ensayos que se pusieron en marcha. La parte experimental se ha separado en cinco partes: primero, los ensayos que permiten conocer las características y propiedades de los agregados que fueron usados en la producción del concreto; segundo, consistió en los ensayos para el diseño del concreto, en base al método del agregado global y la consistencia del concreto; tercero, corresponde a los ensayos de concreto fresco; cuarto, corresponde a los ensayos del concreto endurecido; y quinto, los ensayos correspondientes a la corrosión acelerada del concreto. Los equipos e instrumentos fueron facilitados, una parte por el LEM-UNI, y otra fue de implementación propia.

3.4.1. Características y Propiedades de los Agregados

Antes de comenzar a realizar cualquier estudio de las características del concreto, se debe verificar si la calidad del agregado cumple los requerimientos básicos de la norma ASTM C33 o NTP 400.037, y realizar los ensayos que a continuación se mencionaran.

a) Granulometría del agredo fino, grueso y agregado global (NTP 400.011; NTP 400.012)

La Granulometría nos permite conocer la distribución por tamaños de las partículas presentes en el agregado. El análisis granulométrico divide la muestra de agregado en fracciones del mismo rango de tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

❖ Granulometría de la Arena:

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. La atención principal se dirige al control de su homogeneidad. Para este ensayo los tamices utilizados son: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 Y 200. Los resultados de la granulometría lo observamos en el Anexo A.1.1.

❖ Granulometría de la Piedra:

Las Normas nacionales especifican la granulometría de los agregados gruesos en 10 series, que son similares a las normalizadas por la ASTM.

La elección de la granulometría debe efectuarse con el tamaño máximo, asegurando una adecuada trabajabilidad, de manera que el concreto pueda ser utilizado sin demasiado esfuerzo mecánico. Para el ensayo se utilizó las mallas siguientes: 3", 3/2", 3/4", 3/8" y N°4. Los resultados de la granulometría lo observamos en el Anexo A.1.2.

❖ **Característica de la granulometría de los agregados:**

La granulometría de los agregados se define también en función de las siguientes características:

Tamaño Máximo (NTP 400.037; ASTM C-33):

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

Tamaño Máximo Nominal (NTP 400.037; ASTM C33):

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido.

Módulo de Finura (NTP 400.012; ASTM C-136):

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra, se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Para el agregado grueso se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividido entre 100.

Para el agregado fino, se recomienda que tenga un módulo de finura no menor que 2.35 ni mayor que 3.15 (Rivva, 2010). Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividido entre 100. Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducen la segregación, y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta

resistencia (ASOCEN, 1983).

Superficie Específica (NTP 400.012; ASTM C-136):

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso. Para su determinación se consideran dos hipótesis: que todas las partículas son esféricas y que el diámetro medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas. Lo obtenemos desde la granulometría. Los resultados lo observamos en el Anexo A.2.

Material más Fino que la Malla N° 200 (NTP 400.018):

Consiste en determinar la cantidad el material muy fino, constituido por arcilla y limo; se presenta en forma de partículas sueltas mezclado con la arena o recubriendo el agregado grueso, el primer caso incrementa los requerimientos de agua de mezcla, el segundo afecta la adherencia del agregado y la pasta. El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder el 5% (Rivva, 2010).

b) Peso Unitario Suelto (NTP 400.017; ASTM C-29)

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Se obtiene al llenar el recipiente en una sola capa, sin ninguna presión, y se calcula como el producto del peso neto de la muestra suelta por el inverso del volumen del recipiente. Se expresa en Kg/m³.

Los resultados del peso unitario suelto del agregado fino lo observamos en el Anexo A.3.1. Los resultados del peso unitario suelto del agregado grueso lo observamos en el Anexo A.3.2.

c) Peso Unitario Compactado (NTP 400.017; ASTM C-29)

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Se obtiene al llenar el recipiente en tres capas compactadas, se calcula como el producto del peso neto de la muestra compactada por el inverso del volumen del balde, se expresa en Kg/m³.

Se recomienda que al compactar la primera capa, no golpear el fondo del recipiente con fuerza, y para las últimas capas solo emplear la fuerza

necesaria para que la varilla apenas penetre la última capa del agregado.

Los resultados del peso unitario compactado del agregado fino lo observamos en el Anexo A.4.1. Los resultados del peso unitario compactado del agregado grueso lo observamos en el Anexo A.4.2.

d) Peso Específico (NTP 400.021; ASTM C-127)

Es el peso en un volumen unitario del material granular. La diferencia con el peso unitario es que no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. El peso específico es un indicador de la calidad, los valores altos corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que los valores bajos generalmente corresponden a agregados absorbentes y débiles. Con el ensayo normalizado para el peso específico, obtenemos la siguiente información:

❖ **Peso Específico de Masa (PEM)**

Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material).

❖ **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca (PEM_{sss})**

Es la relación entre el peso de la masa del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

❖ **Peso Específico Aparente (PE Aparente)**

Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de la masa del mismo.

Los resultados del peso específico del agregado fino lo observamos en el Anexo A.5.1. Los resultados del peso específico del agregado grueso lo observamos en el Anexo A.5.2.

e) Absorción (NTP 400.022; ASTM C-127)

Es la capacidad del agregado para absorber agua en contacto con él. Esta propiedad influye en la corrección de la cantidad de agua cuando se

diseñe el concreto para que no altere la relación a/c. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Absorción (\%)} = (W_{\text{sss}} - W_o) \times 100 / W_o$$

Dónde:

W_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seco.

W_o : Peso de la muestra secado al horno.

Los resultados del ensayo lo observamos en el Anexo A.6.

f) **Contenido de Humedad (NTP 339.185; ASTM C 566-13)**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado. Esta característica también influye en la corrección de la cantidad de agua cuando se diseña el concreto para que no altere la relación a/c. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = (W_n - W_o) \times 100 / W_o$$

Donde:

W_n : Peso natural del agregado.

W_o : Peso del agregado secado al horno.

Los resultados del ensayo lo observamos en el Anexo A.7.

3.4.2. **Diseño de Mezcla de Concreto**

El diseño de mezcla de concreto es el proceso de selección de la proporción de materiales (agua, cemento, arena, piedra, aditivo y adiciones) más conveniente y económica; con la finalidad de alcanzar en estado fresco la trabajabilidad y la consistencia requerida, y en estado endurecido la resistencia y durabilidad establecida por el diseñador.

En la actualidad existen varios métodos de diseños de mezcla, que con mayor o menor refinamiento establecen tablas y/o gráficos, las cantidades de agua de amasado están en función del tamaño máximo de la piedra, geometría del agregado y de la consistencia; con el volumen unitario de agua y la relación agua cemento se obtiene el factor cemento; las

proporciones en que deben intervenir la piedra y la arena están sobre la base de gradaciones y consideraciones teóricas y/o prácticas, etc. Sin embargo, el diseño de mezclas no se reduce a la aplicación repetitiva de tablas o fórmulas, pues si bien implica estos conocimientos, prima la labor creativa y el criterio personal que toma en cuenta las condiciones que se presentan y el conocimiento que se va adquiriendo a través de la experiencia.

a) Agregado Global

Consiste en determinar la relación óptima entre el agregado fino y agregado grueso, es decir la mejor compacidad. Esta combinación óptima crea un mínimo volumen de vacíos, necesitando menos cantidad de pasta de cemento cuando forme parte del concreto.

Para la presente tesis se ha tomado las proporciones del agregado global (Cachay, 1995). Para esto se mezcla diferentes porcentajes de agregado fino y agregado grueso, en peso, y se realiza el ensayo de peso unitario compactado del agregado global. Los resultados de este ensayo se muestran en el Anexo B.1.

La relación óptima de los agregados se puede comprobar con el ensayo de resistencia a la compresión. En el Anexo B.2 se encuentra los resultados.

Se recomienda que el agregado global este comprendido en los husos DIN 1045. Sobre dichos husos el área comprendida entre el huso A y B nos proporciona un concreto de mejor trabajabilidad, y cuando está entre el huso B y C se obtiene un concreto de trabajabilidad aceptable. En el Anexo B.3 se muestra la granulometría del agregado global con la que se trabajó.

Cuadro 3.1.- Huso DIN 1045 para el agregado global.

Mallas	Abertura (mm)	Husos		
		A	B	C
1 ½"	32.0	100	100	100
¾"	16.0	62.0	80.0	89.0
½"	8.0	38.0	62.0	77.0
Nº 4	4.0	23.0	47.0	65.0
Nº 8	2.0	14.0	37.0	53.0
Nº 16	1.0	8.0	28.0	42.0
Nº 50	0.25	2.0	8.0	15.0

b) Cálculo del agua de diseño

Para calcular la cantidad de agua de diseño se ha partido del criterio de la consistencia, que define el grado de humedad del concreto, es así que se asumió una consistencia plástica, con un valor constante de 4".

A continuación se presenta el siguiente cuadro del Comité 211 del ACI que se tomó como referencia para el volumen inicial de agua de diseño:

Cuadro 3.2.- Volumen unitario de agua (sin aire incorporado).

Consistencia	Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicado					
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1½"	2"
Seca	1" a 2"	207	199	190	179	166	154
Plástica	3" a 4"	228	216	205	193	181	169
Fluida	6" a 7"	243	228	216	202	190	178

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS (RIVVA, 2010, P.54).

A partir del volumen inicial de 193 litros, y haciendo las correcciones correspondientes por el contenido de humedad y absorción de los agregados, se continuo con un proceso de ensayo y error, interpolando y extrapolando la cantidad de agua hasta lograr que el concreto tenga una consistencia de 4", es así que se obtuvo el agua de diseño con el que se ha producido el concreto patrón.

c) Cálculo del Contenido de Cemento

Conocido el volumen de agua de diseño, y la relación de a/c (0.40, 0.45 y 0.50) establecido en la presente tesis, se determina la cantidad de cemento por unidad cubica de concreto:

$$\text{Cemento} = (\text{Agua de diseño}) / (a/c)$$

d) Cálculo de la Cantidad Superplastificante

El superplastificante usado en la presente tesis es PLASTOL 5000 QS.

Usando una probeta se midió un volumen del superplastificante y se pesó, encontrando una densidad de 1.04 g/ml, que se encuentra en el rango según el certificado de calidad del producto que se encuentra en el Anexo F.

Para determinar el porcentaje de superplastificante respecto al peso del cemento, se diseñaron mezclas de concreto con diferentes porcentajes de superplastificante, y se sometió al ensayo de resistencia a la compresión, a 7 días de curado, con los resultados se tomó la decisión de usar 3% de este aditivo. En el Anexo B.4 se encuentra los resultados.

e) Cálculo de la Cantidad Microsílice

Se ha establecido los siguientes porcentajes de microsíllice: 5%, 7.5% y 10%, respecto al peso del cemento. Cabe señalar que estos porcentajes fueron elegidos convenientemente tomando conocimiento de experiencias reales.

Los concretos pueden lograr mayor durabilidad suministrándoles microsíllice, en el rango de 7% a 15% de la cantidad del cemento (Comité ACI 201, 2008). Al usarse 10%, 15% y 20% de microsíllice para la elaboración de concreto de alta resistencia, se encontró que la dosis óptima de microsíllice es 10% (Huincho, 2011). Además se ha tomado en cuenta la inconveniencia de usar alta cantidad de microsíllice, por ejemplo para la obtención de concreto de alta resistencia se observó que “con 17% de microsíllice con respecto a la cantidad de cemento la mezcla se vuelve poco trabajable, además que requiere mayor cantidad de aditivo haciendo que la mezcla se vuelva pegajosa” (Vilca, 2008, p.62).

f) Dosificación del Concreto

Una vez culminadas las etapas de diseño, se obtuvieron las dosificaciones finales del concreto patrón para las relaciones a/c: 0.40, 0.45 y 0.50, y concreto con superplastificante y microsilice (5%, 7.5% y 10%). Las dosificaciones finales lo encontramos en el Anexo B.5.

3.4.3. Propiedades del Concreto Fresco

El concreto se considera en estado fresco cuando todavía no ha logrado alcanzar su fragua inicial, por ello el concreto fresco al ser eminentemente deformable es necesario que la mezcla presente una consistencia tal que permita transportarse, colocarse con relativa facilidad y sin segregación.

a) Peso Unitario del Concreto Fresco (NTP 339.046; ASTM C-13)

Es el peso del concreto fresco expresado en kg/m^3 de una muestra representativa. Según esta propiedad los concretos se clasifican en: densos, normales y ligeros. La propiedad de los agregados que influye en el valor del peso unitario del concreto fresco, es el peso específico. El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

$$\text{PU} = \text{PC} / \text{VB}$$

Donde:

PU: Peso unitario del concreto

VB: Volumen del recipiente

PC: Peso del concreto neto

En el Anexo C.1 se encuentran los resultados de este ensayo.

b) Porcentaje de Aire Atrapado (NTP 339.046; ASTM C-138)

En toda mezcla de concreto se presentan vacíos producidos por el aire atrapado en la mezcla, en otros casos como aire incorporado como parte del diseño. En la presente tesis nos referiremos al aire atrapado de forma espontánea. De acuerdo a las normas el aire atrapado aproximado en función del tamaño máximo nominal de la piedra adecuadamente graduado lo observamos en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3.- Contenido de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS (RIVVA, 2010, P.58).

El porcentaje de aire atrapado lo medimos en la olla Washington, en el Anexo C.2 presentamos los resultados del ensayo.

c) Fluidéz (NTP 339.085; ASTM C-124)

Es la resistencia del concreto a experimentar deformaciones. Más que de la cantidad de agua en la mezcla, la fluidéz dependerá de las características de los agregados, de la forma, gradación y tamaño máximo. La fluidéz se calcula como el tanto por ciento del aumento del diámetro que experimenta la base inferior del tronco de cono de concreto.

$$F = (D - 25) * 100 / 25$$

Dónde:

D: Diámetro promedio (6 medidas)

F: Fluidéz

El método de ensayo es el de la mesa de sacudidas, que se considera aplicable a concretos plásticos que tienen agregado grueso hasta 38 mm (1 1/2").

El resultado del ensayo lo encontramos en el Anexo C.3.

d) Exudación (NTP 339.077; ASTM 232-71)

La exudación es la cualidad que refiere a la separación de una parte del agua de mezcla y que aflora en la superficie. Está segregación, está

influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, cuanto mayor sea el porcentaje de material que pasa la malla N°100 o cuanto más fino es el cemento, la exudación es menor. La exudación es un problema que se produce en el concreto, por eso la importancia de evaluarla y controlarla para minimizar los efectos negativos que puede generar. Se calcula como sigue:

$$\text{Exudación (\%)} = D/(10 \times C)$$

Dónde:

C: Peso neto de agua de mezcla en el recipiente (kg)

D: Peso del agua de exudación (g)

Los resultados del ensayo lo encontramos en el Anexo C.4.

e) Tiempo de Fragua (NTP 339.082; ASTM C-403)

El fraguado es el proceso de endurecimiento del concreto, se divide en dos etapas: el fraguado inicial y el fraguado final. El fraguado inicial se caracteriza por el aumento de la viscosidad de la mezcla y el aumento de su temperatura. En el fraguado final se produce el endurecimiento de la mezcla y en consecuencia el aumento de su resistencia.

La fragua del concreto depende básicamente del contenido de aluminato tricálcico (C3A) del cemento, finura del cemento, relación a/c, temperatura y humedad del ambiente. La fragua inicial se produce cuando la presión de penetración es de 500 lb/pulg², y la fragua final cuando la presión de penetración alcanza las 4000 lb/pulg². La resistencia o presión de penetración se obtiene de la siguiente manera:

$$P = F / A$$

Dónde:

P: Resistencia a la penetración en lb/plg²

F: Fuerza necesaria para penetrar 25 mm

A: Área de contacto de la aguja con el mortero

Los resultados del ensayo lo encontramos en el Anexo C.5.

3.4.4. Propiedades del Concreto Endurecido

Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y endurece. Las propiedades mecánicas del concreto endurecido pueden clasificarse como (1) propiedades instantáneas o de corta duración y (2) propiedades de larga duración. Entre las primeras se encuentra (1) resistencia a la compresión, tensión y cortante y (2) rigidez medida por el módulo de elasticidad. Las propiedades de larga duración pueden clasificarse en términos de flujo plástico y contracción.

a) Resistencia a la Compresión (NTP 339.034; ASTM C-39)

Es la capacidad del concreto endurecido para soportar cargas y esfuerzos de compresión, es un valor importante que permite clasificar a un concreto de baja, mediana o alta resistencia. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se expresa en la relación a/c; también está relacionado positiva o negativamente a la calidad de los agregados; y otro factor indirecto que influenciara en la resistencia del concreto son las condiciones del curado, pues se conoce que el concreto debe tener un proceso de hidratación para que alcance su máxima resistencia.

$$f_c = \text{fuerza/área (kg/cm}^2\text{)}$$

Para la presente tesis se ha producido probetas de concreto con relaciones a/c: 0.40, 0.45 y 0.50, que equivalen alrededor de ciertos valores de resistencia a la compresión, por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.4.- Resistencia a la compresión y contenido de cemento.

a/c	Sin aire incorporado		Con aire incorporado	
	f _c	Cemento/concreto (kg/m ³)	f _c	Cemento/concreto (kg/m ³)
0.40	385	414	315	361
0.45	350	365	280	325
0.50	305	329	250	287

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS (RIVVA, 2010, P.64).

Así también por razones de durabilidad del concreto, la resistencia a la compresión no debe ser menor a 245 kg/cm², o se recomienda el uso de relaciones a/c de 0.40, 0.45 y 0.50.

A partir del concreto patrón, se ha producido concretos con 5%, 7.5% y 10% de microsílíce (incluye superplastificante), las adiciones de microsílíce aumentan significativamente la resistencia del concreto. En la tesis del Ing. Huincho (2011), se usaron 10%, 15% y 20% de microsílíce para la elaboración de concreto de alta resistencia, encontrando que la máxima resistencia se dio para una dosis 10% de microsílíce.

En el Anexo D se encuentra los resultados del ensayo.

3.4.5. Corrosión del Concreto

Para observar los resultados de corrosión por cloruro de sodio del concreto de mediana a alta resistencia, en un tiempo breve, se ha usado el método de corrosión acelerada (Díaz, 1994). El método consiste en someter a inmersión las probetas de ensayo en una solución corrosiva para luego ser secadas y pesadas en cada ciclo de ensayo.

Las probetas se obtuvieron de tres mezclas de concreto patrón con a/c: 0.50, 0.45 y 0.40, con arena, piedra, agua y cemento portland tipo I, y mezclas de concreto al que se le añadió un superplastificante (3% constante para todas las mezclas en estudio) y tres proporciones de microsílíce: 5%, 7.5% y 10%, así se obtuvo probetas de 4 mezclas por cada relación a/c, llegando a obtener probetas de 12 mezclas en total. Las probetas fueron de 4"x8" de 28 días de curado y se ensayaron 10 unidades por cada tipo de concreto (120 probetas en total).

Los datos obtenidos de este ensayo son los pesos, absorción y la resistencia a la compresión.

Descripción del ensayo:

Para este ensayo se usaron unos tachos de plásticos de 100 litros de capacidad, donde se vertió agua potable y cloruro de sodio (100g/l), se dio vueltas hasta disolver la sal. Luego se sumergió las probetas de concreto

en la solución, durante 18 horas, cumplido este tiempo se sacaron las probetas, se secó la superficie con una franela y se procedió a pesar. Luego las probetas fueron llevadas al horno a 100°C, durante 4 horas, cumplido este tiempo se procedió a pesar las muestras. El proceso descrito corresponde a un ciclo, y en total se desarrolló treinta ciclos.

a) Variación del Peso Seco del Concreto

Como se mencionó en la sección anterior, en cada ciclo de corrosión se tomaron los siguientes datos: el peso húmedo luego de la inmersión y el peso seco luego de ser sacadas las probetas del horno.

En el Anexo E.1 se encuentra los pesos secos del ensayo. Cabe señalar que el peso seco inicial, que se muestra en los resultados, corresponde al peso de las probetas secadas en el horno durante 4 horas, antes de dar inicio al ensayo de corrosión acelerada del concreto.

En el Anexo E.2 se encuentra los pesos húmedos del ensayo. En la columna de peso húmedo a los 28 días, corresponde a los pesos que se tomaron a las probetas que fueron sacadas de la poza y secadas con una franela luego de los 28 días de curado.

En el Anexo E.3 se muestra el cuadro con los pesos secos promedio en cada ciclo de corrosión acelerada del concreto.

En el Anexo E.4 se muestran los cuadros con la variación de los pesos: el peso seco mínimo que corresponde al inicio, el valor más bajo considerando antes del ensayo de corrosión o en los 2 primeros ciclos. El peso seco máximo que se obtiene en el ciclo que corresponde al peso húmedo máximo. El peso seco final corresponde al ciclo 30. Y la acumulación máxima corresponde al peso máximo de sal acumulado en la probeta.

b) Absorción del Concreto

El grado en que los poros sean llenados con una solución bajo

condiciones naturales nos puede indicar el comportamiento y la durabilidad del concreto, en el Anexo E.4 están los cuadros donde se ha calculado la absorción inicial que corresponde a un concreto saturado durante el curado, y la absorción máxima y final que corresponde a la absorción de agua con cloruro de sodio. La absorción se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Absorción (\%)} = (W_{\text{sss}} - W_o) \times 100 / W_o$$

Dónde:

W_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seco.

W_o : Peso de la muestra secado al horno.

c) Resistencia a la Compresión del Concreto

Se ha ensayado con las probetas que fueron sometidas a 30 ciclos de corrosión acelerada, para observar cómo ha sido afectada la resistencia a la compresión. Se usaron 3 probetas de concreto de 4"x8", de cada relación a/c (0.4, 0.45, 0.50), tanto del concreto patrón como como de las probetas con aditivo y adiciones de microsílíce (5%, 7.5% y 10%). En el Anexo E.5 se muestran los resultados del ensayo.

3.4.6. Durabilidad del Concreto

Partiendo de que la durabilidad del concreto es la capacidad de mantener las propiedades físicas, químicas y mecánicas durante el tiempo de servicio, bajo las condiciones que el medio ambiente le ofrece, se ha comparado la durabilidad del concreto de las diferentes mezclas que se han estudiado, para ello se ha usado la relación de la resistencia a la compresión del concreto que ha sido sometido a 30 ciclos de corrosión acelerada entre el concreto sano de 28 días de curado, esta relación a la que se ha denominado "D" es un indicador de la durabilidad, es un valor bastante relativo pero puede ser útil para analizar el comportamiento del concreto:

$$D(\%) = f'c_{\text{corroído}} / f'c \times 100$$

Dónde:

D: Indicador de la durabilidad en porcentaje.

$f'c_{\text{corroído}}$: Resistencia a la compresión del concreto sometido a 30 ciclos de corrosión acelerada.

$f'c$: Resistencia a la compresión a 28 días de curado.

En el Anexo E.6 se tiene resultados de la durabilidad de las probetas ensayadas, así como la correlación con la absorción y la resistencia ($f'c$).

3.4.7. Análisis Costo-Beneficio

Para el análisis de costo-beneficio se ha considerado los precios de los materiales que se muestran en el siguiente cuadro para obtener el costo por metro cubico de concreto.

Cuadro 3.5.- Precio de los materiales en soles.

Material	Unidad	Precio (S/.)
Cemento	bls	17.50
Piedra	m3	60.00
Arena	m3	60.00
Microsilíce	kg	3.77
Superplastificante	kg	14.75
Agua	m3	10.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En el análisis se compara el beneficio y el costo. El beneficio se ha obtenido de la manera siguiente:

$$\text{Beneficio} = \text{Durabilidad}$$

Se obtiene la relación Beneficio/Costo para cada mezcla de concreto, siendo el más rentable u optimo el valor máximo de esa relación, que significa el máximo beneficio al menor costo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Los agregados provienen de la cantera Huachipa. Las características y propiedades de los agregados que se muestran en el Cuadro 4.1 y Cuadro 4.2 han sido obtenidos de los ensayos realizados según el capítulo anterior y corresponden a los resultados promedios.

Según los gráficos de la granulometría del Anexo A.1.1, la arena se encuentra ligeramente fuera del límite inferior en el tramo grueso, debido a que contiene aproximadamente 1.1% de granos mayores a 3/8" y excede en 2.1% los granos mayores a 4.75 mm, en el tramo más fino la arena se encuentra dentro de los límites recomendables, pero respecto a las partículas no convenientes, a los finos que pasan la malla 200, alcanza el 6.2% superando el límite permisible de 5% que puede sugerir el incremento del requerimiento de agua de mezcla en el concreto.

El módulo de finura de la arena 3.08, se encuentra dentro del rango recomendable de 2.35 a 3.15 y entre los agregados favorables para concretos de alta resistencia al estar en el rango de 2.8 y 3.2.

Cuadro 4.1.- Características y propiedades de la arena.

Descripción	Unidad	Resultado
Material que Pasa la Malla 200	%.	6.2
Módulo de Finura		3.08
Superficie Específica	cm ² /gr	51.52
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1,664.50
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1,856.37
Peso Específico de Masa	gr/cm ³	2.60
Peso Específico de Masa (S.S.S.)	gr/cm ³	2.64
Peso Específico Aparente	gr/cm ³	2.71
Absorción	%	1.56
Contenido de Humedad	%	1.42

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Según los gráficos del Anexo A.1.2, la granulometría de la piedra se encuentra dentro de los límites recomendables especificados por el huso 5, con tendencia al límite superior, es decir, con mayor cantidad de granos pequeños.

Cuadro 4.2.- Características y propiedades de la piedra.

Descripción	Unidad	Resultado
Tamaño Máximo	Pulg.	1 1/2
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.	1
Módulo de Finura		7.50
Superficie Específica	cm ² /gr	1.21
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1,383.16
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1,523.71
Peso Específico de Masa	gr/cm ³	2.70
Peso Específico de Masa (S.S.S.)	gr/cm ³	2.72
Peso Específico Aparente	gr/cm ³	2.76
Absorción	%	0.78
Contenido de Humedad	%	1.42

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

4.2.1. Agregado Global

De los ensayos realizados con la metodología señalada en el capítulo anterior, se ha obtenido el resumen de resultados del peso unitario compactado del agregado global, para diferentes combinaciones:

Cuadro 4.3.- Peso unitario compactado del agregado global.

Arena (%)	50	52	54	56	58
PUC (kg/m ³)	2,020	2,034	2,042	2,040	2,030

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

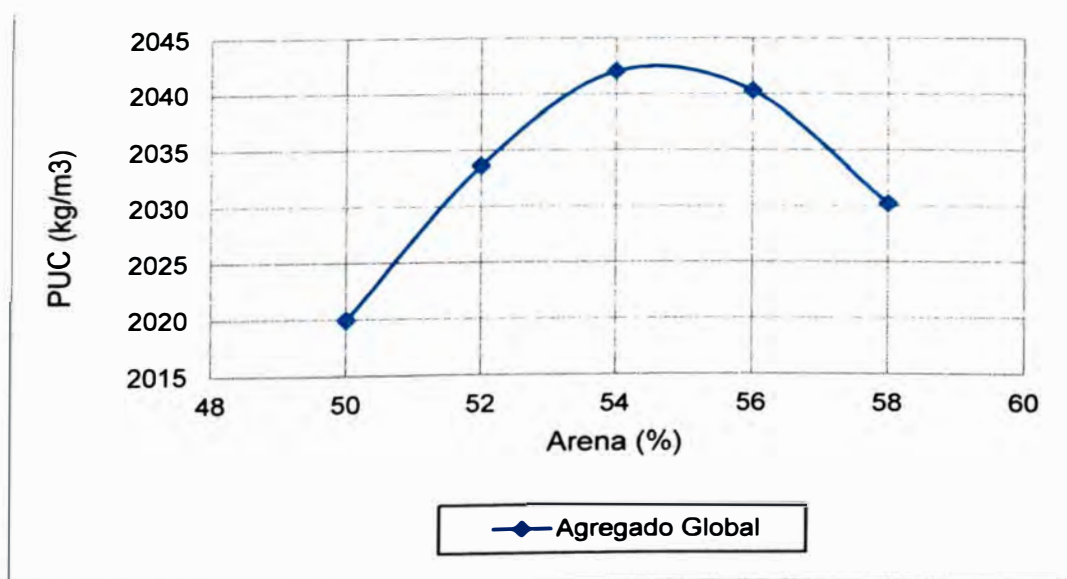


Gráfico 4.1.- %Ar versus el PUC del agregado global.

En el Gráfico 4.2 se observa que para 54.5% de arena y 45.5% de piedra, se obtiene el mayor peso unitario compactado, esto significa que alrededor de estos porcentajes se encuentra el mejor acomodo o compacidad de los agregados.

Para comprobar los resultados, se elaboró probetas de concreto con 50%, 54% y 57% de arena, se curó durante 7 días y se realizó el ensayo de resistencia a la compresión. A continuación se presenta el resumen y la gráfica, donde se observa que para el 54% de arena se produce la máxima resistencia del concreto.

Cuadro 4.4.- Resistencia f_c para diferentes porcentajes de arena.

Arena (%)	51	54	57
f_c (kg/cm ²)	285	318	282

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

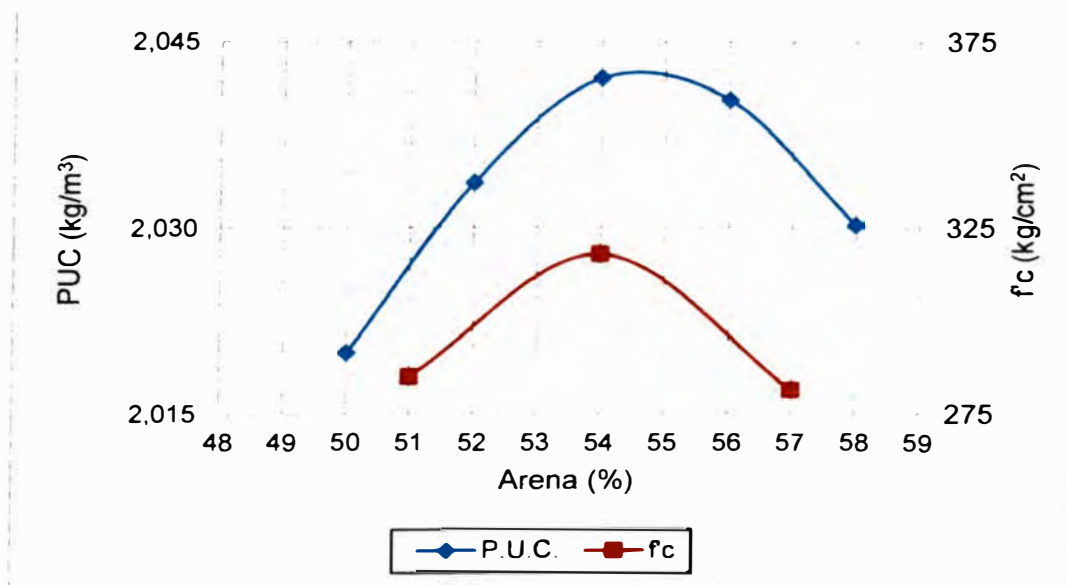


Gráfico 4.2.- Comparación del PUC y f_c para diferentes %Ar.

De acuerdo a los resultados se tomaron las proporciones de arena y piedra: 54% y 46% respectivamente, para el diseño de mezcla de concreto.

A continuación observemos la gráfica de la granulometría del agregado global con la que se ha diseñado el concreto, el agregado cae predominantemente entre los límites B y C de los husos DIN 1045, que nos

sugiere un concreto con trabajabilidad aceptable.

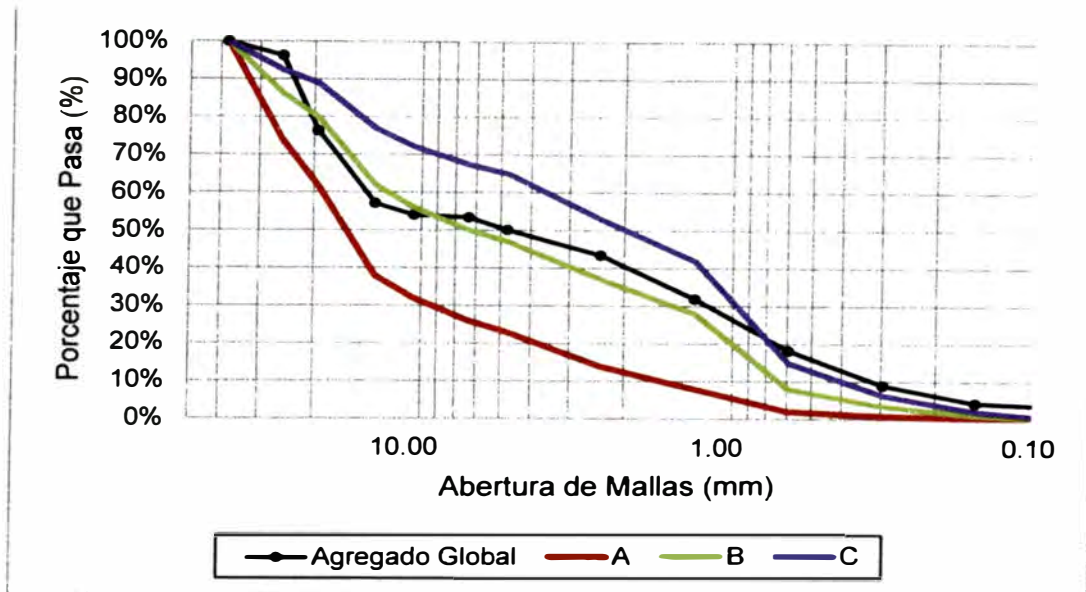


Gráfico 4.3.- Granulometría del agregado global.

4.2.2. Dosificación del Concreto

Para la dosificación del concreto se ha considerado un agregado global de 54% de arena y 46% de piedra, se mantuvo constante una consistencia plástica de 4" para el concreto patrón. Para la elaboración del concreto con microsilíce no se puso límites a la consistencia, la mezcla era fluida pero de baja trabajabilidad. Como el tamaño máximo nominal de la piedra es 1", se hicieron los cálculos considerando un porcentaje de aire atrapado de 1.5%. Así también en los cálculos se tomó en cuenta los siguientes datos:

Cuadro 4.5.- Características de los materiales del concreto.

Características	Unidad	Valor
Peso Específico del Cemento	kg/m ³	3,150
Peso Específico del Agua	kg/m ³	1,000
Peso Específico de la Arena	kg/m ³	2,598
Peso Específico de la Piedra	kg/m ³	2,700
Absorción de la Arena	%	1.56%
Absorción de la Piedra	%	0.78%
Contenido de Humedad de la Arena	%	1.21%
Contenido de Humedad de la Piedra	%	0.45%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

A continuación se presenta las dosificaciones finales:

Cuadro 4.6.- Dosificaciones finales del concreto.

Concreto		a/c final	Cemento (kg)	Agua (l)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Superplastificante (Kg)	Microsilíce (kg)
0.50	Patrón	0.50	469.60	234.80	858.31	731.15	-	-
	Pa+Ad+5%Mi	0.32	469.60	152.61	858.31	731.15	14.09	23.48
	Pa+Ad+7.5%Mi	0.32	469.60	152.61	858.31	731.15	14.09	35.22
	Pa+Ad+10%Mi	0.32	469.60	152.61	858.31	731.15	14.09	46.96
0.45	Patrón	0.45	537.33	241.75	817.61	696.48	-	-
	Pa+Ad+5%Mi	0.31	537.33	168.29	817.61	696.48	16.12	26.87
	Pa+Ad+7.5%Mi	0.31	537.33	168.29	817.61	696.48	16.12	40.30
	Pa+Ad+10%Mi	0.31	537.33	168.29	817.61	696.48	16.12	53.73
0.40	Patrón	0.40	654.25	261.89	736.20	627.13	-	-
	Pa+Ad+5%Mi	0.29	654.25	187.28	736.20	627.13	19.63	32.71
	Pa+Ad+7.5%Mi	0.29	654.25	188.51	736.20	627.13	19.63	49.07
	Pa+Ad+10%Mi	0.29	654.25	188.51	736.20	627.13	19.63	65.43

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se observa, el volumen unitario de agua con la que se inició el proceso de diseño que era de 193 litros finalmente fue superado, alcanzando el 122%, 125% y 136% del volumen inicial, para el concreto patrón a/c 0.50, 0.45 y 0.40 respectivamente. Así también la cantidad de cemento por metro cubico de concreto que se ha obtenido supera en aproximadamente 50% los valores de referencia del Cuadro 3.4 (sección 3.4.4) dadas por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos.

La presencia de 6.2% de finos en la arena, que pasan la malla 200, ya nos sugería mayor requerimiento de agua de mezcla, también el agregado global al caer predominantemente entre los límites B y C de los husos DIN 1045, nos indicaba un concreto con trabajabilidad aceptable, además en la presente tesis hemos sido exigentes con la consistencia al mantener constante un valor de 4", esto explica que la pasta haya aumentado.

4.2.3. Consistencia y Trabajabilidad

El agregado global al caer predominantemente entre los límites B y C de los husos DIN 1045, nos indicaba que el concreto no tendría una buena trabajabilidad sino una trabajabilidad aceptable.

Para el concreto patrón no se ha tenido problemas con la trabajabilidad por que se trabajó con un asentamiento constante de 4" que corresponde al

límite superior de una consistencia plástica. Pero con el concreto con microsílíce a pesar de aumentar su consistencia la trabajabilidad fue baja, por ejemplo durante la preparación de la mezcla se tuvo que hacer mayor esfuerzo para sacar el concreto fresco con el cucharón, el concreto fluía pero era muy resistente al corte. A continuación se presenta los asentamientos obtenidos.

Cuadro 4.7.- Asentamiento del concreto fresco.

Concreto	Asentamiento (")							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
a/c=0.50	4.0	100%	6.5	163%	7.0	175%	6.5	163%
a/c=0.45	4.0	100%	10.0	250%	8.0	200%	7.0	175%
a/c=0.40	4.0	100%	9.5	238%	7.5	188%	9.3	233%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

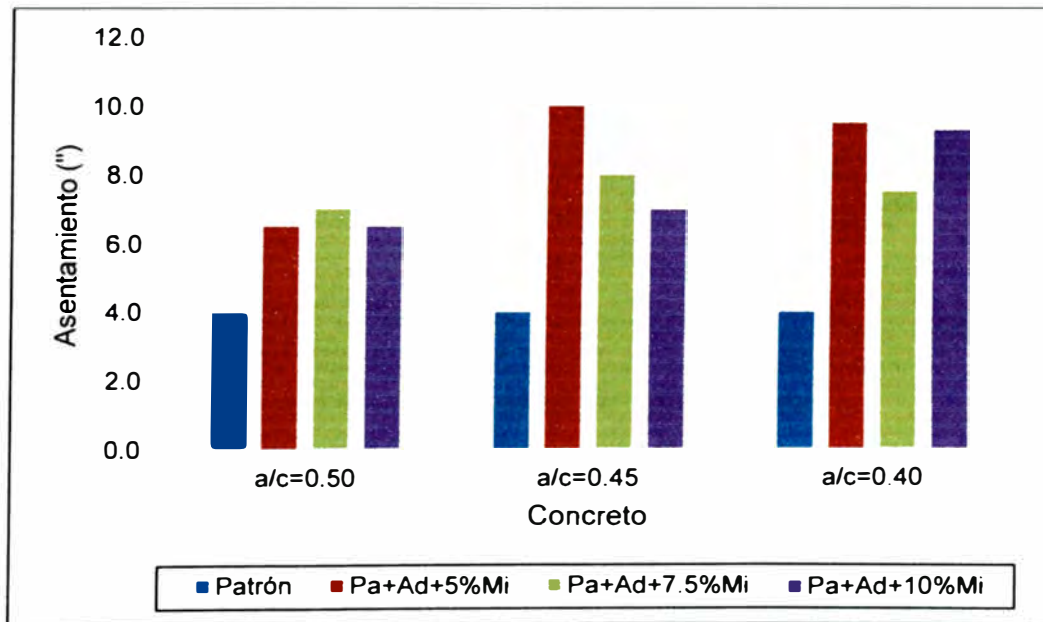


Gráfico 4.4.- Asentamiento del concreto fresco.

4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

4.3.1. Peso Unitario del Concreto Fresco

En el Gráfico 4.5 se observa que el peso unitario decrece a razón de 1% en promedio con la disminución de la relación a/c tanto para el concreto patrón como para el concreto con microsílíce. Cuando se agrega microsílíce al concreto estos aumentan ligeramente su peso, los máximos pesos unitarios se alcanzaron con 7.5% de microsílíce para la relación

a/c=0.50 y con 5% de microsilíce para la relación a/c=0.45 y a/c=0.40.

Cuadro 4.8.- Peso unitario del concreto fresco.

Concret o	Peso unitario (kg/m ³)							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
a/c=0.50	2362	100%	2418	102%	2421	103%	2408	102%
a/c=0.45	2351	100%	2412	102%	2404	102%	2390	101%
a/c=0.40	2343	99%	2369	100%	2348	99%	2353	100%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

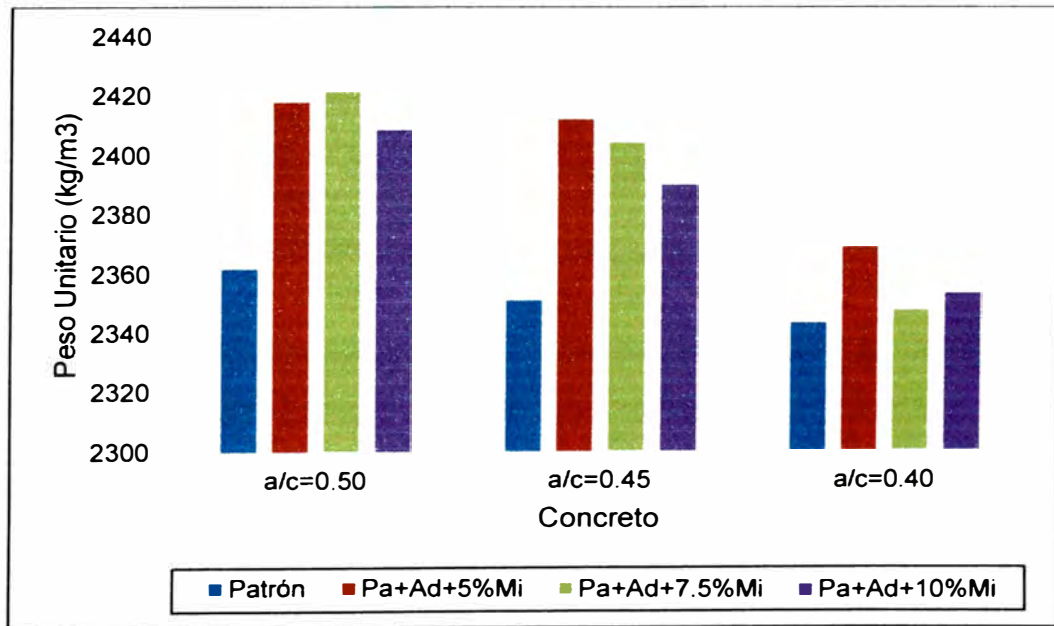


Gráfico 4.5.- Peso unitario del concreto fresco.

4.3.2. Porcentaje de Aire Atrapado

En el Gráfico 4.6 se observa que el aire atrapado en el concreto patrón oscila entre el 1.2% y 1.5%, alrededor del valor teórico asumido de 1.5% para un concreto cuya piedra tiene 1" de tamaño máximo nominal. Para los concretos con microsilíce el aire atrapado se incrementa significativamente a medida que se incrementa el porcentaje de microsilíce.

Cuadro 4.9.- Porcentaje de aire atrapado del concreto fresco.

Concreto	Aire atrapado (%)							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
a/c=0.50	1.30	100%	1.90	146%	2.3	177%	2.50	192%
a/c=0.45	1.20	92%	1.80	138%	2.2	169%	2.60	200%
a/c=0.40	1.50	115%	2.30	177%	2.5	192%	2.60	200%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

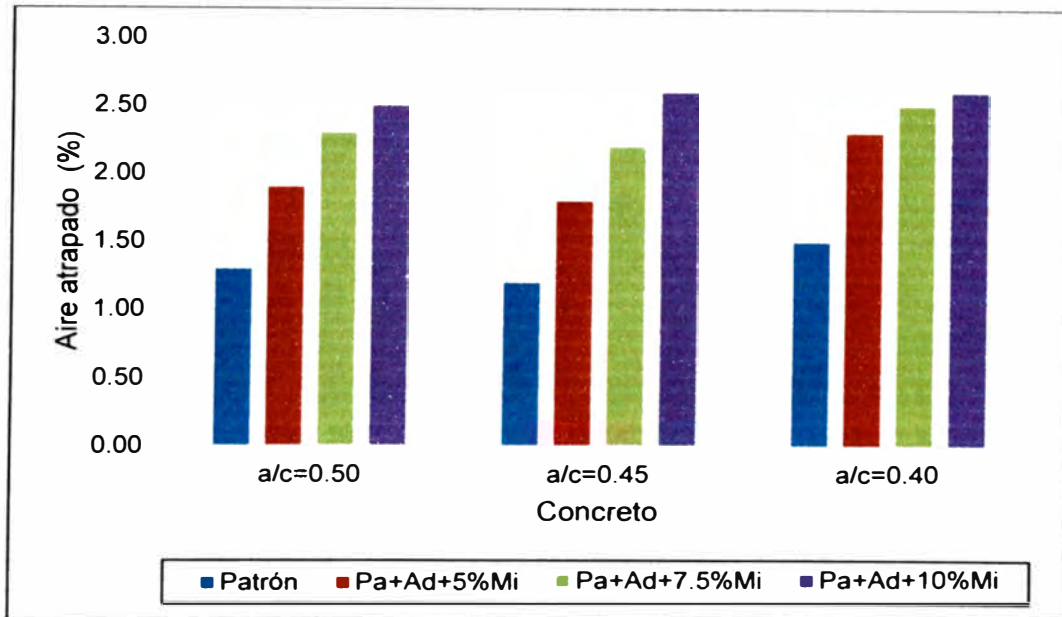


Gráfico 4.6.- Porcentaje de aire atrapado del concreto fresco.

Como se observa el aire atrapado aumenta a razón de 51%, 26% y 18% en promedio a medida que aumenta la microsilíce en el concreto.

4.3.3. Fluidez

En el Gráfico 4.7 si comparamos la relación a/c para cada diseño, observamos que a menor a/c la fluidez aumenta. El concreto patrón a/c=0.40 es la excepción en esta tendencia, probablemente por error de procedimiento al ser el primer ensayo que se realizó. Si obviamos al concreto patrón a/c=0.40, observamos que la tendencia de la fluidez es decreciente a medida que aumenta el porcentaje de microsilíce en el concreto.

Cuadro 4.10.- Fluidez del concreto fresco.

Concreto	Fluidez (%)							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
a/c=0.50	77	100%	67	87%	65	84%	57	74%
a/c=0.45	86	112%	91	118%	80	104%	62	81%
a/c=0.40	62	81%	115	150%	117	153%	96	125%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

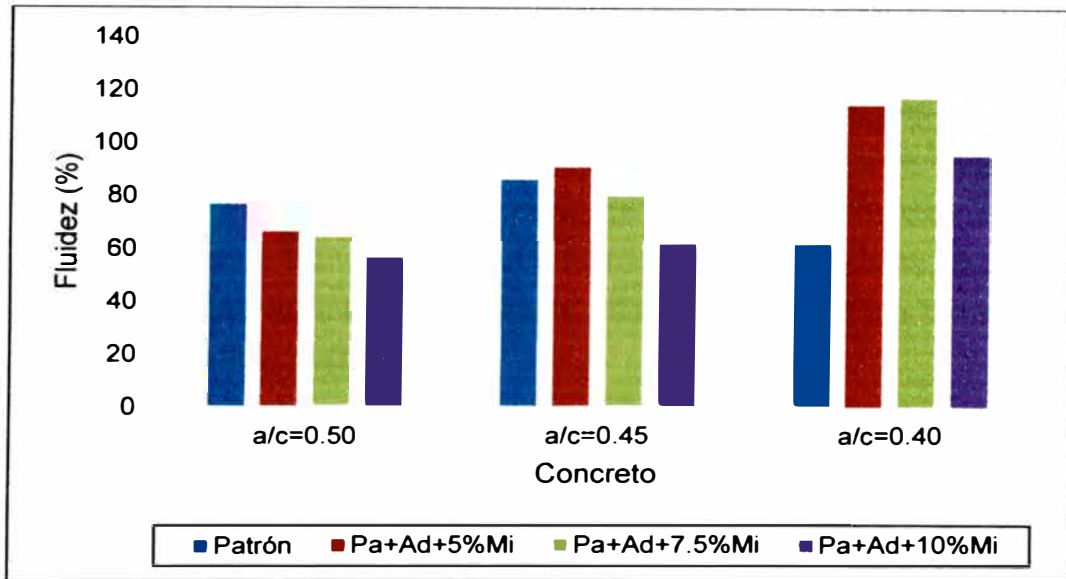


Gráfico 4.7.- Fluidez del concreto fresco.

4.3.4. Exudación

En el Gráfico 4.8 se observa que la exudación disminuye en el mismo sentido de la relación a/c. El concreto con microsilíce no presenta exudación. Se demuestra que a mayor cantidad de material cementicio o partículas muy finas (microsilíce) disminuye o no hay exudación.

Cuadro 4.11.- Exudación del concreto fresco.

Concreto	Exudación (%)	
a/c=0.50	1.55	100%
a/c=0.45	1.30	84%
a/c=0.40	0.81	52%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

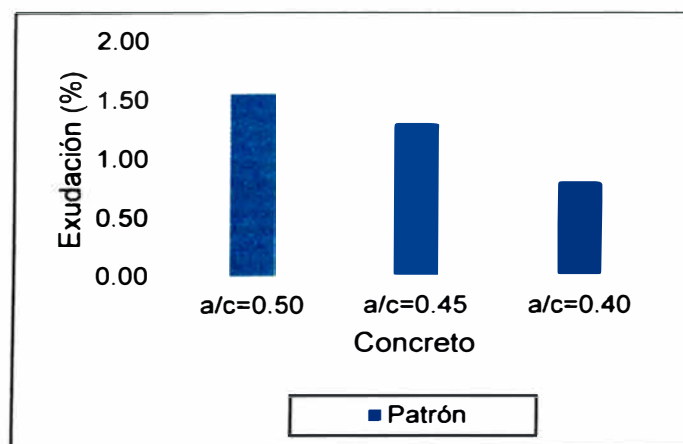


Gráfico 4.8.- Exudación del concreto fresco.

4.3.5. Tiempo de Fragua

En el Gráfico 4.9 y Gráfico 4.10, se observan que los tiempos de fragua inicial y final no presenta una tendencia creciente o decreciente, en consecuencia se encuentra que para los concretos de mediana a alta resistencia, como los que se han producido en la presente tesis, los tiempos de fragua inicial fluctúan entre 5:06 a 5:31 (hh:mm) y la fragua final fluctúa entre 5:55 a 6:47 (hh:mm).

Cuadro 4.12.- Tiempo de fragua del concreto fresco.

	Concreto	Tiempo de fragua							
		Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
Fragua inicial	a/c=0.50	05:20	100%	05:06	96%	05:08	96%	05:23	101%
	a/c=0.45	05:19	100%	05:21	100%	05:06	96%	05:05	95%
	a/c=0.40	05:18	99%	05:33	104%	05:29	103%	05:31	103%
Fragua final	a/c=0.50	06:47	100%	06:02	89%	05:55	87%	06:23	94%
	a/c=0.45	05:58	88%	06:15	92%	06:11	91%	06:03	89%
	a/c=0.40	05:58	88%	06:17	93%	06:00	88%	06:37	98%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

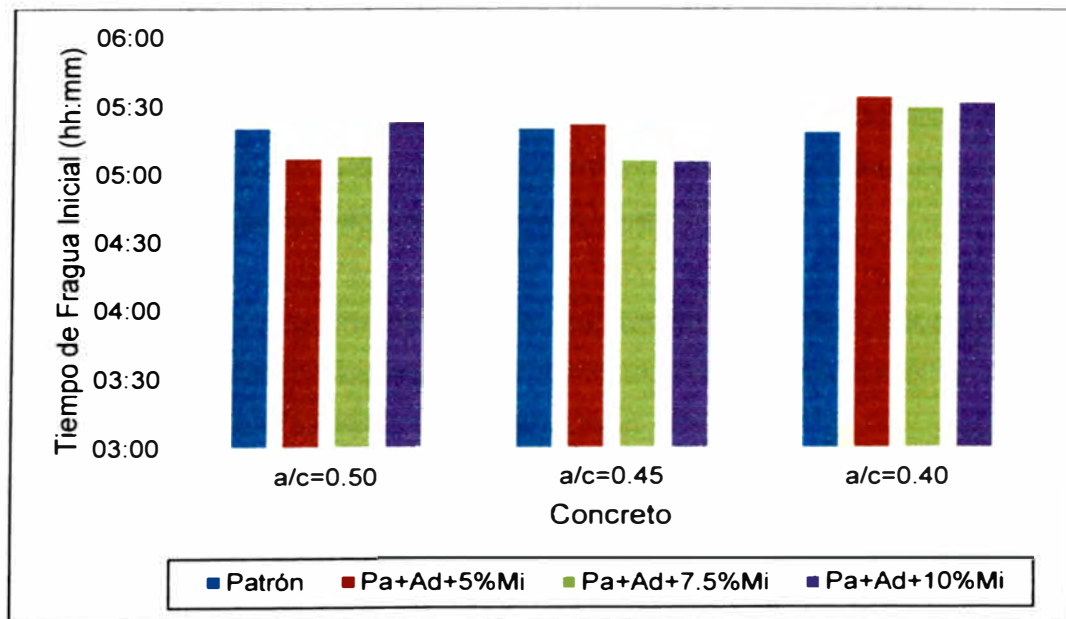


Gráfico 4.9.- Tiempo de fragua inicial.

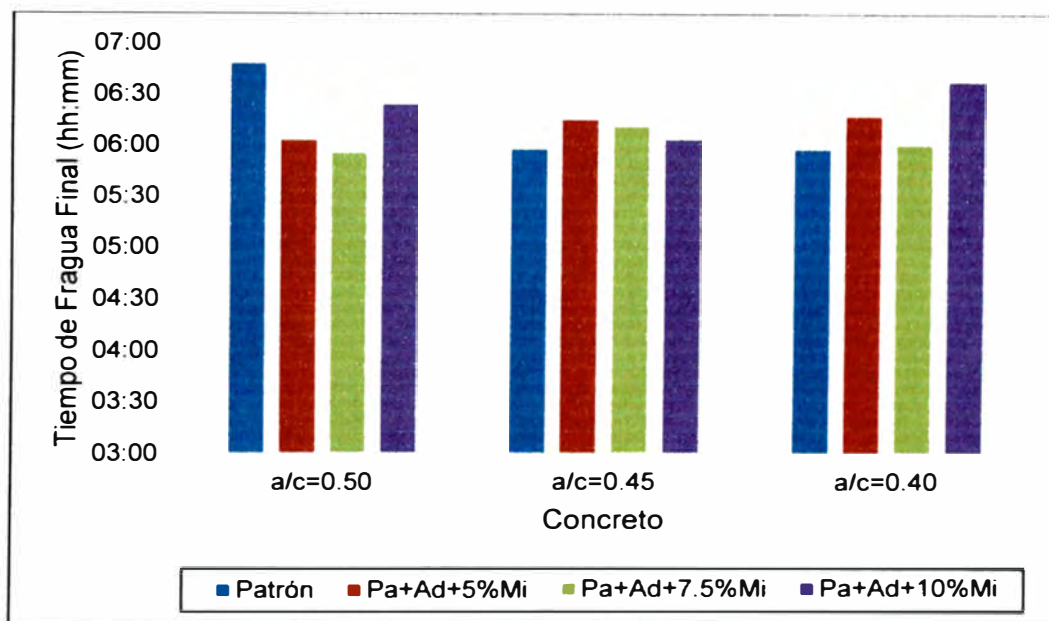


Gráfico 4.10.- Tiempo de fragua final.

4.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

4.4.1. Resistencia a la Compresión

Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto patrón alcanzaron los valores de referencia del Cuadro 3.4 (sección 3.4.4) dadas por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos, solo superado en un 30% para la relación $a/c=0.50$, pero teniendo en cuenta que se usó más cemento que lo señalado en el mismo cuadro.

En el Gráfico 4.11 se observa que la resistencia a la compresión aumenta significativamente con las adiciones de microsilice, alcanzando de 188% a 233% respecto a la resistencia del concreto patrón.

Cuadro 4.13.- Resistencia a la compresión a 28 días de curado.

Concreto	f _c (kg/cm ²)							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
a/c=0.50	398	100%	748	188%	767	193%	813	204%
a/c=0.45	374	100%	827	221%	761	203%	873	233%
a/c=0.40	385	100%	815	212%	881	229%	822	214%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

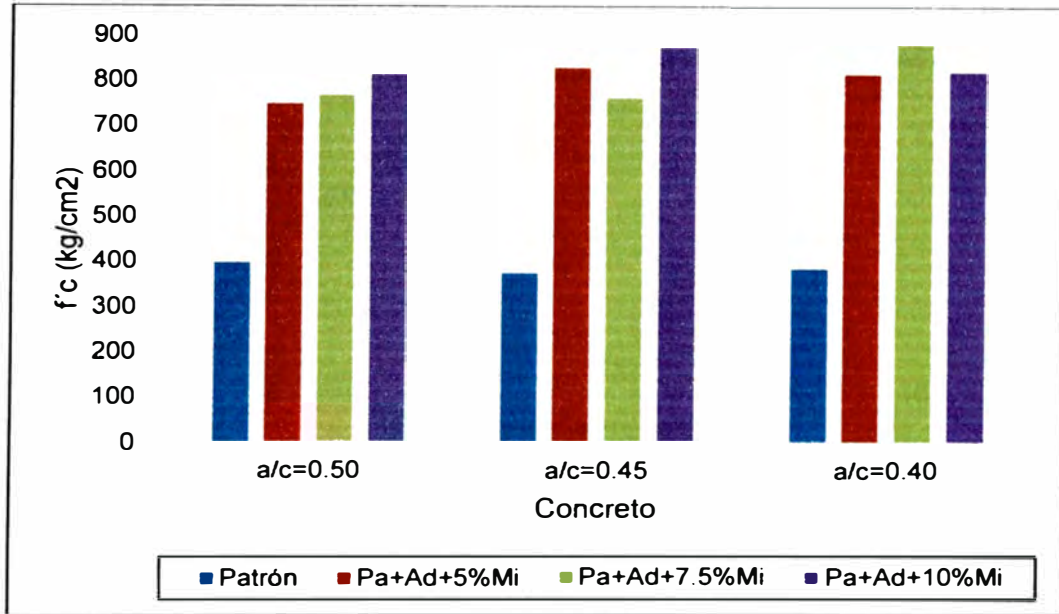


Gráfico 4.11.- Resistencia a la compresión a 28 días de curado.

Para las relaciones a/c: 0.50 y 0.45, las máximas $f'c$ se obtienen con 10% de microsílíce, y para la relación a/c=0.40 la máxima $f'c$ se llega con 7.5% de microsílíce. Con el uso del aditivo superplastificante (3%) las relaciones de a/c llegaron a 0.32, 0.31 y 0.29 para las relaciones a/c: 0.50, 0.45 y 0.40 respectivamente, como se mencionó anteriormente estos concreto con microsílíce y relaciones a/c de aproximadamente 0.30, presentaron alta consistencia pero una baja trabajabilidad.

Se observa también que la $f'c$ máxima respecto a la $f'c$ del concreto con 5% de microsílíce tiene un incremento menor a 10%. El siguiente gráfico nos ayuda a visualizar mejor este resultado.

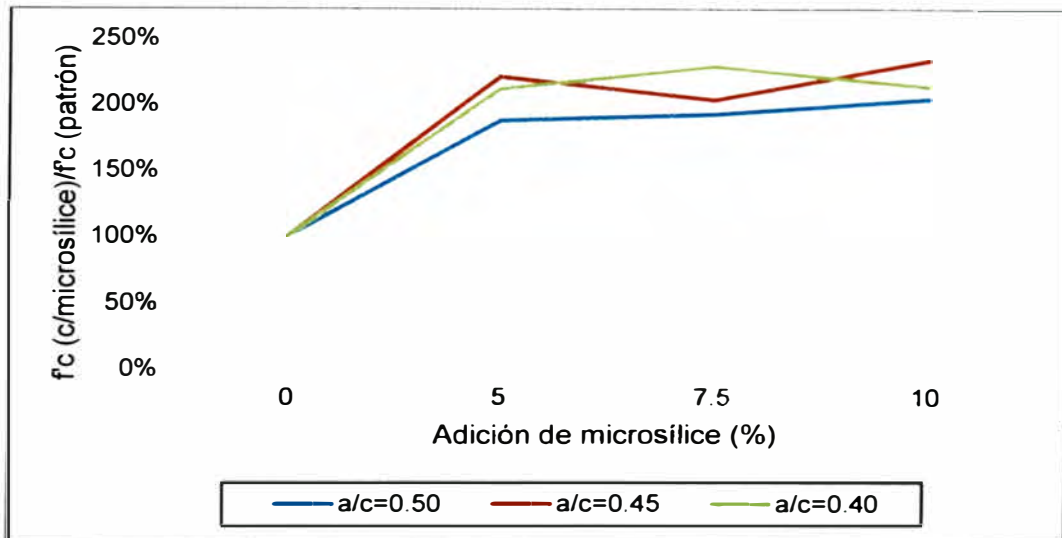


Gráfico 4.12.- Relación de $f'c$ del concreto con microsilíce y concreto patrón.

4.5. CORROSIÓN DEL CONCRETO

4.5.1. Variación del Peso Seco del Concreto

Las probetas que fueron ensayadas durante 30 ciclos de corrosión acelerada, donde un ciclo consistió en el humedecido por inmersión en una solución de agua con cloruro de sodio (100g/l) y secada a 100°C, evidenciaron cambios físicos que se notaron en su apariencia y su peso.

Las probetas patrón evidenciaron un cambio de su textura aproximadamente en el ciclo 10, se vieron más rugosas, los granos superficiales empezaban a desprenderse. Al finalizar los 30 ciclos los granos se desprendían de su superficie con más facilidad que al principio, las partes más débiles se descascaraban y los bordes se desmoronaban.

Las probetas con microsilíce mantuvieron su textura lisa hasta aproximadamente el ciclo 16, luego empezaron a verse más opacas y ásperas en varias partes, los granos que se desprendían de su superficie eran más finos que en el caso de las probetas patrón. Al finalizar los 30 ciclos de ensayo de corrosión, estas probetas tuvieron mejor apariencia que las probetas patrón, sin embargo, terminaron con una superficie sin brillo, rugosas, con descascaramiento superficial y con desprendimiento de granos finos de su superficie.

Para observar y comparar los cambios físicos de las probetas, abajo aparecen las fotografías de probetas sanas y probetas corroídas en 30 ciclos.



Foto 4.1.- Probetas de concreto patrón sanas y corroídas $a/c=0.50$.

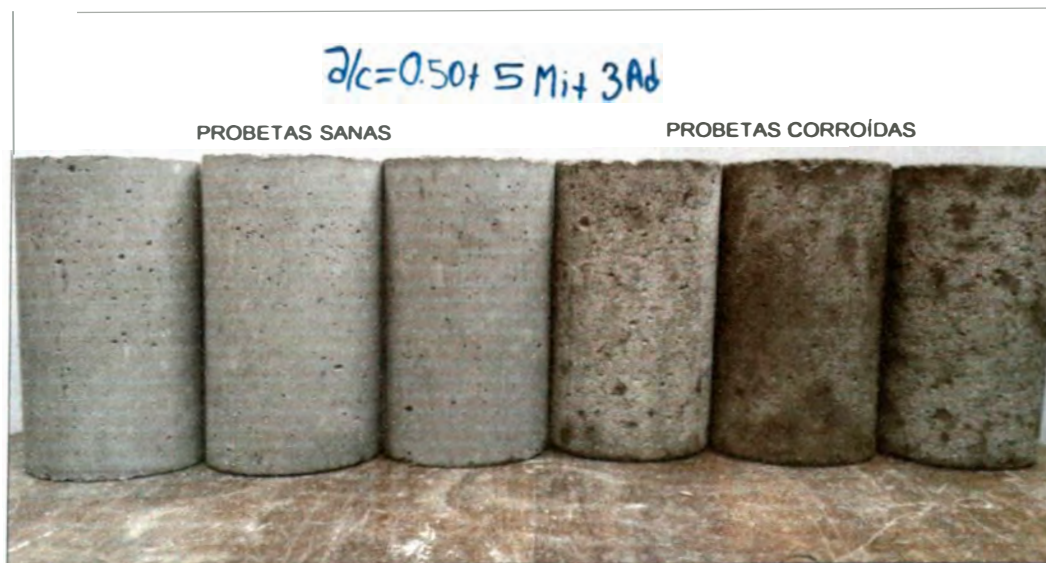


Foto 4.2.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.50$ con aditivo y 5% de microsílíce.



Foto 4.3.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.50$ con aditivo y 7.5% de microsílíce.



Foto 4.4.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.50$ con aditivo y 10% de microsílíce.

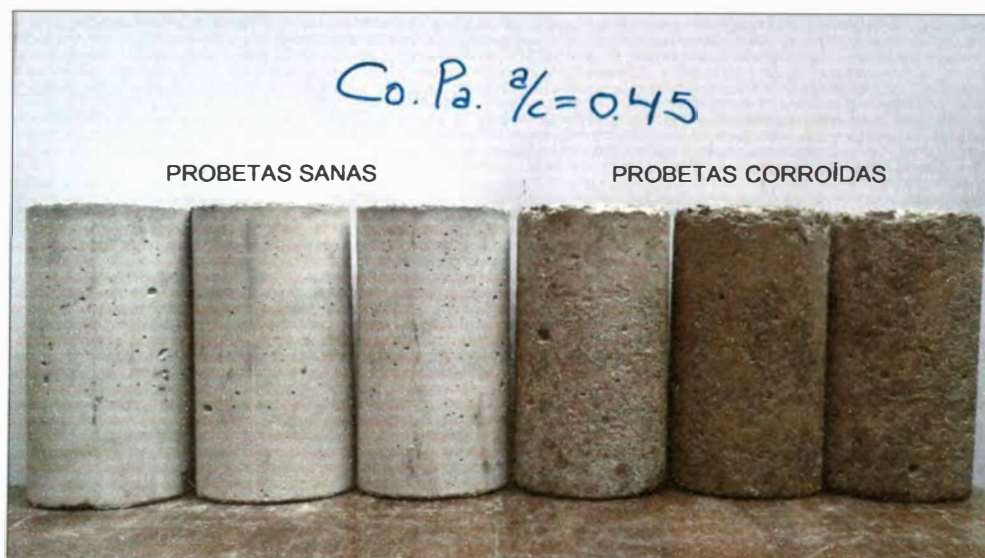


Foto 4.5.- Probetas de concreto patrón sanas y corroídas de $a/c=0.45$.



Foto 4.6.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.45$ con aditivo y 5% de microsilíce.



Foto 4.7.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.45$ con aditivo y 7.5% de microsilíce.



Foto 4.8.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.45$ con aditivo y 10% de microsilíce.

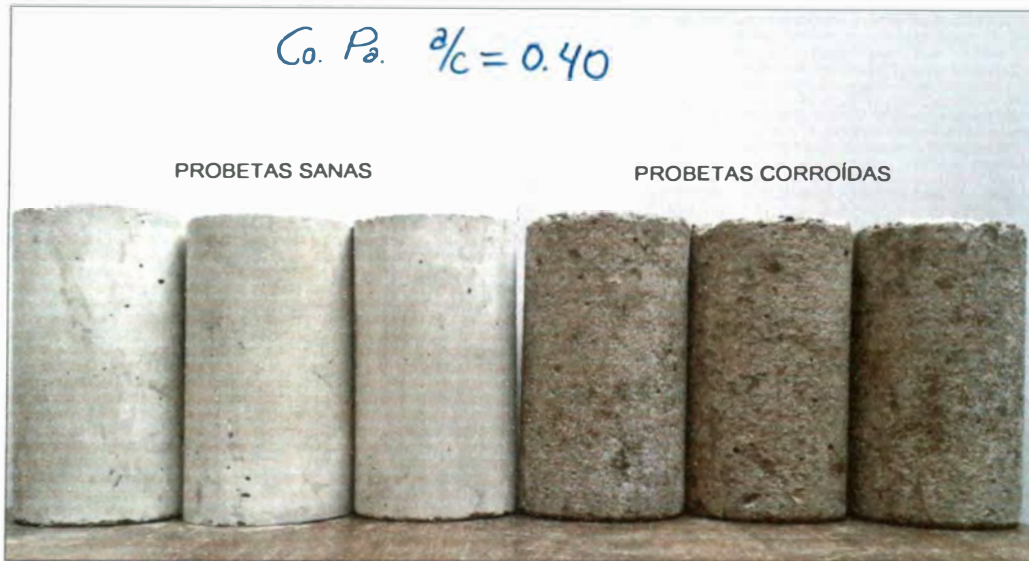


Foto 4.9.- Probetas de concreto patrón sanas y corroídas de $a/c=0.40$.



Foto 4.10.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.40$ con aditivo y 5% de microsílíce.

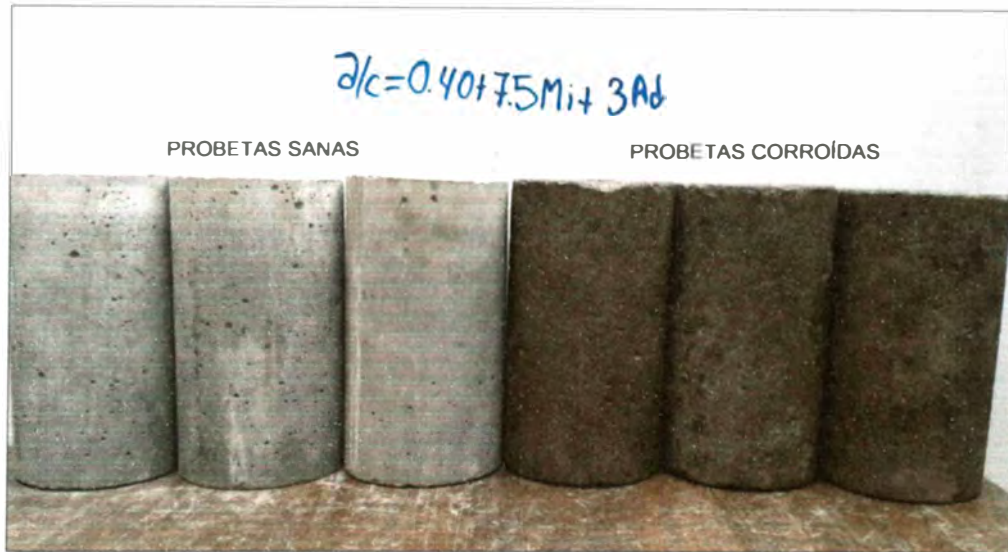


Foto 4.11.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.40$ con aditivo y 7.5% de microsilíce.



Foto 4.12.- Probetas de concreto sanas y corroídas de $a/c=0.40$ con aditivo y 10% de microsilíce.

Otro cambio físico se cuantificó mediante el pesado de las probetas secas luego de cada ciclo de corrosión. Se observó el incremento del peso seco debido a la acumulación de sal en los vacíos accesibles y en los poros capilares. En el Gráfico 4.13, Gráfico 4.14 y Gráfico 4.15, elaborados con los datos del Anexo E.3, muestran como las probetas incrementaron sus pesos hasta alcanzar valores máximos luego la tendencia es a perder peso.

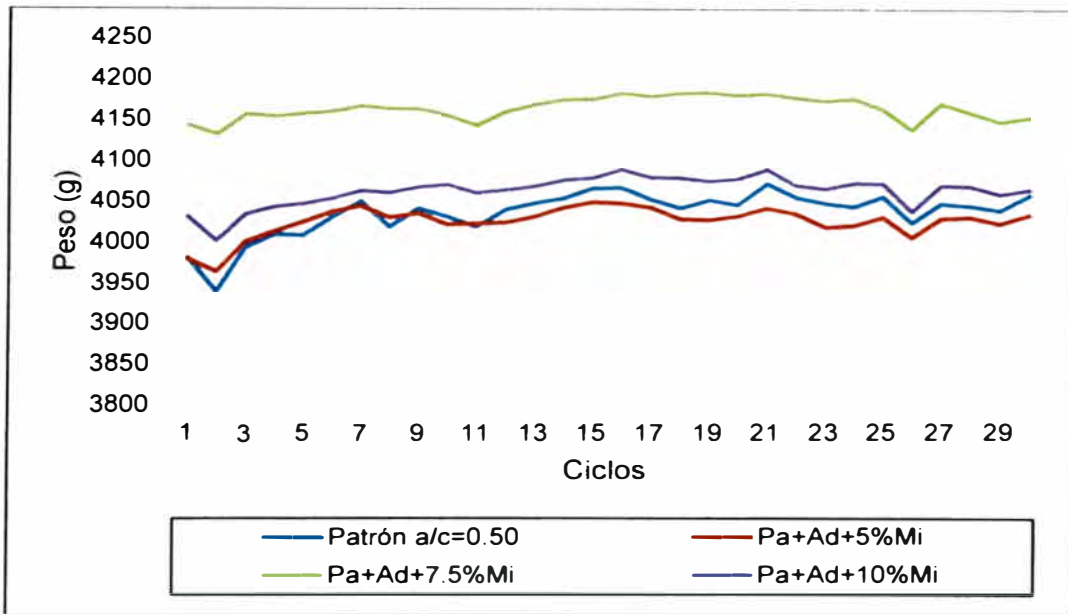


Gráfico 4.13.- Variación peso seco del concreto a/c=0.50, en 30 ciclos.

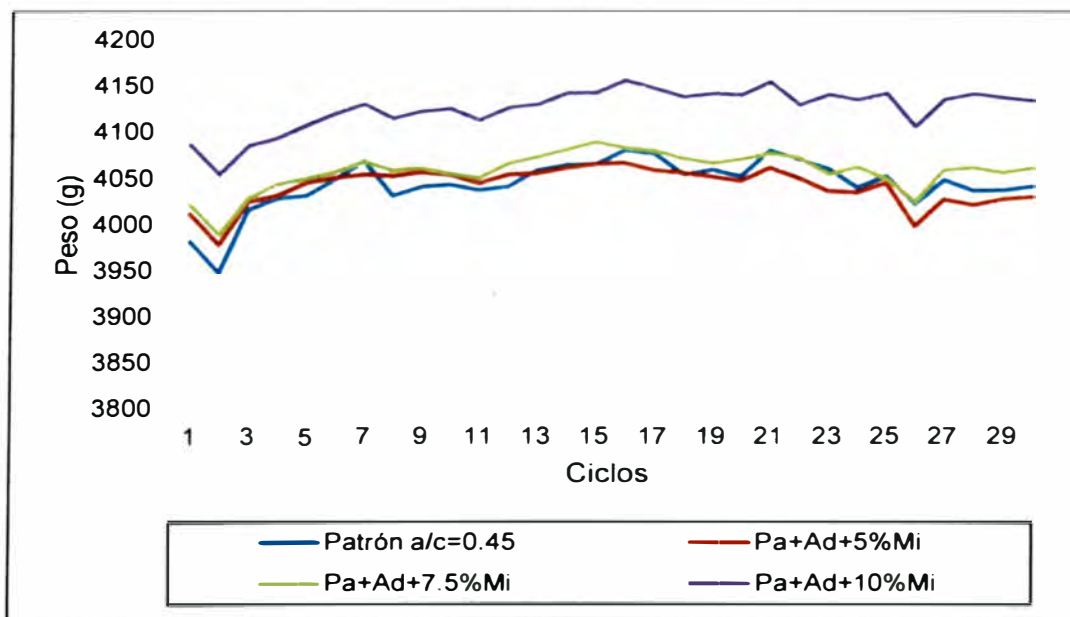


Gráfico 4.14.- Variación peso seco del concreto a/c=0.45, en 30 ciclos.

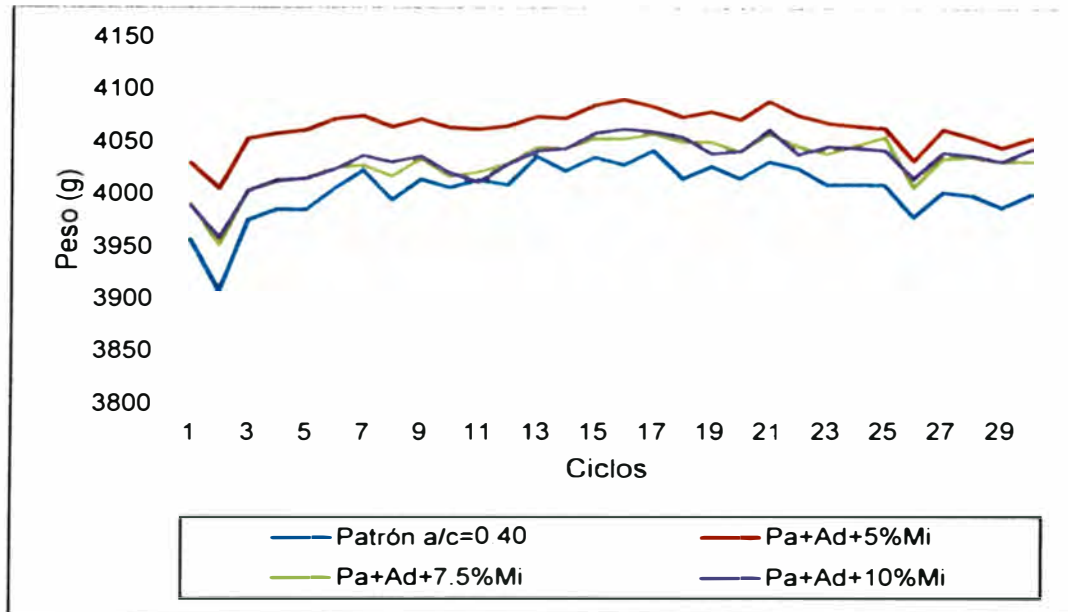


Gráfico 4.15.- Variación peso seco del concreto a/c=0.40, en 30 ciclos.

El Cuadro 4.14 muestra el resumen de los promedios obtenidos en el Anexo E.4, donde se señala el peso seco mínimo al principio del ensayo de corrosión, el peso seco máximo, donde hubo mayor acumulación de sal que ocurrió entre el ciclo 18 y 24, y el peso seco al finalizar los 30 ciclos de ensayos de corrosión acelerada.

Cuadro 4.14.- Variación de peso seco del concreto.

Concreto		Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)	
		Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida
a/c=0.50	Patrón	3936	4060	4058	1	23	30	124	2
	Pa+Ad+5%Mi	3957	4053	4034	1	21	30	96	19
	Pa+Ad+7.5%Mi	4117	4176	4154	1	21	30	59	23
	Pa+Ad+10%Mi	3999	4077	4065	1	23	30	79	12
a/c=0.45	Patrón	3936	4080	4042	1	19	30	144	38
	Pa+Ad+5%Mi	3974	4068	4030	2	18	30	94	38
	Pa+Ad+7.5%Mi	3987	4081	4062	2	21	30	94	20
	Pa+Ad+10%Mi	4053	4146	4135	2	24	30	93	11
a/c=0.40	Patrón	3895	4040	4001	1	19	30	146	39
	Pa+Ad+5%Mi	3997	4087	4055	1	23	30	90	32
	Pa+Ad+7.5%Mi	3951	4049	4033	2	23	30	99	17
	Pa+Ad+10%Mi	3946	4050	4044	1	23	30	104	6

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En el Gráfico 4.16 se observa que las probetas patrón $a/c=0.50$ son las menos pesadas y acumula más cantidad de sal, mientras las probetas con 7.5% de microsílíce son más pesadas y acumulan menos cantidad de sal. A pesar de los pesos finales donde las probetas patrón pierden menos peso que las otras probetas, las pruebas visibles muestran todo lo contrario, estas probetas patrón tuvieron más pérdida de masa superficial, el que no pierda mucho peso se explica con el avance de la acumulación de sal al interior del concreto mientras se destruyen las paredes de los poros.

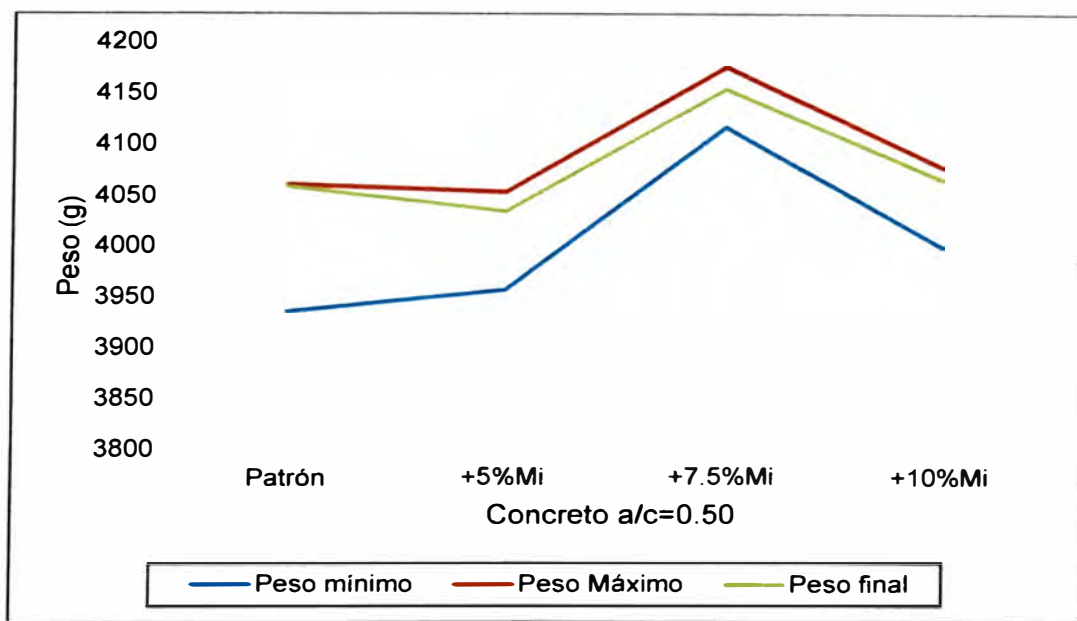


Gráfico 4.16.- Variación peso seco del concreto $a/c=0.50$.

En el Gráfico 4.17 se observa que las probetas patrón $a/c=0.45$ son las menos pesadas y acumulan más cantidad de sal, mientras las probetas con diferentes porcentajes de microsílíce acumulan menos cantidad sal. Como en el caso anterior, el peso seco final de las probetas patrón muestran aparentemente una pérdida de masa similar a la probeta con 5% de microsílíce, sin embargo las pruebas visibles muestran lo contrario, estas probetas patrón tuvieron más pérdida de masa superficial, que significa que mientras se destruyen las paredes de sus poros, la sal sigue avanzando y acumulándose al interior del concreto. Se observa también que las probetas con 10% de microsílíce son más pesadas, acumulan similar cantidad de sal que las otras probetas con microsílíce y pierden

menos peso al finalizar el ensayo.

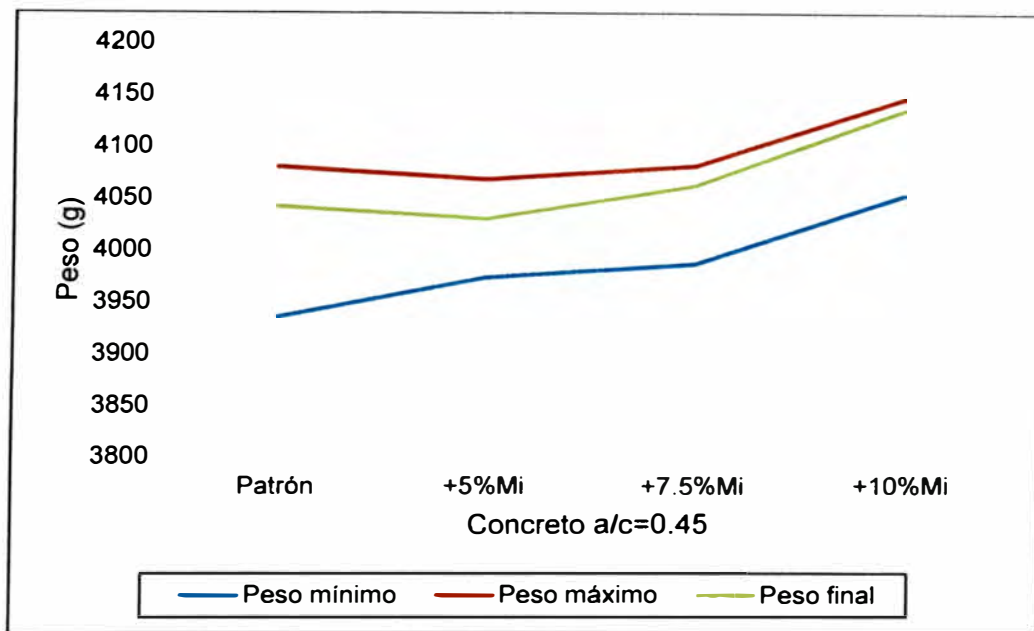


Gráfico 4.17.- Variación peso seco del concreto a/c=0.45.

En el Gráfico 4.18 se observa que las probetas patrón a/c=0.40 son menos pesadas y acumulan más cantidad de sal, mientras las probetas con 5% de microsilíce son más pesadas y acumulan menos sal. Aquí también el peso seco final de la probeta patrón muestra aparentemente una pérdida de masa similar a la probeta con 5% de microsilíce, sin embargo las pruebas visibles muestran lo contrario, estas probetas patrón tuvieron más pérdida de masa superficial, que significa que mientras se destruyen las paredes de sus poros, la sal sigue avanzando y acumulándose al interior del concreto. Se observa también que las probetas con 5% de microsilíce son más pesadas, acumulan similar cantidad de sal que las otras probetas con microsilíce y pierde más peso al finalizar el ensayo.

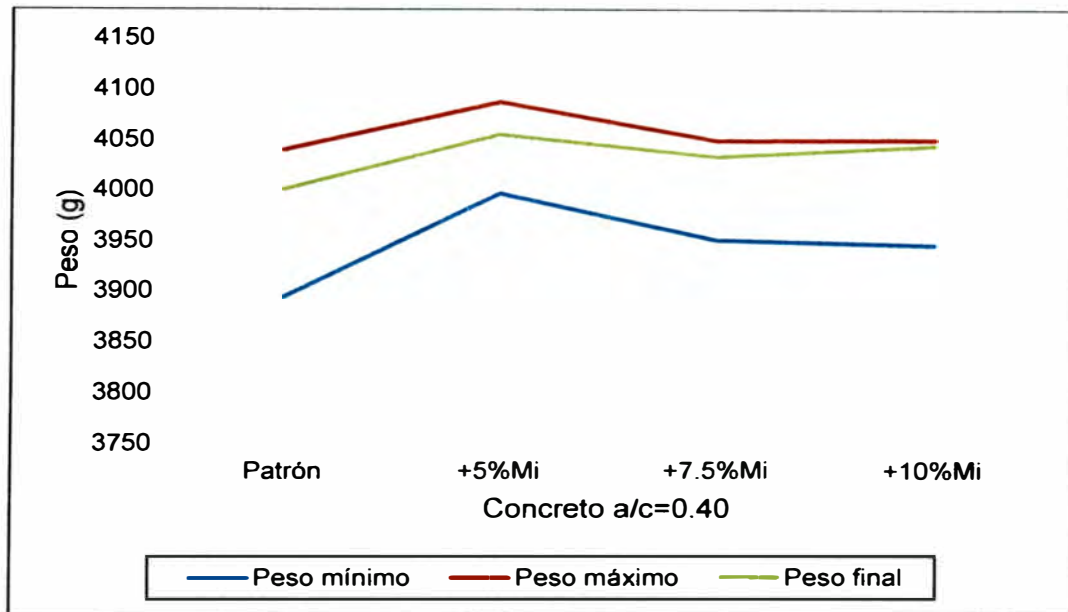


Gráfico 4.18.- Variación peso seco del concreto a/c=0.40.

Mediante la observación de la apariencia y la textura que fueron presentando las probetas, se puede concluir que las probetas patrón fueron las más afectadas por la corrosión acelerada, la medida de la pérdida de peso no ha sido exactamente la que mejor se correlacione con la observación, con más ciclos de corrosión este dato hubiera sido evidente. El control del peso nos ha permitido observar la capacidad del concreto para absorber la solución salina o acumular sal en los vacíos accesibles y los poros capilares, la máxima acumulación de sal, durante los 30 ciclos que duro el ensayo, es un dato que se correlaciona bien con la corrosión que hemos observado en las probetas. A la vez se ha observado que la acumulación de sal varía inversamente a los pesos iniciales del concreto, las probetas con $a/c=0.50$, $a/c=0.45$ y $a/c=0.40$ con adiciones de microsilíceo de 7.5%, 10% y 5% respectivamente, fueron más pesadas y acumularon menos cantidad de sal.

4.5.2. Absorción del Concreto

Se ha obtenido la absorción inicial de un concreto sano de 28 días de curado (absorción de agua) y la absorción del concreto que estaba siendo sometido a la prueba de corrosión acelerada (absorción de solución salina), como se muestra en el Anexo E.4.

Las probetas sometidas a corrosión acelerada presentan una absorción que se incrementa oscilante y progresivamente hasta alcanzar un máximo valor y luego desciende. El incremento de la absorción tiene que ver principalmente con la acumulación de sal en los vacíos y poros capilares del concreto. La absorción máxima se ha obtenido aproximadamente entre el ciclo 18 y 24, luego la tendencia es al descenso. La caída del valor de la absorción nos sugiere la pérdida de masa por destrucción de las paredes de los poros saturados, ya que se sabe que la sal en estado sólido se cristaliza, aumenta su volumen y ejerce presiones en los poros que la va destruyendo.

A continuación se presenta el Cuadro 4.15 con el resumen de los promedios obtenidos en el Anexo E.4.

Cuadro 4.15.- Absorción del concreto.

Concreto		Absorción (%)					
		Inicial		Máximo		Final	
a/c=0.50	Patrón	3.93	100%	4.93	125%	4.69	119%
	Pa+Ad+5%Mi	2.65	67%	3.83	97%	3.17	81%
	Pa+Ad+7.5%Mi	1.81	46%	2.42	62%	2.03	52%
	Pa+Ad+10%Mi	2.08	53%	3.10	79%	2.67	68%
a/c=0.45	Patrón	4.03	100%	5.20	129%	4.34	108%
	Pa+Ad+5%Mi	2.50	62%	3.52	87%	2.48	62%
	Pa+Ad+7.5%Mi	2.47	61%	3.48	86%	2.94	73%
	Pa+Ad+10%Mi	2.34	58%	3.23	80%	2.92	72%
a/c=0.40	Patrón	4.00	100%	5.30	133%	4.57	114%
	Pa+Ad+5%Mi	2.26	57%	3.28	82%	2.53	63%
	Pa+Ad+7.5%Mi	2.37	59%	3.75	94%	3.17	79%
	Pa+Ad+10%Mi	2.41	60%	3.80	95%	3.56	89%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En el Gráfico 4.19 el concreto patrón a/c=0.50 presenta una absorción inicial de 3.93%, la absorción se reduce significativamente con aditivo y adiciones de microsílíce, siendo el valor más bajo 1.81% para el concreto con 7.5% de microsílíce, es decir, se reduce a un 46%. Se observa también que el incremento y descenso de absorción es proporcional a la absorción inicial.

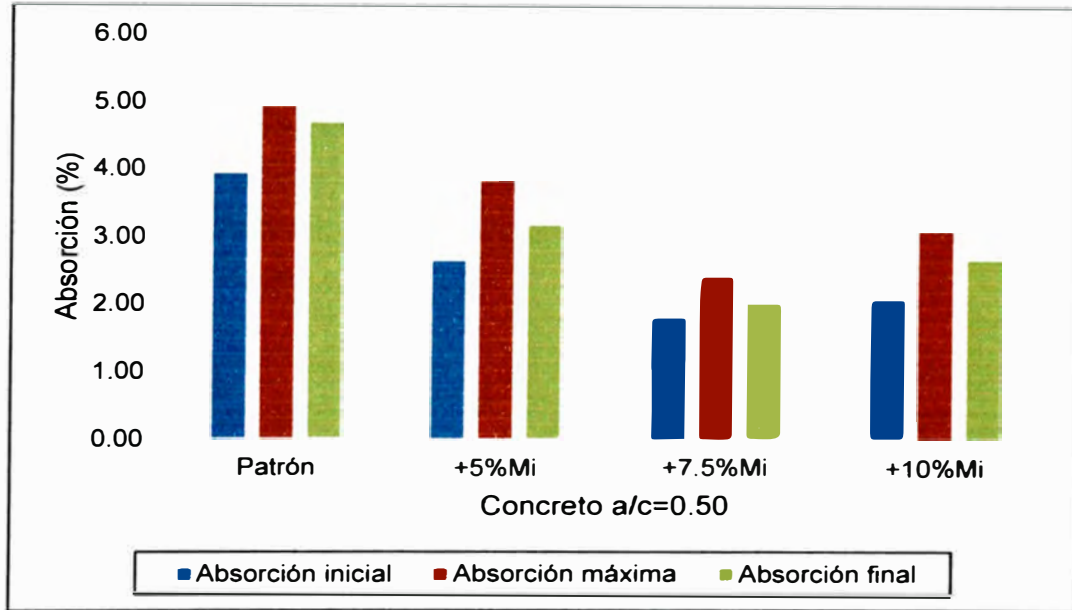


Gráfico 4.19.- Absorción del concreto a/c=0.50.

En el Gráfico 4.20 el concreto patrón a/c=0.45 presenta una absorción inicial de 4.03%, la absorción se reduce significativamente con aditivo y adiciones de microsilíce, siendo el valor más bajo 2.34% para el concreto con 10% de microsilíce, es decir, se reduce a un 58%. De manera similar al caso anterior, el incremento y descenso de absorción es proporcional a la absorción inicial.

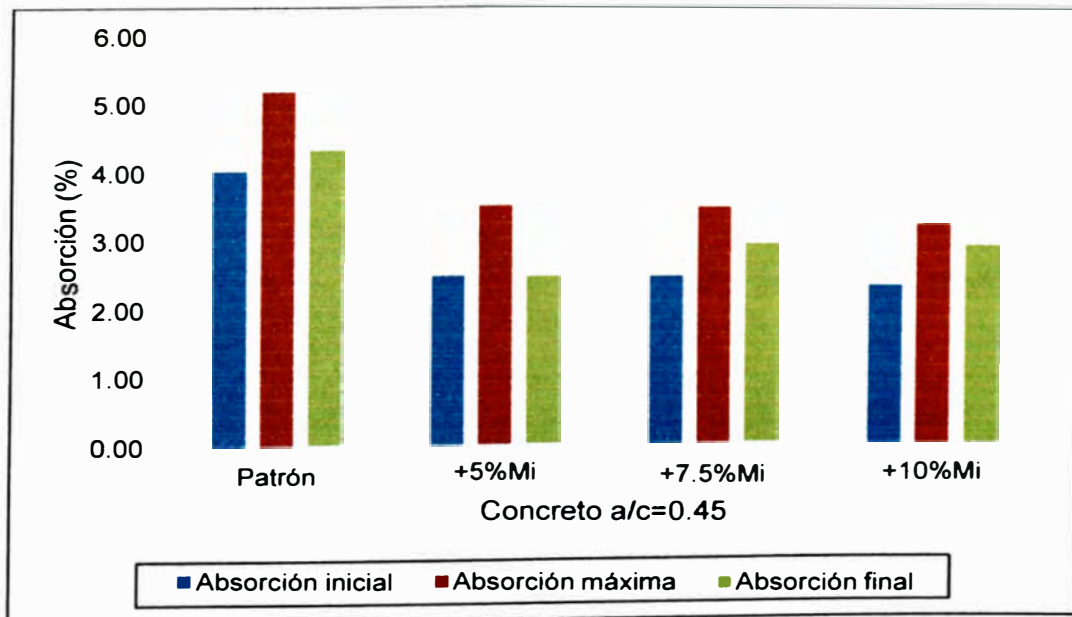


Gráfico 4.20.- Absorción del concreto a/c=0.45.

En el Gráfico 4.21 el concreto patrón $a/c=0.40$ presenta una absorción inicial de 4.00%, la absorción se reduce significativamente con aditivo y adiciones de microsilíce, siendo el valor más bajo 2.26% para el concreto con 5% de microsilíce, es decir, se reduce a un 57%. De manera similar a los casos anteriores, el incremento y descenso de absorción es proporcional a la absorción inicial.

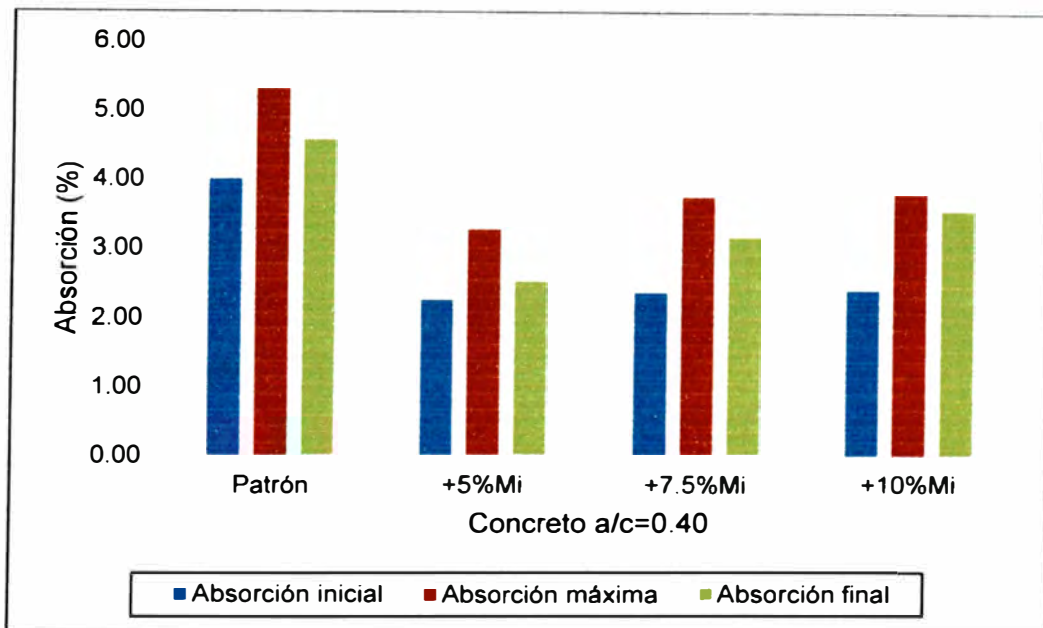


Gráfico 4.21.- Absorción del concreto $a/c=0.40$.

La reducción de la relación a/c , el uso de aditivo y microsilíce reduce la absorción del concreto, como se ha observado en los valores de la absorción inicial. Los concretos con a/c : 0.50, 0.45 y 0.40 con aditivo y microsilíce de 7.5%, 10% y 5% respectivamente, obtuvieron las absorciones más bajas y coinciden con las que acumularon menos cantidad de sal. En el Gráfico 4.22 se resume las absorciones iniciales de todos los tipos de concreto

Cuadro 4.16.- Absorción del concreto a los 28 días de edad.

Concreto	Absorción (%)							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
$a/c=0.50$	3.93	100%	2.65	67%	1.81	46%	2.08	53%
$a/c=0.45$	4.03	100%	2.50	62%	2.47	61%	2.34	58%
$a/c=0.40$	4.00	100%	2.26	57%	2.37	59%	2.41	60%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

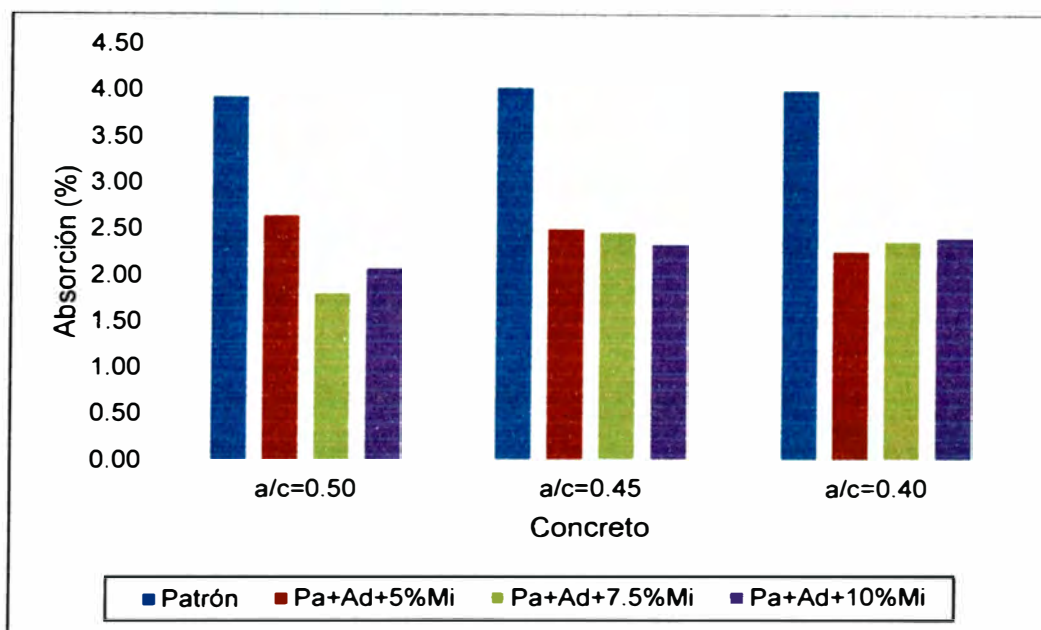


Gráfico 4.22.- Absorción del concreto a los 28 días de edad.

4.5.3. Durabilidad del Concreto

Partiendo de que la durabilidad del concreto es la capacidad de mantener las propiedades físicas, químicas y mecánicas durante el tiempo de servicio, bajo las condiciones que el medio ambiente le ofrece, se ha comparado la durabilidad del concreto de las diferentes mezclas que se han estudiado, para ello se ha usado la relación de la resistencia a la compresión del concreto que ha sido sometido a 30 ciclos de corrosión acelerada entre el concreto patrón sano de 28 días de curado, esta relación a la que se ha denominado "D" es un indicador de la durabilidad, es un valor relativo que se ha utilizado para analizar el comportamiento del concreto.

Luego de la prueba de corrosión acelerada se observa que la resistencia a la compresión del concreto corroído varía respecto a la resistencia del concreto sano. Las resistencias disminuyeron para la relación $a/c=0.50$ y $a/c=0.45$, tanto el concreto patrón como con aditivo y 5% de microsilice. Para los demás tipos de concreto las resistencias aumentaron.

Los concretos más durables son aquellas que aumentaron o mantuvieron su resistencia a la compresión, sin embargo los efectos negativos de la corrosión se evidencian de todas maneras, ya que al finalizar el ensayo de

corrosión los concretos tenían más de 90 días de vida, para estas edades deberían alcanzar aproximadamente entre 110% y 120% de la resistencia obtenida a los 28 días de curado, del concreto patrón y concreto con microsilíce respectivamente, esto debido a la hidratación de los silicatos de calcio que endurece al concreto permanentemente y porque a la edad de 90 días alcanzan las máximas resistencias.

La durabilidad del concreto con aditivo y microsilíce respecto al concreto patrón tiene ventaja luego de los 30 ciclos de corrosión acelerada del concreto.

Cuadro 4.17.- Durabilidad del concreto respecto al concreto patrón.

a/c	Concreto	f'c (kg/cm ²)	f'c corroído (kg/cm ²)	f'c corroído/f'c (%)	D (%)
0.50	Patrón	398	329	83	83%
	Pa+Ad+5Mi	748	666	89	167%
	Pa+Ad+7.5Mi	767	879	115	221%
	Pa+Ad+10Mi	813	811	100	204%
0.45	Patrón	374	371	99	99%
	Pa+Ad+5Mi	827	721	87	193%
	Pa+Ad+7.5Mi	761	802	105	214%
	Pa+Ad+10Mi	873	929	106	248%
0.40	Patrón	385	413	107	107%
	Pa+Ad+5Mi	815	857	105	223%
	Pa+Ad+7.5Mi	881	878	100	228%
	Pa+Ad+10Mi	822	828	101	215%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

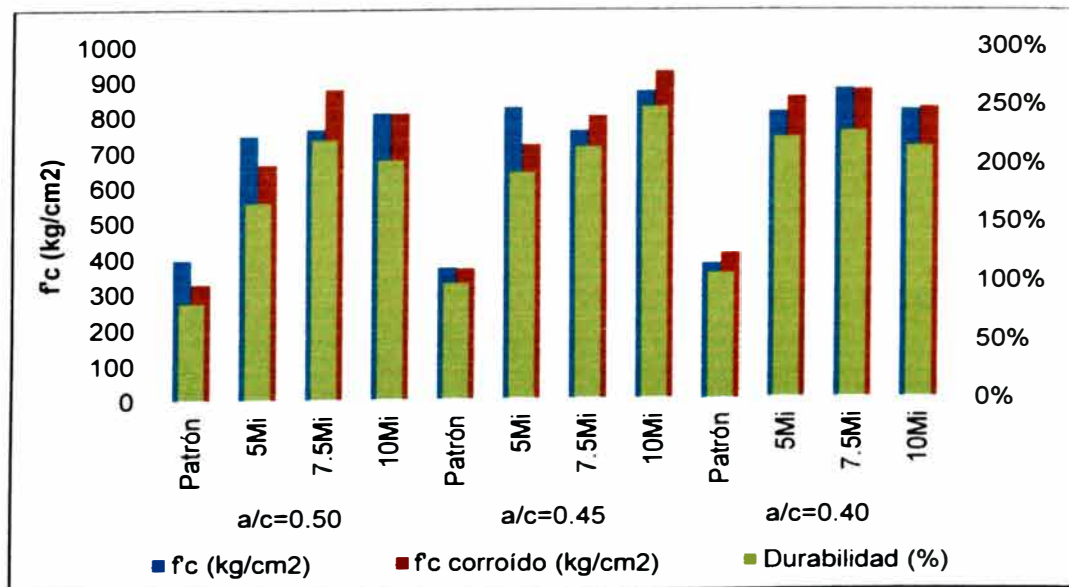


Gráfico 4.23.- Durabilidad del concreto respecto al concreto patrón.

4.5.4. Correlación de la Absorción y la Durabilidad del Concreto

Del Anexo E.6, se ha obtenido los valores promedio del indicador de la durabilidad (D) que se presentan en el Cuadro 4.18 y Cuadro 4.19. En vista de que la resistencia del concreto patrón es de mediana resistencia y la del concreto con microsílíce es de alta resistencia, se ha analizado de manera separada.

Respecto al Gráfico 4.23 y el Gráfico 4.24, se puede observar que la durabilidad del concreto tiende a aumentar a medida que la absorción disminuye; y la resistencia a la compresión del concreto disminuyó ligeramente a medida que la durabilidad aumentaba.

Cuadro 4.18.- Absorción, f_c y durabilidad del concreto patrón.

a/c	Absorción (%)	f_c (kg/cm ²)	D (%)
0.50	4.82	398	83
0.45	3.99	374	99
0.40	3.81	385	107

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

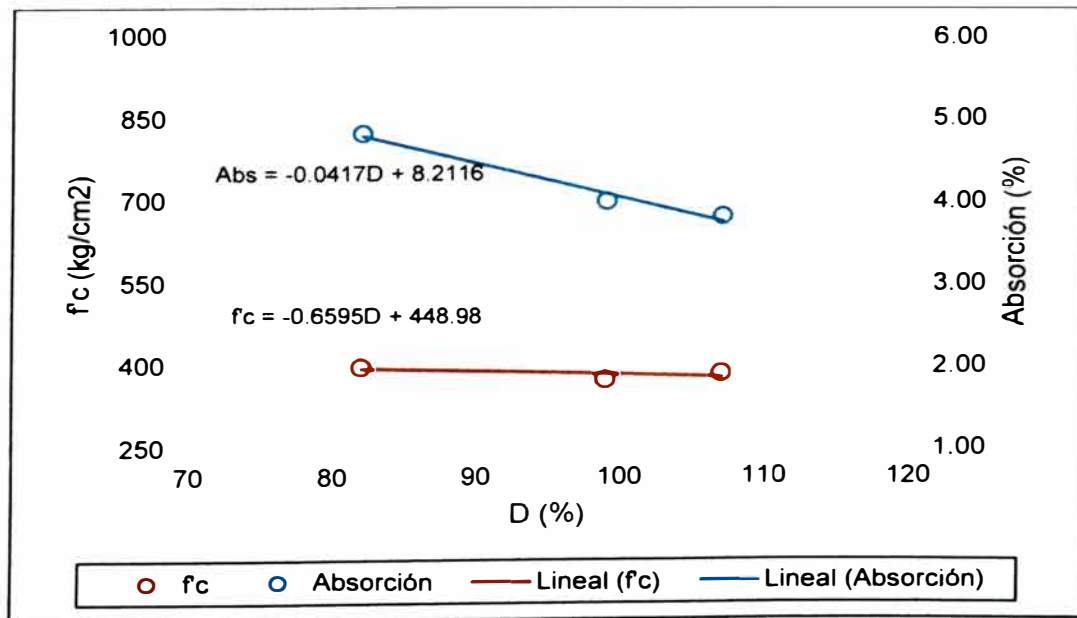


Gráfico 4.24.- Correlación: D, f_c y Absorción del concreto patrón.

Cuadro 4.19.- Absorción, f'c y D del concreto con microsílíce.

a/c	Concreto	Absorción (%)	f'c (kg/cm ²)	D (%)
0.50	Pa+Ad+5%Mi	2.32	748	167
	Pa+Ad+7.5%Mi	1.92	767	221
	Pa+Ad+10%Mi	2.46	813	204
0.45	Pa+Ad+5%Mi	2.28	827	193
	Pa+Ad+7.5%Mi	2.42	761	214
	Pa+Ad+10%Mi	2.21	873	248
0.40	Pa+Ad+5%Mi	2.17	815	223
	Pa+Ad+7.5%Mi	2.49	881	228
	Pa+Ad+10%Mi	3.17	822	215

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

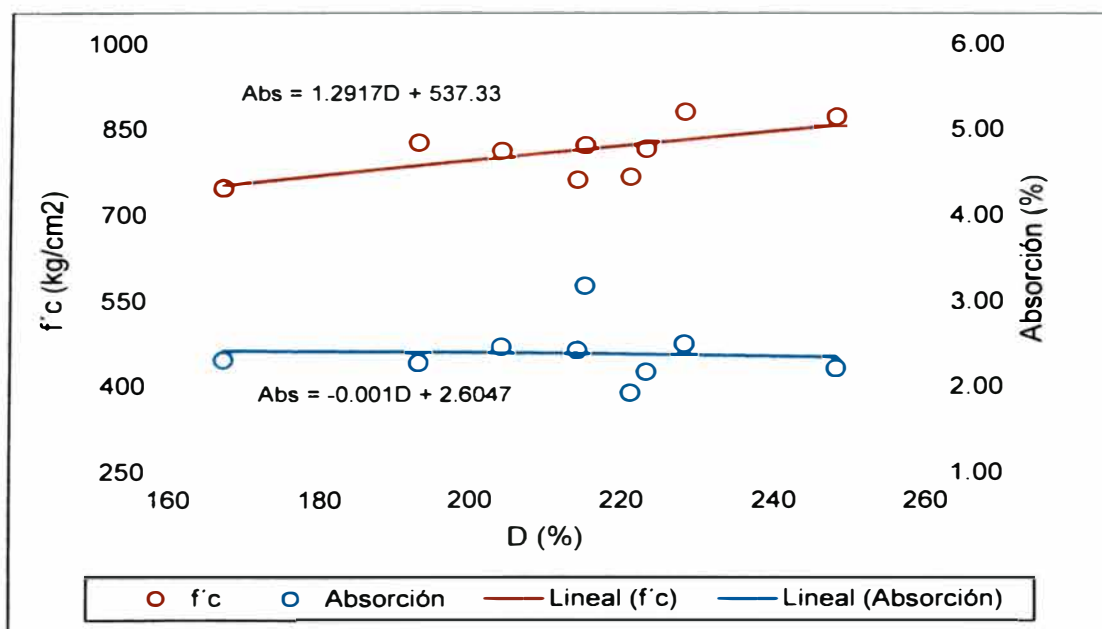


Gráfico 4.25.- Correlación: D, f'c y Absorción del concreto con microsílíce.

Se observa que la resistencia aumenta a medida que aumenta la durabilidad, y que la absorción disminuye mientras la durabilidad del concretos aumenta.

4.6. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.

Para el análisis de costo-beneficio, se ha analizado al concreto patrón y aparte al concreto con aditivo y microsílíce, por ser concretos de mediana y alta resistencia respectivamente, se puede ver en el cuadro que los costos por metro cubico del concreto con microsílíce se elevan entre 215% y 334% respecto al concreto patrón.

Cuadro 4.20.- Costo por metro cubico de concreto.

Concreto	Costo por m3 de concreto (S/.)							
	Patrón		Pa+Ad+5%Mi		Pa+Ad+7.5%Mi		Pa+Ad+10%Mi	
a/c=0.50	258	100%	554	215%	598	232%	642	249%
a/c=0.45	283	110%	622	241%	672	260%	723	280%
a/c=0.40	326	126%	738	286%	799	310%	861	334%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En el Gráfico 4.25 se observa que el concreto patrón con a/c=0.45 es más rentable.

Cuadro 4.21.- Costo - beneficio del concreto del concreto patrón.

Concreto	Costo real (soles/m3)	Durabilidad (%)	Beneficio (D)/Costo
a/c=0.50	258	83	0.32
a/c=0.45	283	99	0.35
a/c=0.40	326	107	0.33

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

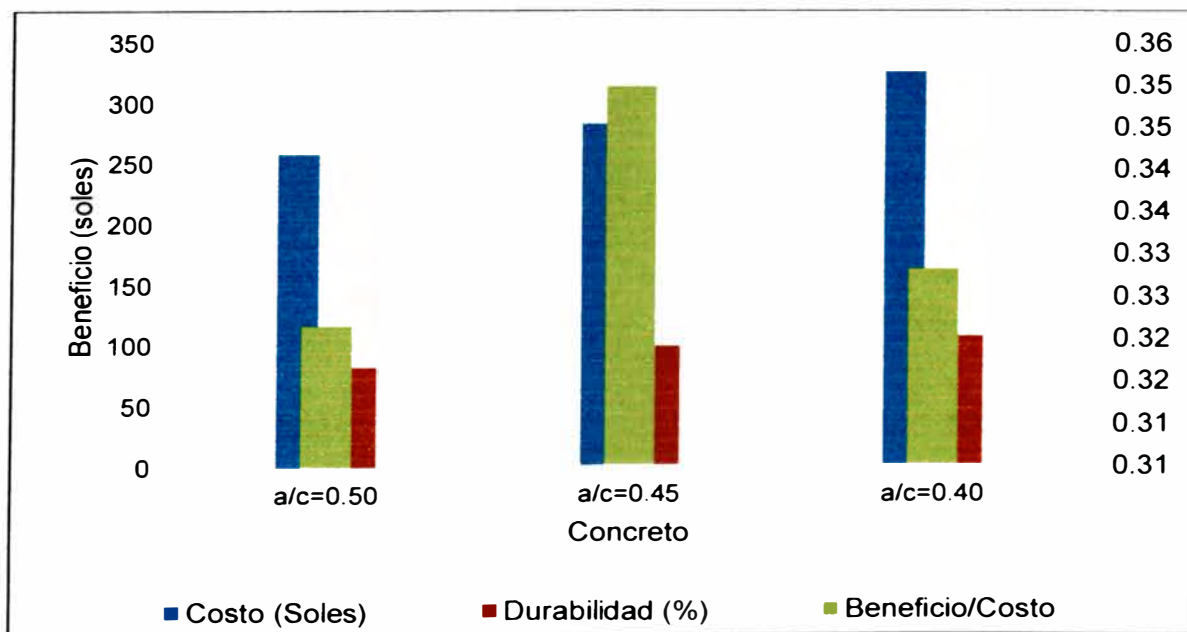


Gráfico 4.26.- Costo - beneficio del concreto del concreto patrón.

En el Gráfico 4.26 se observa que el concreto a/c=0.50 con 3% de aditivo y 7.5% de microsílíce es más rentable.

Cuadro 4.22.- Costo - beneficio del concreto con microsílíce.

Concreto		Costo real (soles/m3)	Durabilidad (%)	Beneficio (D)/Costo
a/c=0.50	+5Mi	554	167	0.30
	+7.5Mi	598	221	0.37
	+10Mi	642	204	0.32
a/c=0.45	+5Mi	622	193	0.31
	+7.5Mi	672	214	0.32
	+10Mi	723	248	0.34
a/c=0.40	+5Mi	738	223	0.30
	+7.5Mi	799	228	0.29
	+10Mi	861	215	0.25

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

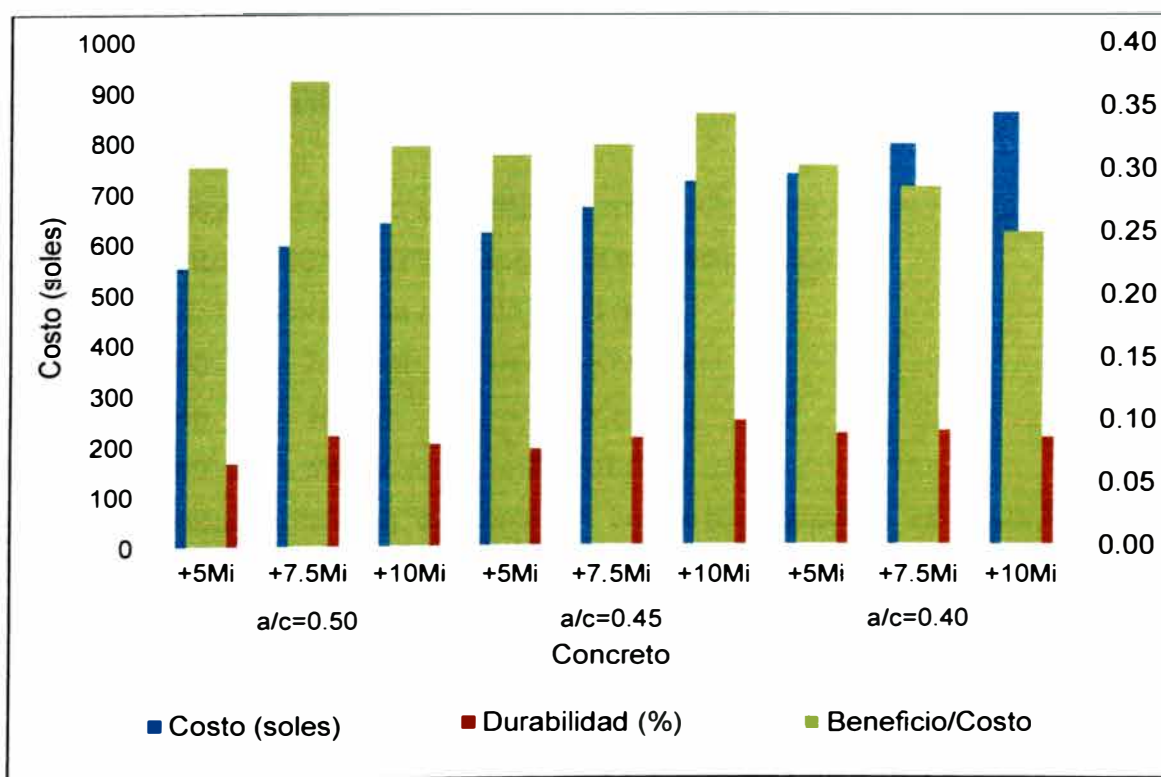


Gráfico 4.27.- Costo - beneficio del concreto con microsílíce.

CONCLUSIONES

El presente es un trabajo experimental sobre la corrosión acelerada del concreto y su durabilidad, frente al ataque por humedecido en agua con cloruro de sodio (100 g/l), y secado al horno a 100°C durante 30 ciclos. Para esto se ha producido tres mezclas de concreto patrón con a/c: 0.50, 0.45 y 0.40, con arena, piedra, agua y cemento portland tipo I, y mezclas de concreto al que se le añadió un superplastificante (3% constante para todas las mezclas en estudio) y tres proporciones de microsilíce: 5%, 7.5% y 10%, así se obtuvo 4 mezclas por cada relación a/c, llegando a 12 mezclas en total. Los concretos con aditivo y microsilíce disminuyeron su relación a/c de: 0.50, 0.45 y 0.40, a los valores a/c: 0.32, 0.31 y 0.29 respectivamente. Los concretos con aditivo y microsilíce han sido comparado con el concreto patrón en los ensayos que se realizaron: absorción, corrosión y resistencia a la compresión.

1. Los concretos con el uso de aditivo y microsilíce disminuyen su absorción llegando entre el 46% y 67% respecto al concreto patrón.
2. Se obtuvo las absorciones más bajas para:
 - a/c=0.50 → 7.5%Mi → Abs=1.92%
 - a/c=0.45 → 10%Mi → Abs=2.21%
 - a/c=0.40 → 5%Mi → Abs=2.17%
3. Los concretos corroídos aumentaron su peso debido a la absorción y acumulación de cloruro de sodio en sus poros, conforme aumentaron los ciclos de humedecido y secado se fue observando con mayor claridad el descascaramiento progresivo de las superficies del concreto, llegando al desprendimiento de concreto en un estado más avanzado de corrosión.
4. El concreto con aditivo y microsilíce mejora su durabilidad entre 167% y 248% respecto al concreto patrón.
5. Se obtuvo las durabilidades más altas para:
 - a/c=0.50 → 7.5%Mi → D=221%
 - a/c=0.45 → 10%Mi → D=248%
 - a/c=0.40 → 7.5%Mi → D=228%
6. En resumen: **“A menor absorción del concreto mayor es su durabilidad”**.
7. La resistencia a la compresión del concreto aumenta significativamente con aditivo y microsilíce, alcanzando entre 188% y 233% respecto a la resistencia del concreto patrón.

8. Se obtuvo las máximas resistencias para:
 - $a/c=0.50 \rightarrow 10\%Mi \rightarrow f_c=813 \text{ kg/cm}^2$
 - $a/c=0.45 \rightarrow 10\%Mi \rightarrow f_c=873 \text{ kg/cm}^2$
 - $a/c=0.40 \rightarrow 7.5\%Mi \rightarrow f_c=881 \text{ kg/cm}^2$
9. Los concretos con 7.5% y 10% de microsilíce, incrementan su resistencia a la compresión en menos del 10% respecto al concreto modificado con 5% de microsilíce.
10. Del análisis costo-beneficio se obtiene que el concreto más rentable es para:
 - $a/c=0.50 \rightarrow 7.5\%Mi \rightarrow Abs=1.92\% \rightarrow D=221\% \rightarrow f_c=767 \text{ kg/cm}^2$

RECOMENDACIONES

1. Con más ciclos de corrosión la pérdida de peso hubiera sido evidente. Por esa razón se recomienda ensayar más ciclos de corrosión o probar un agente más agresivo que la sal para notar los cambios rápidamente.
2. Realizar más trabajos experimentales de ensayo de absorción y contrastarlos con los resultados de corrosión.
3. Medir la cantidad de sal acumulada en el concreto, para contrastarlo con los resultados.
4. Realizar ensayos de resistencia a la compresión en el concreto corroído por humedecido y secado. Y para que los resultados de durabilidad sean más exactos, debe ensayarse la resistencia a la compresión en un concreto sano de la misma edad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASOCEN; Granulometría de la Arena; Boletín Técnico N°8; 1983; Disponible: <http://www.imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Arenas/Granulometria%20de%20la%20Arena.pdf>, marzo 2014.
2. AVENDAÑO Aroni, Ángel Rafael; Corrosión del Concreto de Mediana a Baja Resistencia por Acción del Cloruro de Sodio con Cemento Portland Tipo I; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2000.
3. BICZOK, Imre; Corrosión y Protección del Hormigón; Editorial Urmo S.A., Ediciones. España-1981.
4. CACHAY Huamán, Rafael; Diseño de Mezclas por el Método del Agregado Global y Módulo de Finura, para Concretos de Mediana a Alta Resistencia; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-1995.
5. CEMENTOS INKA; Historia del Cemento; <http://www.cementosinka.com.pe/blog/historia-del-cemento/>; 27 DICIEMBRE 2016.
6. CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS; GOBIERNO DE ESPAÑA; 1796-1844 Desarrollo de los Cementos Naturales e Invención del Cemento Portland Artificial; http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/C32.php?id_tema=75; 2010.
7. CHALLCO Duran, Antonio; Corrosión del Concreto de Mediana a Alta Resistencia con Cemento Portland tipo I y Aditivo Plastificante por Acción de Cloruro de Sodio; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2002.
8. CHOQUE Díaz, René Raúl; Efectos del Fenómeno de Corrosión en las Estructuras de Concreto Armado; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2005.
9. COMITÉ ACI 201; Guía para la Durabilidad del Hormigón, Editado por American Concrete Institute; 2008; Disponible: http://dl.mycivil.ir/dozanani/ACI/ACI%20201.2R-08%20Guide%20to%20Durable%20Concrete_MyCivil.ir.pdf, octubre 2017.
10. COMITÉ ACI 318; Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural; Editado por American Concrete Institute; 2014; Disponible: https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf,

octubre 2017.

11. DÍAZ Lazo, José Luis; Corrosión del Cemento por Ataque de Sulfuros; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-1994.
12. ESPEJO Alvarado, Hugo Augusto; Corrosión del Concreto de Mediana a Alta Resistencia por Acción de Cloruro de Sodio Usando Cemento Portland Tipo I y Aditivo Superplastificante y Autocompactante; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2004.
13. GARCÍA Romero, César Manuel; La Corrosión del Concreto de Mediana a Baja Resistencia por Acción del Cloruro de Sodio Usando Cemento Portland Tipo I y Aditivo Plastificante; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2001.
14. GIRÓN Vargas, Humberto Alejandro; Ataque por Cloruros en el Concreto; Publicación, Revista del Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto; Mexico-1998; Disponible: <http://www.imcyc.com/revista/1998/oct/ataque.htm>, Setiembre 2011.
15. GONZALES Fernández, José A.; Control de la Corrosión: Estudio y Medida Por Técnicas Electroquímicas; Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas; Madrid-1989.
16. HUINCHO Salvatierra, Edher; Concreto de Alta Resistencia Usando Aditivo Superplastificante, Microsilice y Nanosilice con Cemento Portland Tipo I; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2011.
17. LÓPEZ, Abraham. Almeraya, Facundo. Gaona, Citlalli. Martínez, Alberto. Orozco, Víctor; Efectos del Método de Curado en la Velocidad de Corrosión del Concreto Reforzado a Edad Temprana; Publicación, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Universidad Tecnológica de Pereira; Colombia-2007; Disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/849/84903664.pdf>, setiembre 2011.
18. LÓPEZ Orozco, Juan Orlando; Porosidad del Concreto; Tesis de Grado – Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala; Guatemala-2004; Disponible: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2394_C.pdf, Setiembre 2011.
19. MEZA Bernuy, Eduardo Celso; Proceso de Corrosión en el Concreto de Mediana a Baja Resistencia por Acción del Sulfato de Magnesio Usando

- Cemento Portland Tipo I; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2003.
20. NTP; Sobre calidad del concreto y materiales, y ensayos de laboratorio.
21. OROZCO Carlos, Luis Alberto; Corrosión Acelerada del Concreto de Mediana a Alta Resistencia por Acción del Cloruro de Sodio con Cemento Portland Tipo I; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2001.
22. RIVVA López, Enrique; Diseño de Mezclas; 1era Edición; Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia; Perú-2010.
23. RIVVA López, Enrique; Ataques al Concreto; 1era Edición; Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia; Perú-2010.
24. RIVVA López, Enrique; Materiales para el Concreto; 2da Edición; Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia; Perú-2010.
25. RNE; Reglamento Nacional de Edificaciones; 10ma Edición; Editorial Megabyte; Perú-2017.
26. UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA; Fundamentos Químicos de la Ingeniería; Publicación; http://www3.uclm.es/profesorado/giq/doc_fund.htm; Setiembre 2011.
27. VILCA Aranda, Patricia A.; Obtención del Concreto de Alta Resistencia; Tesis de Grado – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería; Perú-2008.

ANEXOS

A.- Ensayos de Agregados

A.1 Granulometría

A.1.1 Granulometría de agregado fino

Procedencia material: Huachipa

Peso de muestra: 500 g

Cuadro A.1.- Granulometría de arena, muestra 1.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (g)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.525	1.5	0.30%	0.30%	99.70%	100%	100%
No.4	4.750	27.5	5.50%	5.80%	94.20%	95%	100%
No.8	2.381	63.5	12.70%	18.50%	81.50%	80%	100%
No.16	1.191	109.5	21.90%	40.40%	59.60%	50%	85%
No.30	0.595	126.5	25.30%	65.70%	34.30%	25%	60%
No.50	0.296	84.0	16.80%	82.50%	17.50%	5%	30%
No.100	0.149	43.5	8.70%	91.20%	8.80%	0%	10%
No.200	0.074	13.0	2.60%	93.80%	6.20%	0%	0%
Fondo		31.0	6.20%	100.00%	0.00%		
Total		500.0	100.00%				
Módulo de Finura		3.04%					

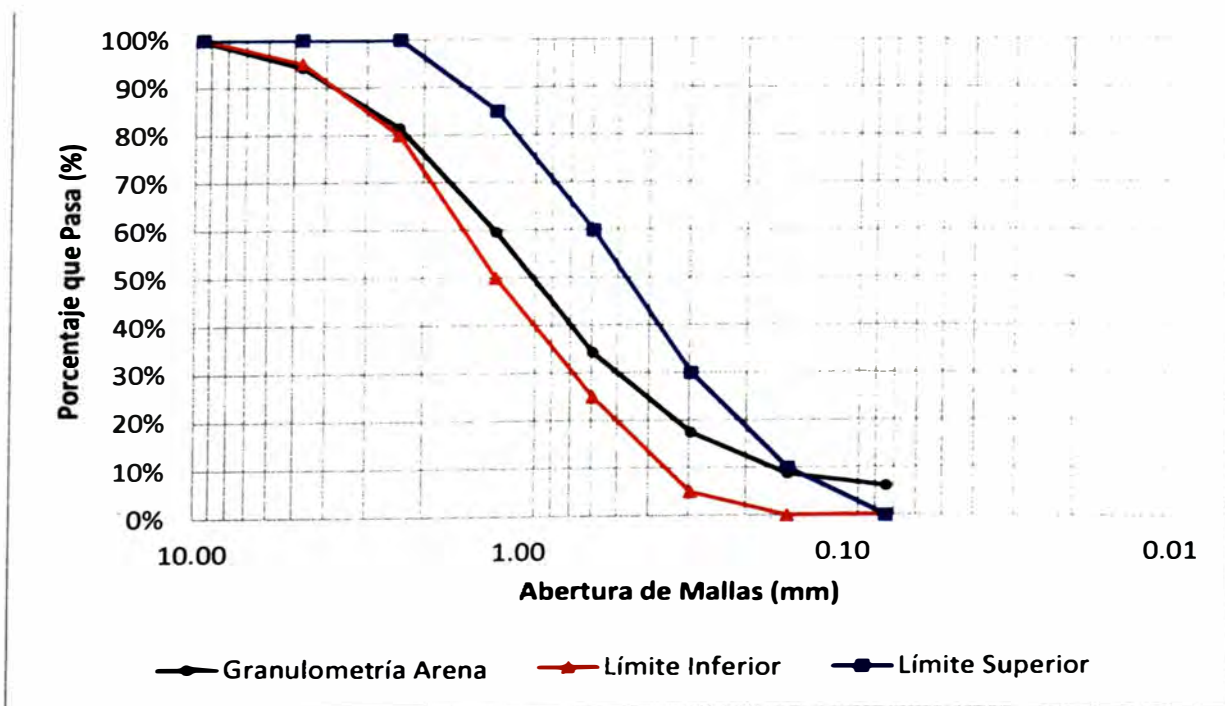


Gráfico A.1.- Granulometría de arena, muestra 1.

Cuadro A.2.- Granulometría de arena, muestra 2.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (g)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Limite Inferior	Limite Superior
3/8"	9.525	6.0	1.20%	1.20%	98.80%	100%	100%
No.4	4.750	30.0	6.00%	7.20%	92.80%	95%	100%
No.8	2.381	54.5	10.90%	18.10%	81.90%	80%	100%
No.16	1.191	98.0	19.60%	37.70%	62.30%	50%	85%
No.30	0.595	131.5	26.30%	64.00%	36.00%	25%	60%
No.50	0.296	92.0	18.40%	82.40%	17.60%	5%	30%
No.100	0.149	48.0	9.60%	92.00%	8.00%	0%	10%
No.200	0.074	9.0	1.80%	93.80%	6.20%	0%	0%
Fondo		31.0	6.20%	100.00%	0.00%		
Total		500.0	100.00%				
Módulo de Finura		3.01%					

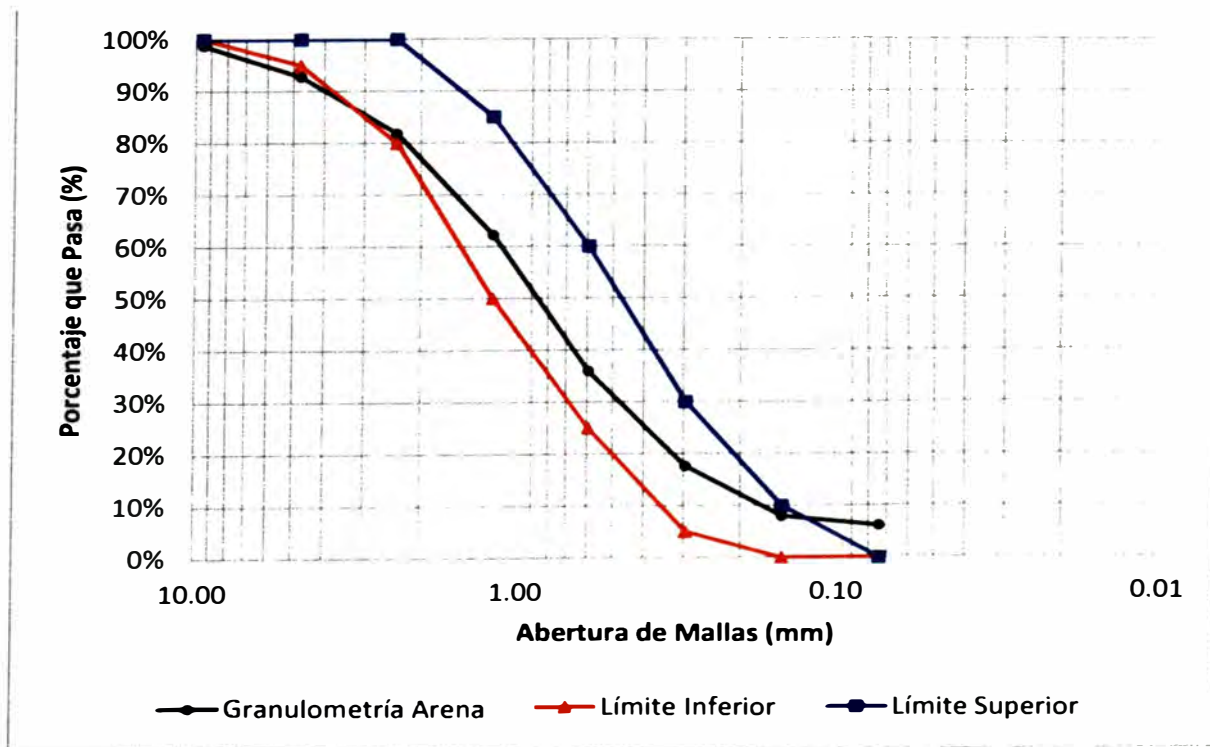


Gráfico A.2.- Granulometría de arena, muestra 2.

Cuadro A.3.- Granulometria de arena, muestra 3.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (g)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Limite Inferior	Limite Superior
3/8"	9.525	8.5	1.70%	1.70%	98.30%	100%	100%
No.4	4.750	32.5	6.50%	8.20%	91.80%	95%	100%
No.8	2.381	68.5	13.70%	21.90%	78.10%	80%	100%
No.16	1.191	112.0	22.40%	44.30%	55.70%	50%	85%
No.30	0.595	123.0	24.60%	68.90%	31.10%	25%	60%
No.50	0.296	78.5	15.70%	84.60%	15.40%	5%	30%
No.100	0.149	38.5	7.70%	92.30%	7.70%	0%	10%
No.200	0.074	7.5	1.50%	93.80%	6.20%	0%	0%
Fondo		31.0	6.20%	100.00%	0.00%		
Total		500.0	100.00%				
Módulo de Finura		3.20%					

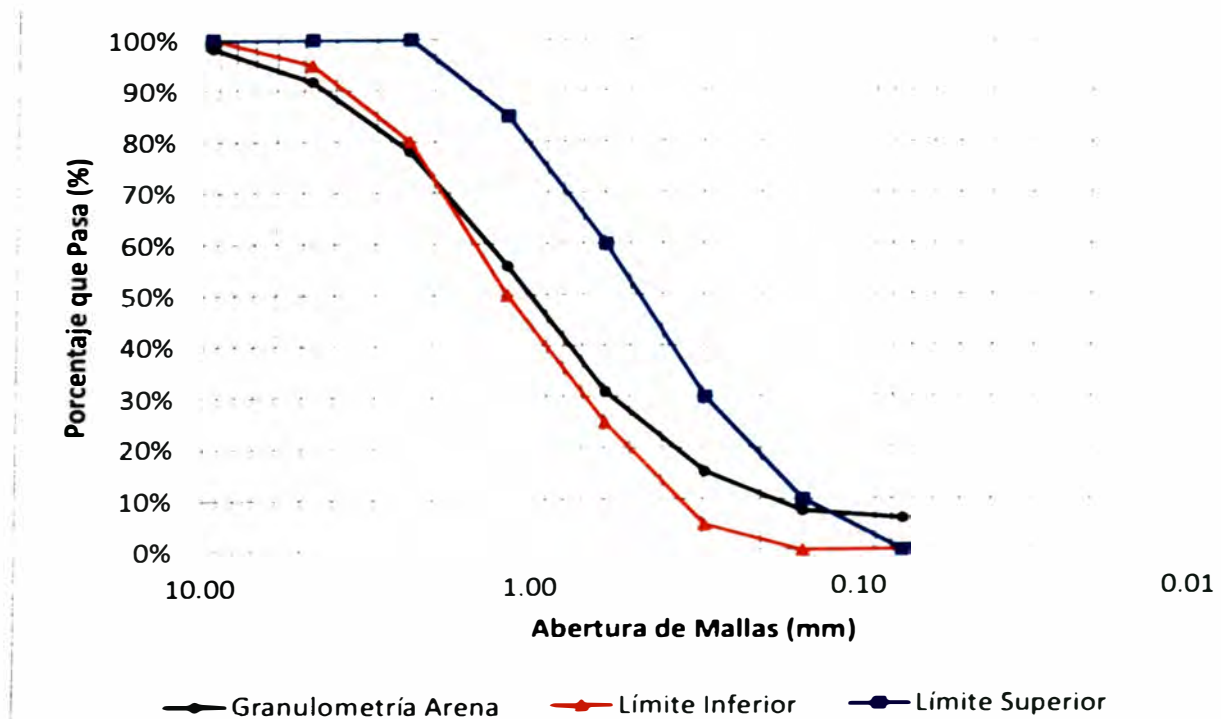


Gráfico A.3.- Granulometria de arena, muestra 3.

A.1.2 Granulometría de agregado grueso (límites del huso 5)

Procedencia: Huachipa

Peso de muestra: 1000 g

Cuadro A.4.- Granulometría de piedra, muestra 1.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (g)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Límite Inferior	Límite Superior
1 1/2"	38.000	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25.400	749.5	7.50%	7.50%	92.51%	90%	100%
3/4"	19.500	4458.0	44.58%	52.08%	47.93%	20%	55%
1/2"	12.700	4172.0	41.72%	93.80%	6.21%	0%	10%
3/8"	9.525	481.5	4.82%	98.61%	1.39%	0%	5%
1/4"	6.350	126.5	1.27%	99.88%	0.12%	0%	0%
No.4	4.750	4.0	0.04%	99.92%	0.09%		
Fondo		8.5	0.09%	100.00%			
Total		10,000.0	100.00%				
Módulo de Finura		7.51					

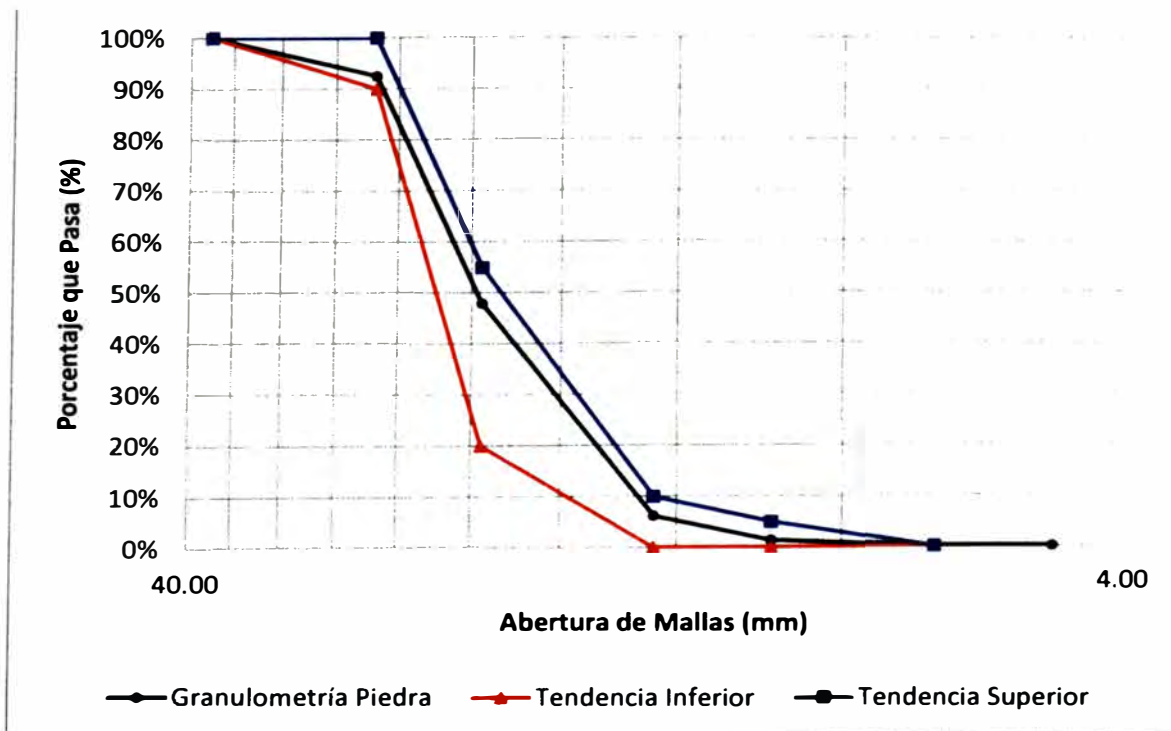


Gráfico A.4.- Granulometría de la piedra, muestra 1.

A.1.2 Granulometría de agregado grueso (límites del huso 5)

Procedencia: Huachipa

Peso de muestra: 1000 g

Cuadro A.4.- Granulometría de piedra, muestra 1.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (g)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Limite Inferior	Limite Superior
1 1/2"	38.000	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25.400	749.5	7.50%	7.50%	92.51%	90%	100%
3/4"	19.500	4458.0	44.58%	52.08%	47.93%	20%	55%
1/2"	12.700	4172.0	41.72%	93.80%	6.21%	0%	10%
3/8"	9.525	481.5	4.82%	98.61%	1.39%	0%	5%
1/4"	6.350	126.5	1.27%	99.88%	0.12%	0%	0%
No.4	4.750	4.0	0.04%	99.92%	0.09%		
Fondo		8.5	0.09%	100.00%			
Total		10,000.0	100.00%				
Módulo de Finura		7.51					

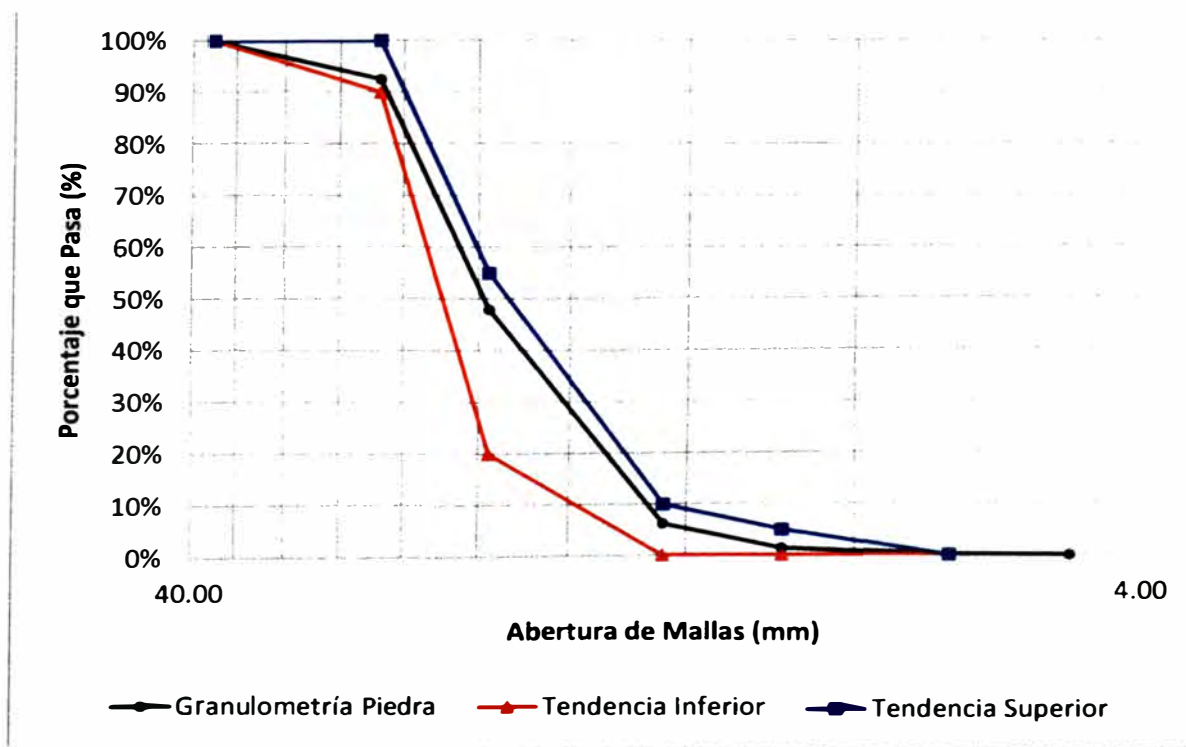


Gráfico A.4.- Granulometría de la piedra, muestra 1.

Cuadro A.5.- Granulometría de piedra, muestra 2.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Limite Inferior	Limite Superior
1 1/2"	38.000	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25.400	768.5	7.69%	7.69%	92.32%	90%	100%
3/4"	19.500	3894.0	38.94%	46.63%	53.38%	20%	55%
1/2"	12.700	4504.5	45.05%	91.67%	8.33%	0%	10%
3/8"	9.525	658.5	6.59%	98.26%	1.75%	0%	5%
1/4"	6.350	158.5	1.59%	99.84%	0.16%	0%	0%
No.4	4.750	8.0	0.08%	99.92%	0.08%		
Fondo		8.0	0.08%	100.00%			
Total		10,000.0	100.00%				
Módulo de Finura		7.45					

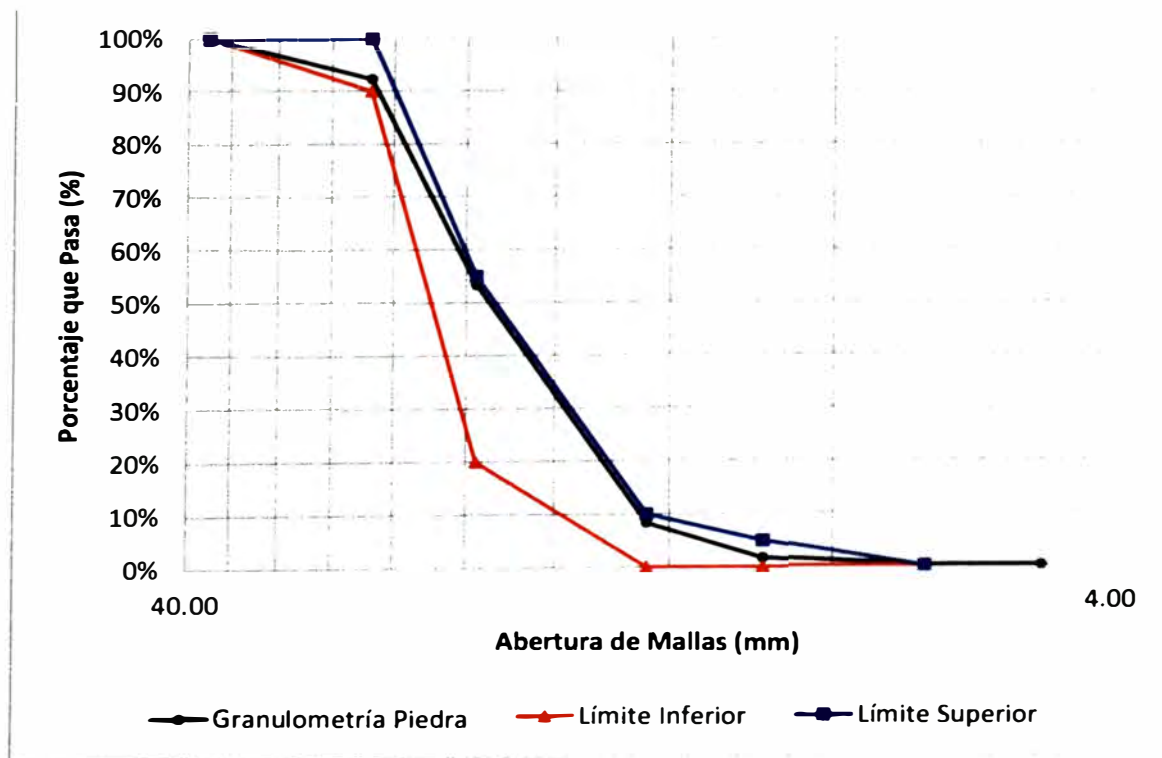


Gráfico A.5.- Granulometría de la piedra, muestra 2

Cuadro A.6.- Granulometría de piedra, muestra 3.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	Límite Inferior	Límite Superior
1 1/2"	38.000	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25.400	878.5	8.79%	8.79%	91.22%	90%	100%
3/4"	19.500	4596.0	45.96%	54.75%	45.26%	20%	55%
1/2"	12.700	3914.0	39.14%	93.89%	6.12%	0%	10%
3/8"	9.525	456.0	4.56%	98.45%	1.56%	0%	5%
1/4"	6.350	133.0	1.33%	99.78%	0.23%	0%	0%
No.4	4.750	11.5	0.12%	99.89%	0.11%		
Fondo		11.0	0.11%	100.00%			
Total		10,000.0	100.00%				
Módulo de Finura		7.53					

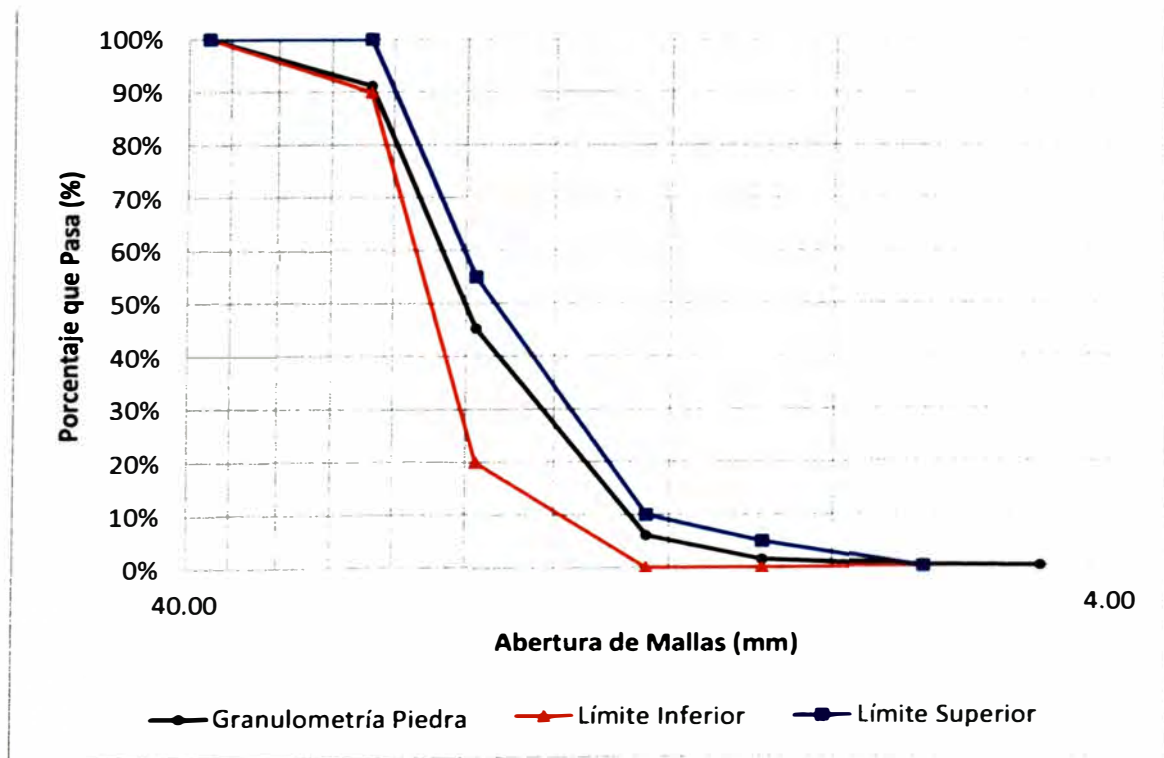


Gráfico A.6.- Granulometría de la piedra, muestra 3.

Cuadro A.9.- Superficie especifica de la arena, muestra 3.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1/2"	12.700			
3/8"	9.525	1.1113	1.70%	0.0153
No.4	4.750	0.7138	6.50%	0.0911
No.8	2.381	0.3566	13.70%	0.3842
No.16	1.191	0.1786	22.40%	1.2542
No.30	0.595	0.0893	24.60%	2.7548
No.50	0.296	0.0446	15.70%	3.5241
No.100	0.149	0.0223	7.70%	3.4607
No.200	0.074	0.0112	1.50%	1.3453
Fondo		0.0074	6.20%	8.3784
Total				21.2080
SE (cm ² /gr)				48.94

A.2.2 Superficie especifica de la piedra

Procedencia: Huachipa

Peso de muestra: 1000 g

Peso específico de la piedra: 2.7 g/cm³

Cuadro A.10.- Superficie especifica de la piedra, muestra 1.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1 1/2"	38.000			
1"	25.400	3.1700	7.50%	0.0236
3/4"	19.500	2.2450	44.58%	0.1986
1/2"	12.700	1.6100	41.72%	0.2591
3/8"	9.525	1.1113	4.82%	0.0433
1/4"	6.350	0.7938	1.27%	0.0159
No.4	4.750	0.5550	0.04%	0.0007
Fondo		0.4750	0.09%	0.0018
Total				0.5431
SE (cm ² /gr)				1.21

A.2 Superficie específica

A.2.1 Superficie específica de la arena

Procedencia: Huachipa

Peso de muestra: 500 g

Peso específico de la arena: 2.6 g/cm³

Cuadro A.7.- Superficie específica de la arena, muestra 1.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1/2"	12.700			
3/8"	9.525	1.1113	0.30%	0.0027
No.4	4.750	0.7138	5.50%	0.0771
No.8	2.381	0.3566	12.70%	0.3562
No.16	1.191	0.1786	21.90%	1.2262
No.30	0.595	0.0893	25.30%	2.8331
No.50	0.296	0.0446	16.80%	3.7710
No.100	0.149	0.0223	8.70%	3.9101
No.200	0.074	0.0112	2.60%	2.3318
Fondo		0.0074	6.20%	8.3784
Total				22.8867
SE (cm ² /gr)				52.82

Cuadro A.8.- Superficie específica de la arena, muestra 2.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1/2"	12.700			
3/8"	9.525	1.1113	1.20%	0.0108
No.4	4.750	0.7138	6.00%	0.0841
No.8	2.381	0.3566	10.90%	0.3057
No.16	1.191	0.1786	19.60%	1.0974
No.30	0.595	0.0893	26.30%	2.9451
No.50	0.296	0.0446	18.40%	4.1302
No.100	0.149	0.0223	9.60%	4.3146
No.200	0.074	0.0112	1.80%	1.6143
Fondo		0.0074	6.20%	8.3784
Total				22.8806
SE (cm ² /gr)				52.80

Cuadro A.9.- Superficie específica de la arena, muestra 3.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1/2"	12.700			
3/8"	9.525	1.1113	1.70%	0.0153
No.4	4.750	0.7138	6.50%	0.0911
No.8	2.381	0.3566	13.70%	0.3842
No.16	1.191	0.1786	22.40%	1.2542
No.30	0.595	0.0893	24.60%	2.7548
No.50	0.296	0.0446	15.70%	3.5241
No.100	0.149	0.0223	7.70%	3.4607
No.200	0.074	0.0112	1.50%	1.3453
Fondo		0.0074	6.20%	8.3784
Total				21.2080
SE (cm ² /gr)				48.94

A.2.2 Superficie específica de la piedra

Procedencia: Huachipa

Peso de muestra: 1000 g

Peso específico de la piedra: 2.7 g/cm³

Cuadro A.10.- Superficie específica de la piedra, muestra 1.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1 1/2"	38.000			
1"	25.400	3.1700	7.50%	0.0236
3/4"	19.500	2.2450	44.58%	0.1986
1/2"	12.700	1.6100	41.72%	0.2591
3/8"	9.525	1.1113	4.82%	0.0433
1/4"	6.350	0.7938	1.27%	0.0159
No.4	4.750	0.5550	0.04%	0.0007
Fondo		0.4750	0.09%	0.0018
Total				0.5431
SE (cm ² /gr)				1.21

Cuadro A.11.- Superficie específica de la piedra, muestra 2.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1 1/2"	38.000			
1"	25.400	3.1700	7.69%	0.0242
3/4"	19.500	2.2450	38.94%	0.1735
1/2"	12.700	1.6100	45.05%	0.2798
3/8"	9.525	1.1113	6.59%	0.0593
1/4"	6.350	0.7938	1.59%	0.0200
No.4	4.750	0.5550	0.08%	0.0014
Fondo		0.4750	0.08%	0.0017
Total				0.5598
SE (cm ² /gr)				1.24

Cuadro A.12.- Superficie específica de la piedra, muestra 3.

Mallas	Abertura (mm)	Øm (cm)	%R Parcial	%R/Øm
1 1/2"	38.000			
1"	25.400	3.1700	8.79%	0.0277
3/4"	19.500	2.2450	45.96%	0.2047
1/2"	12.700	1.6100	39.14%	0.2431
3/8"	9.525	1.1113	4.56%	0.0410
1/4"	6.350	0.7938	1.33%	0.0168
No.4	4.750	0.5550	0.12%	0.0021
Fondo		0.4750	0.11%	0.0023
Total				0.5377
SE (cm ² /gr)				1.19

A.3 Peso unitario suelto

A.3.1 Peso unitario suelto del agregado fino.

Cuadro A.13.- Peso unitario suelto de la arena.

		M1	M2	M3
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	7.44	7.45	7.53
Peso del recipiente	(Kg)	2.76	2.76	2.76
Peso de la muestra	(Kg)	4.68	4.69	4.77
Volumen del recipiente	(m ³)	0.0028317	0.0028317	0.0028317
Peso unitario suelto	(Kg/m ³)	1,652.73	1,656.26	1,684.51
PUS	(Kg/m³)	1,664.50		

A.3.2 Peso unitario suelto del agregado grueso.

Cuadro A.14.- Peso unitario suelto de la piedra.

		M1	M2	M3
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	31.57	31.36	31.34
Peso del recipiente	(Kg)	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra	(Kg)	19.73	19.52	19.5
Volumen del recipiente	(m ³)	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario suelto	(Kg/m ³)	1,393.52	1,378.68	1,377.27
PUS	(Kg/m³)	1,383.16		

A.4 Peso unitario compactado

A.4.1 Peso unitario compactado del agregado fino.

Cuadro A.15.- Peso unitario compactado de la arena.

		M1	M2	M3
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	7.91	8.01	8.13
Peso del recipiente	(Kg)	2.76	2.76	2.76
Peso de la muestra	(Kg)	5.15	5.25	5.37
Volumen del recipiente	(m ³)	0.0028317	0.0028317	0.0028317
Peso unitario compactado	(Kg/m ³)	1,818.71	1,854.02	1,896.40
PUC	(Kg/m³)	1,856.37		

A.4.2 Peso unitario compactado del agregado grueso.

Cuadro A.16.- Peso unitario compactado de la piedra.

		M1	M2	M3
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	33.78	33.45	33.01
Peso del recipiente	(Kg)	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra	(Kg)	21.94	21.61	21.17
Volumen del recipiente	(m ³)	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario compactado	(Kg/m ³)	1,549.61	1,526.30	1,495.22
PUC	(Kg/m³)	1,523.71		

A.5 Peso específico

A.5.1 Peso específico del agregado fino.

Cuadro A.17.- Peso específico de la arena.

	M1	M2	M3
Peso de la arena superficialmente seca (g)	500	500	500
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua (g)	975	987	989
Peso del Balón (g)	166.5	176.5	176.5
Peso del agua (g)	308.5	310.5	312.5
Peso de la arena seca al horno (g)	492	492.5	492.5
Volumen del balón (m ³)	500	500	500
Peso específico de masa (Kg/m ³)	2,569.19	2,598.94	2,626.67
PEM (Kg/m ³)	2,598.27		
Peso específico de masa saturada superficialmente seca (Kg/m ³)	2,610.97	2,638.52	2,666.67
PEMsss (Kg/m ³)	2,638.72		
Peso específico aparente (Kg/m ³)	2,681.20	2,706.04	2,736.11
PEA (Kg/m ³)	2,707.78		

A.5.2 Peso específico del agregado grueso.

Cuadro A.18.- Peso específico de la piedra.

	M1	M2	M3
Peso de la muestra secada al horno (g)	4941	4969.5	4968.5
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)	4979	5008	5007.5
Peso de la muestra saturada en agua + peso de la canastilla (g)	4958	4970.5	4977
Peso de la canastilla (g)	1805.5	1808.5	1807.5
Peso de la muestra saturada en agua (g)	3152.5	3162	3169.5
Peso específico de masa (Kg/m ³)	2,705.17	2,692.04	2,703.21
PEM (Kg/m ³)	2,700.14		
Peso específico de masa saturada superficialmente seca (Kg/m ³)	2,725.98	2,712.89	2,724.43
PEMsss (Kg/m ³)	2,721.10		
Peso específico aparente (Kg/m ³)	2,762.65	2,749.38	2,761.81
PEA (Kg/m ³)	2,757.95		

A.6 Absorción

A.6.1 Absorción del agregado fino.

Cuadro A.19.- Absorción de la arena.

	M1	M2	M3
Absorción (%)	1.63%	1.52%	1.52%
Absorción (%)	1.56%		

A.6.2 Absorción del agregado grueso.

Cuadro A.20.- Absorción de la piedra.

	M1	M2	M3
Absorción (%)	0.77%	0.77%	0.78%
Absorción (%)	0.78%		

A.7 Contenido de humedad

A.7.1 Contenido de humedad del agregado fino.

Cuadro A.21.- Contenido de humedad de la arena.

	M1	M2	M3
Peso de la muestra en estado ambiental (g)	642.5	601	749
Peso de la muestra seca al horno (g)	637.5	592.5	738.5
Peso del agua perdido (g)	9.0	8.5	10.5
Contenido de humedad	1.41%	1.43%	1.42%
Contenido de Humedad	1.42%		

A.7.2 Contenido de humedad del agregado grueso.

Cuadro A.22.- Contenido de humedad de la piedra.

	M1	M2	M3
Peso de la muestra en estado ambiental (g)	444	365	557.5
Peso de la muestra seca al horno (g)	442	363	555.5
Peso del agua perdido (g)	2	2	2
Contenido de humedad	0.45%	0.55%	0.36%
Contenido de humedad	0.45%		

B.- Diseño de Mezcla de Concreto**B.1 Peso unitario compactado del agregado global**

Cuadro B.1.- Peso unitario compactado de la combinación de %Ar=50 y %Pi=50.

	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	40.30	40.33	40.53	40.60
Peso del recipiente (Kg)	11.84	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra (Kg)	28.46	28.49	28.69	28.76
Volumen del recipiente (m ³)	0.014158	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	2,010.11	2,012.23	2,026.36	2,031.30
PUC (Kg/m³)	2,020.00			

Cuadro B.2.- Peso unitario compactado de la combinación de %Ar=52 y %Pi=48.

	M1	M2	M3
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	40.85	40.34	40.71
Peso del recipiente (Kg)	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra (Kg)	29.01	28.5	28.87
Volumen del recipiente (m ³)	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	2,048.96	2,012.94	2,039.07
PUC (Kg/m³)	2,033.65		

Cuadro B.3.- Peso unitario compactado de la combinación de %Ar=54 y %Pi=46.

	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	40.60	40.91	40.64	40.86
Peso del recipiente (Kg)	11.84	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra (Kg)	28.76	29.07	28.8	29.02
Volumen del recipiente (m ³)	0.014158	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	2,031.30	2,053.19	2,034.12	2,049.66
PUC (Kg/m³)	2,042.07			

Cuadro B.4.- Peso unitario compactado de la combinación de %Ar=56 y %Pi=44.

	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	40.46	40.62	40.92	40.91
Peso del recipiente (Kg)	11.84	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra (Kg)	28.62	28.78	29.08	29.07
Volumen del recipiente (m ³)	0.014158	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	2,021.41	2,032.71	2,053.90	2,053.19
PUC (Kg/m³)	2,040.30			

Cuadro B.5.- Peso unitario compactado de la combinación de %Ar=58 y %Pi=42.

	M1	M2	M3	M4
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	40.32	40.73	40.51	40.78
Peso del recipiente (Kg)	11.84	11.84	11.84	11.84
Peso de la muestra (Kg)	28.48	28.89	28.67	28.94
Volumen del recipiente (m ³)	0.014158	0.014158	0.014158	0.014158
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	2,011.52	2,040.48	2,024.94	2,044.01
PUC (Kg/m³)	2,030.24			

B.2 Resistencia a la compresión del concreto a/c= 0.45, a 7 días de curado, para diferentes relaciones de arena y piedra

Cuadro B.6.- Resistencia a la compresión del concreto para %Ar=51 y %Pi=49.

Probeta	Ø (cm)	Área (cm ²)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.18	81.39	22,000	270.30	285.11	15.81	5.55
2	10.15	80.83	24,000	296.92			
3	10.18	81.31	22,800	280.41			
4	10.06	79.49	20,000				
5	10.30	83.24	25,600	307.54			
6	10.27	82.76	24,400	294.83			
7	10.23	82.19	22,000	267.67			
8	10.22	82.03	17,000				
9	10.32	83.65	24,800	296.47			
10	10.30	83.24	22,200	266.70			

Cuadro B.7.- Resistencia a la compresión del concreto para %Ar=54 y %Pi=46.

Probeta	Ø (cm)	Área (cm ²)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.22	82.03	25,000	304.77	317.92	16.42	5.16
2	10.38	84.54	27,450	324.70			
3	10.14	80.75	26,450	327.55			
4	10.18	81.39	28,000	344.02			
5	10.46	85.85	31,200				
6	10.05	79.25	30,800				
7	10.19	81.55	27,000	331.09			
8	10.12	80.44	23,800	295.87			
9	10.23	82.19	25,000	304.17			
10	10.24	82.27	25,600	311.17			

Cuadro B.8.- Resistencia a la compresión del concreto para %Ar=57 y %Pi=43.

Probeta	Ø (cm)	Área (cm ²)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.18	81.39	23,750	291.80	281.50	16.24	5.77
2	10.28	83.00	21,300	256.63			
3	10.55	87.42	26,300	300.85			
4	10.40	84.87	24,800	292.21			
5	10.20	81.63	15,800				
6	10.25	82.44	23,500	285.06			
7	10.34	83.89	23,600	281.32			
8	10.23	82.11	20,500				
9	10.32	83.57	21,950	262.65			
10	10.25	82.44	26,600				

B.3 Granulometría del agregado global

Procedencia: Huachipa

Peso de muestra: 1000 g

Proporción: Arena: 54% / Piedra: 46%

Huso: DIN 1050

Cuadro B.9.- Granulometría del agregado global.

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (gr)	%R Parcial	%R Acumulado	%P Acumulado	A	B	C
1 1/2"	38.000	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	100%
1"	25.400	367.5	3.67%	3.67%	96.33%			
3/4"	19.500	1985.4	19.85%	23.53%	76.47%	62%	80%	89%
1/2"	12.700	1930.5	19.31%	42.83%	57.17%	38%	62%	77%
3/8"	9.525	306.5	3.07%	45.90%	54.10%			
1/4"	6.350	64.1	0.64%	46.54%	53.46%			
No.4	4.750	327.6	3.28%	49.82%	50.18%	23%	47%	65%
No.8	2.381	671.4	6.71%	56.53%	43.47%	14%	37%	53%
No.16	1.191	1150.2	11.50%	68.03%	31.97%	8%	28%	42%
No.30	0.595	1371.6	13.72%	81.75%	18.25%	2%	8%	15%
No.50	0.296	916.2	9.16%	90.91%	9.09%			
No.100	0.149	468.0	4.68%	95.59%	4.41%			
No.200	0.074	106.2	1.06%	96.65%	3.35%			
Fondo		334.8	3.35%	100.00%	0.00%			
Total		10,000.0	100.00%					
Módulo de Finura		5.12%						

B.4 Resistencia a la compresión del concreto a/c= 0.40 con 5% de microsílíce, a 7 días de curado, para diferentes porcentaje de superplastificante (PLASTOL 5000 QS)

Cuadro B.10.- Resistencia a la compresión del concreto para Ad=1%.

Probeta	Ø (cm)	Área (cm ²)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	83.32	45,240	542.95	565.54	15.76	2.79
2	10.20	81.71	45,240	553.65			
3	10.10	80.12	29,796				
4	10.20	81.71	46,956	574.65			
5	10.20	81.71	46,644	570.83			
6	10.30	83.32	47,580	571.03			
7	10.30	83.32	46,956	563.54			
8	10.20	81.71	47,268	578.46			
9	10.20	81.71	48,204	589.92			
10	10.30	83.32	45,396	544.82			

Cuadro B.11.- Resistencia a la compresión del concreto para Ad=2%.

Probeta	Ø (cm)	Área (cm ²)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.26	82.68	47,000	568.48	571.84	33.94	5.93
2	10.20	81.71	51,900	635.15			
3	10.24	82.35	45,000	546.42			
4	10.25	82.52	49,600	601.10			
5	10.24	82.35	44,800	543.99			
6	10.30	83.32	49,200	590.47			
7	10.33	83.81	44,800	534.55			
8	10.28	83.00	45,000	542.17			
9	10.30	83.32	50,000	600.08			
10	10.30	83.32	49,400	592.87			
11	10.28	83.00	44,400	534.94			

Cuadro B.12.- Resistencia a la compresión del concreto para Ad=3%.

Probeta	Ø (cm)	Área (cm ²)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	83.32	53,618	643.50	660.71	25.86	3.91
2	10.30	83.32	53,120	637.52			
3	10.30	83.32	55,610	667.40			
4	10.20	81.71	50,630	619.61			
5	10.30	83.32	58,432	701.27			
6	10.30	83.32	52,954	635.53			
7	10.30	83.32	57,934	695.30			
8	10.20	81.71	55,942	684.62			
9	10.20	81.71	53,950	660.24			
10	10.30	83.32	54,614	655.45			
11	10.30	83.32	55,610	667.40			

B.5 Dosificaciones finales del concreto

Cuadro B.13.- Dosificación del concreto patrón a/c=0.50.

Datos	%Ar= 54		a/c= 0.50		Ag.= 234.8	
	%Aire= 1.5%		Tanda= 56		Asent.= 4"	
Dosificación	1.00 m ³					Tanda 56kg
Componente	Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m ³)	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Tanda (kg)
Cemento	469.60	0.149	1.00	469.60	1.00	11.37
Agua	234.80	0.235	0.50	240.13	0.51	5.81
Arena	858.31	0.330	1.83	868.69	1.85	21.03
Piedra	731.15	0.271	1.56	734.47	1.56	17.78
%Aire		0.015				
Total	2,293.86	1.000	4.88	2,312.90	4.93	56.00

Cuadro B.14.- Dosificación del concreto patrón a/c=0.45.

Datos	%Ar= 54		a/c= 0.45		Ag.= 241.8	
	%Aire= 1.5%		Tanda= 56		Asent.= 4"	
Dosificación	1.00 m ³					Tanda 56kg
Componente	Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m ³)	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Tanda (kg)
Cemento	537.33	0.171	1.00	537.33	1.00	13.02
Agua	241.80	0.242	0.45	246.88	0.46	5.98
Arena	817.61	0.315	1.52	827.50	1.54	20.05
Piedra	696.48	0.258	1.30	699.65	1.30	16.95
%Aire		0.015				
Total	2,293.23	1.000	4.27	2,311.36	4.30	56.00

Cuadro B.15.- Dosificación del concreto patrón a/c=0.40.

Datos	%Ar= 54		a/c= 0.40		Ag.= 261.7	
	%Aire= 1.5%		Tanda= 56		Asent.= 4"	
Dosificación	1.00 m ³					Tanda 56kg
Componente	Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m ³)	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Tanda (kg)
Cemento	654.25	0.208	1.00	654.25	1.00	15.96
Agua	261.70	0.262	0.40	266.27	0.41	6.50
Arena	736.20	0.283	1.13	745.11	1.14	18.18
Piedra	627.13	0.232	0.96	629.98	0.96	15.37
%Aire		0.015				
Total	2,279.28	1.000	3.48	2,295.61	3.51	56.00

Cuadro B.16.- Dosificación del concreto $a/c=0.50$ con 5% de microsilíce (Asentamiento=6.5").

Resultado	Ag.= 153	$a/c= 0.32$
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	11.370	469.60
Agua	3.824	152.61
Arena	21.030	858.31
Piedra	17.780	731.15
Microsilíce	0.569	23.48
Aditivo	0.341	14.09
Total	54.914	2,249.24

Cuadro B.17.- Dosificación del concreto $a/c=0.50$ con 7.5% de microsilíce (Asentamiento=7").

Resultado	Ag.= 153	$a/c= 0.32$
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	11.370	469.60
Agua	3.824	152.61
Arena	21.030	858.31
Piedra	17.780	731.15
Microsilíce	0.853	35.22
Aditivo	0.341	14.09
Total	55.198	2,260.98

Cuadro B.18.- Dosificación del concreto $a/c=0.50$ con 10% de microsilíce (Asentamiento=6.5").

Resultado	Ag.= 153	$a/c= 0.32$
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	11.370	469.60
Agua	3.824	152.61
Arena	21.030	858.31
Piedra	17.780	731.15
Microsilíce	1.137	46.96
Aditivo	0.341	14.09
Total	55.482	2,272.72

Cuadro B.19.- Dosificación del concreto $a/c=0.45$ con 5% de microsilice (Asentamiento=10").

Resultado	Ag.= 168	a/c= 0.31
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	13.020	537.33
Agua	4.201	168.29
Arena	20.050	817.61
Piedra	16.950	696.48
Microsilice	0.651	26.87
Aditivo	0.391	16.12
Total	55.263	2,262.70

Cuadro B.20.- Dosificación del concreto $a/c=0.45$ con 7.5% de microsilice (Asentamiento=8").

Resultado	Ag.= 168	a/c= 0.31
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	13.020	537.33
Agua	4.201	168.29
Arena	20.050	817.61
Piedra	16.950	696.48
Microsilice	0.977	40.30
Aditivo	0.391	16.12
Total	55.588	2,276.13

Cuadro B.21.- Dosificación del concreto $a/c=0.45$ con 10% de microsilice (Asentamiento=7").

Resultado	Ag.= 168	a/c= 0.31
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	13.020	537.33
Agua	4.201	168.29
Arena	20.050	817.61
Piedra	16.950	696.48
Microsilice	1.302	53.73
Aditivo	0.391	16.12
Total	55.914	2,289.57

Cuadro B.22.- Dosificación del concreto a/c=0.40 con 5% de microsilice (Asentamiento=9.5").

Resultado	Ag.= 187	a/c= 0.29
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	15.960	654.25
Agua	4.680	187.28
Arena	18.180	736.20
Piedra	15.370	627.13
Microsilice	0.798	32.71
Aditivo	0.479	19.63
Total	55.467	2,257.20

Cuadro B.23.- Dosificación del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsilice (Asentamiento=9").

Resultado	Ag.= 189	a/c= 0.29
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	15.960	654.25
Agua	4.710	188.51
Arena	18.180	736.20
Piedra	15.370	627.13
Microsilice	1.197	49.07
Aditivo	0.479	19.63
Total	55.896	2,274.78

Cuadro B.24.- Dosificación del concreto a/c=0.40 con 10% de microsilice (Asentamiento=9.3").

Resultado	Ag.= 189	a/c= 0.29
Dosificación	Tanda	1.00 m ³
Componente	Tanda (kg)	Peso Seco (kg)
Cemento	15.960	654.25
Agua	4.710	188.51
Arena	18.180	736.20
Piedra	15.370	627.13
Microsilice	1.596	65.43
Aditivo	0.479	19.63
Total	56.295	2,291.14

C.- Propiedades del Concreto Fresco**C.1 Peso unitario del concreto fresco**

Cuadro C.1.- Peso unitario del concreto fresco.

a/c	%Microsilice	Volumen de recipiente (m3)	Peso de concreto (kg)	Peso unitario (kg/m3)
0.40	Patrón	0.014158	33.18	2343.48
	+5%	0.014158	33.54	2368.91
	+7.5%	0.014158	33.24	2347.72
	+10%	0.014158	33.32	2353.37
0.45	Patrón	0.014158	33.29	2351.25
	+5%	0.014158	34.15	2411.99
	+7.5%	0.014158	34.04	2404.22
	+10%	0.014158	33.84	2390.10
0.50	Patrón	0.014158	33.44	2361.84
	+5%	0.014158	34.23	2417.64
	+7.5%	0.014158	34.28	2421.17
	+10%	0.014158	34.10	2408.46

C.2 Porcentaje de aire atrapado

Cuadro C.2.- Porcentaje de aire atrapado del concreto fresco.

a/c	%Microsilice	%Aire atrapado
0.4	Patrón	1.50%
	+5%	2.30%
	+7.5%	2.50%
	+10%	2.60%
0.45	Patrón	1.20%
	+5%	1.80%
	+7.5%	2.20%
	+10%	2.60%
0.5	Patrón	1.30%
	+5%	1.90%
	+7.5%	2.30%
	+10%	2.50%

C.3 Fluidéz

Cuadro C.3.- Fluidéz del concreto fresco.

a/c	%Microsilíce	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	d4(cm)	d5(cm)	d6(cm)	Fluidéz
0.4	Patrón	40.00	40.50	41.00	41.00	40.50	40.00	62%
	5%	50.00	55.00	53.00	55.00	55.00	54.00	115%
	7.5%	54.00	54.00	54.00	55.00	55.00	54.00	117%
	10%	48.26	50.00	47.00	47.00	51.00	50.00	96%
0.45	Patrón	46.00	46.00	46.00	47.00	47.00	47.00	86%
	5%	46.00	48.00	46.00	50.00	50.00	46.00	91%
	7.5%	45.00	45.00	44.00	45.00	45.00	46.00	80%
	10%	39.00	42.00	42.00	40.00	39.00	41.00	62%
0.5	Patrón	44.00	44.00	44.00	45.00	44.00	44.00	77%
	5%	42.00	42.00	41.00	42.00	42.00	41.00	67%
	7.5%	42.00	41.00	39.00	41.00	42.00	42.00	65%
	10%	40.00	38.00	40.00	39.00	38.00	40.00	57%

C.4 Exudación

Cuadro C.4.- Exudación del concreto fresco.

a/c	Peso del agua exudada (g)	Peso total de la mezcla (kg)	Peso neto de agua (kg)	Exudación
0.40	30.70	33.18	3.81	0.81%
0.45	49.80	33.29	3.82	1.30%
0.50	53.00	33.44	3.42	1.55%

C.5 Tiempo de fragua

Cuadro C.5.- Tiempo de fragua del concreto patrón a/c=0.40

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:18		Tiempo de Fragua Final: 05:58				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
09:45	00:00	00:00				0	0.00
10:35	00:50	00:50				0	0.00
12:04	01:29	02:19	15.00	1	1.000	15	1.05
13:14	01:10	03:29	41.00	2	0.500	82	5.77
14:03	00:49	04:18	50.00	3	0.250	200	14.06
15:00	00:57	05:15	40.00	4	0.100	400	28.12
15:20	00:20	05:35	25.00	6	0.025	1,000	70.31
15:30	00:10	05:45	38.00	6	0.025	1,520	106.87
15:40	00:10	05:55	55.00	6	0.025	2,200	154.68
15:50	00:10	06:05	200.00	6	0.025	8,000	562.48

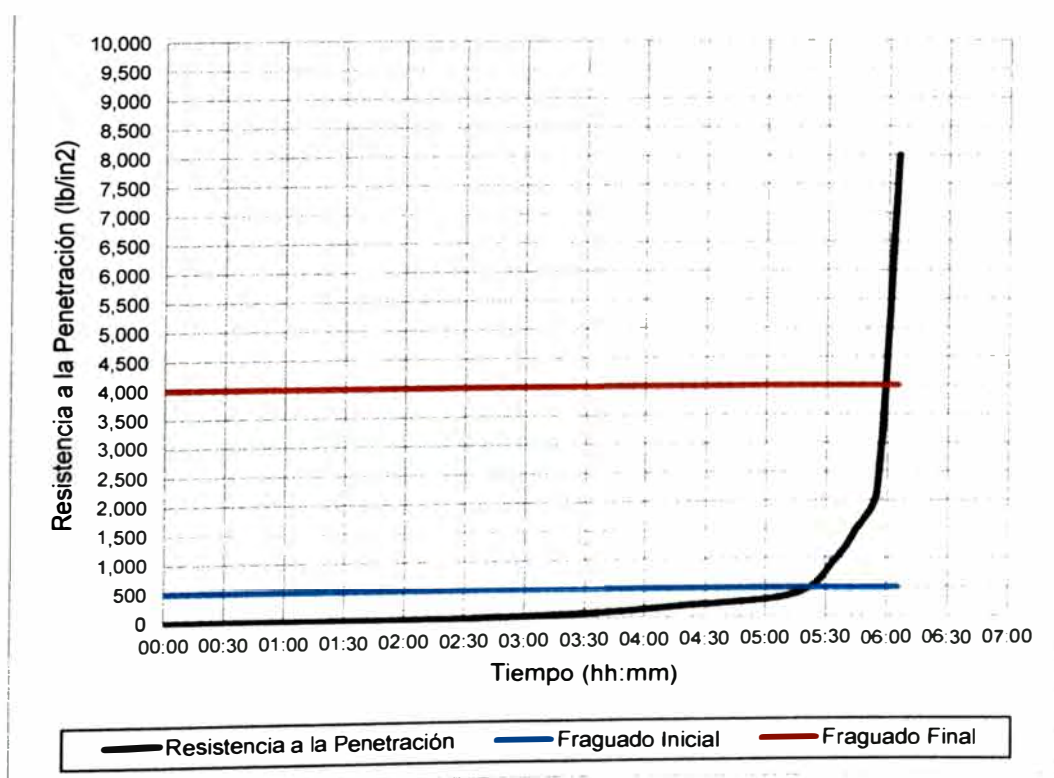


Gráfico C.1.- Tiempo de fragua del concreto patrón a/c=0.40.

Cuadro C.6.- Tiempo de fragua del concreto patrón a/c=0.45.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:19		Tiempo de Fragua Final: 05:58				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
11:22	00:00	00:00				0	0.00
12:04	00:42	00:42				0	0.00
14:30	02:26	03:08	20.00	1	1.000	20	1.41
15:30	01:00	04:08	50.00	2	0.500	100	7.03
16:30	01:00	05:08	42.00	3	0.250	168	11.81
17:00	00:30	05:38	100.00	4	0.100	1,000	70.31
17:10	00:10	05:48	100.00	5	0.050	2,000	140.62
17:20	00:10	05:58	100.00	6	0.025	4,000	281.24
17:30	00:10	06:08	190.00	6	0.025	7,600	534.36

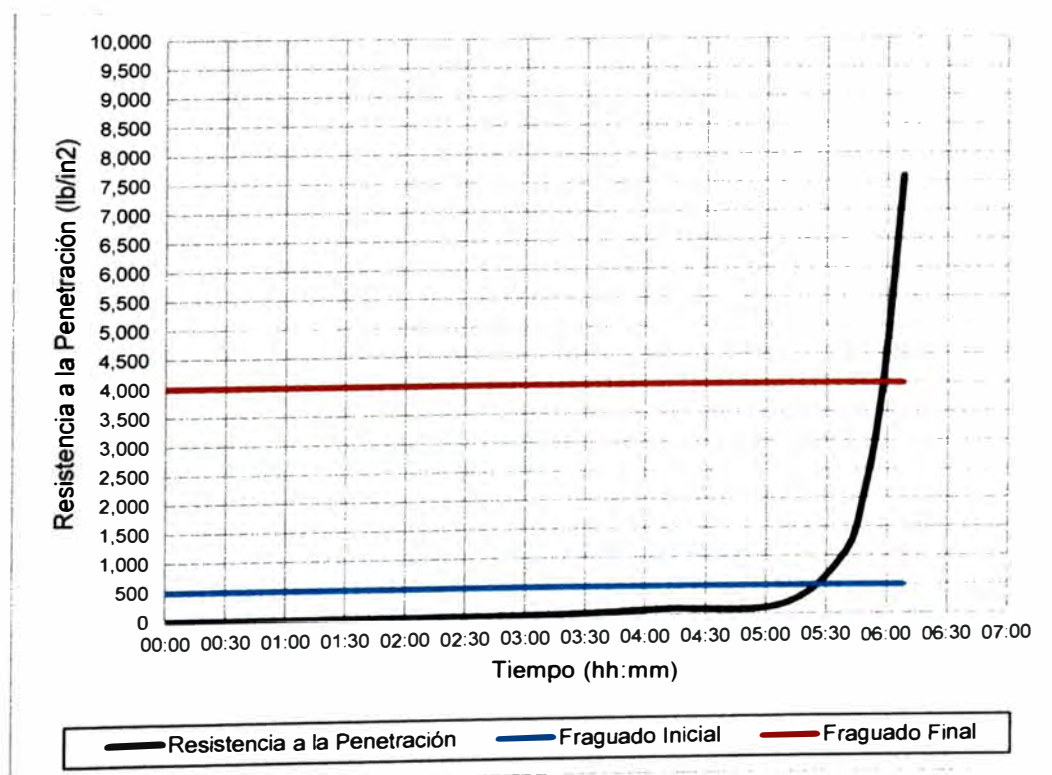


Gráfico C.2.- Tiempo de fragua del concreto patrón a/c=0.45.

Cuadro C.7.- Tiempo de fragua del concreto patrón a/c=0.50.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:20			Tiempo de Fragua Final: 06:47			
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
11:24	00:00	00:00				0	0.00
11:52	00:28	00:28				0	0.00
16:04	04:12	04:40	220.00	1	1.000	220	15.47
16:50	00:46	05:26	270.00	2	0.500	540	37.97
17:40	00:50	06:16	175.00	4	0.100	1,750	123.04
18:40	01:00	07:16	300.00	5	0.050	6,000	421.86
19:00	00:20	07:36	250.00	6	0.025	10,000	703.10

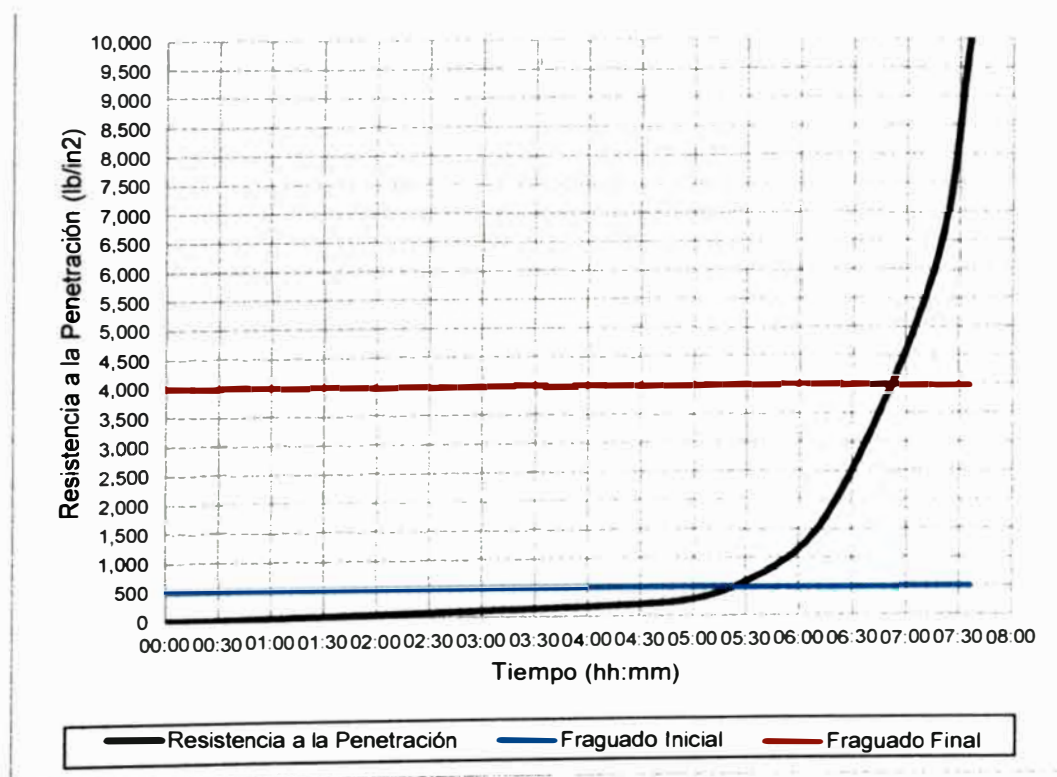


Gráfico C.3.- Tiempo de fragua del concreto patrón a/c=0.50.

Cuadro C.8.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.40 con 5% de microsílíce.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:33		Tiempo de Fragua Final: 06:17				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in2)	Resistencia a la Penetración (lb/in2)	Resistencia a la Penetración (kg/cm2)
12:00	00:00	00:00				0	0.00
12:38	00:38	00:38				0	0.00
16:35	03:57	04:35	58.00	1	1.000	58	4.08
16:52	00:17	04:52	50.00	2	0.500	100	7.03
17:20	00:28	05:20	55.00	3	0.250	220	15.47
18:00	00:40	06:00	52.00	5	0.050	1,040	73.12
18:10	00:10	06:10	52.00	6	0.025	2,080	146.24
18:25	00:15	06:25	150.00	6	0.025	6,000	421.86

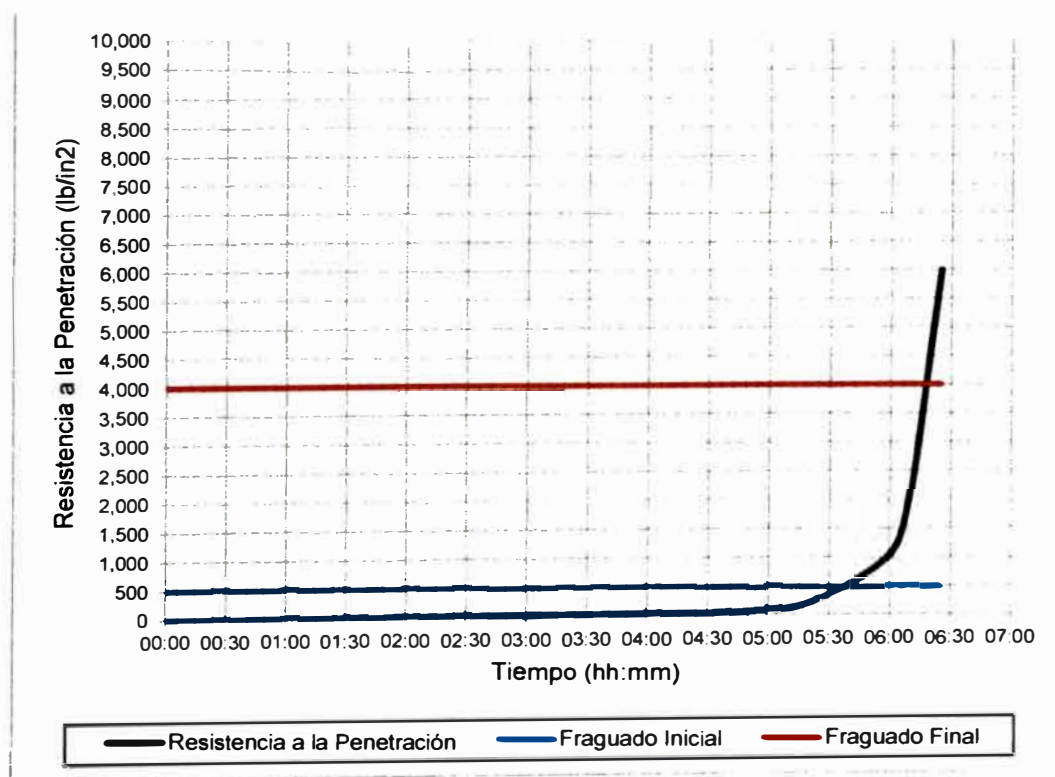


Gráfico C.4.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.40 con 5% de microsílíce.

Cuadro C.9.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsilice.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:29		Tiempo de Fragua Final: 06:00				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in2)	Resistencia a la Penetración (lb/in2)	Resistencia a la Penetración (kg/cm2)
13:10	00:00	00:00				0	0.00
13:50	00:40	00:40				0	0.00
17:00	03:10	03:50	28.00	1	1.000	28	1.97
17:54	00:54	04:44	42.00	2	0.500	84	5.91
18:18	00:24	05:08	50.00	3	0.250	200	14.06
18:38	00:20	05:28	47.00	4	0.100	470	33.05
18:53	00:15	05:43	42.00	5	0.050	840	59.06
19:07	00:14	05:57	100.00	5	0.050	2.000	140.62
19:22	00:15	06:12	150.00	6	0.025	6.000	421.86

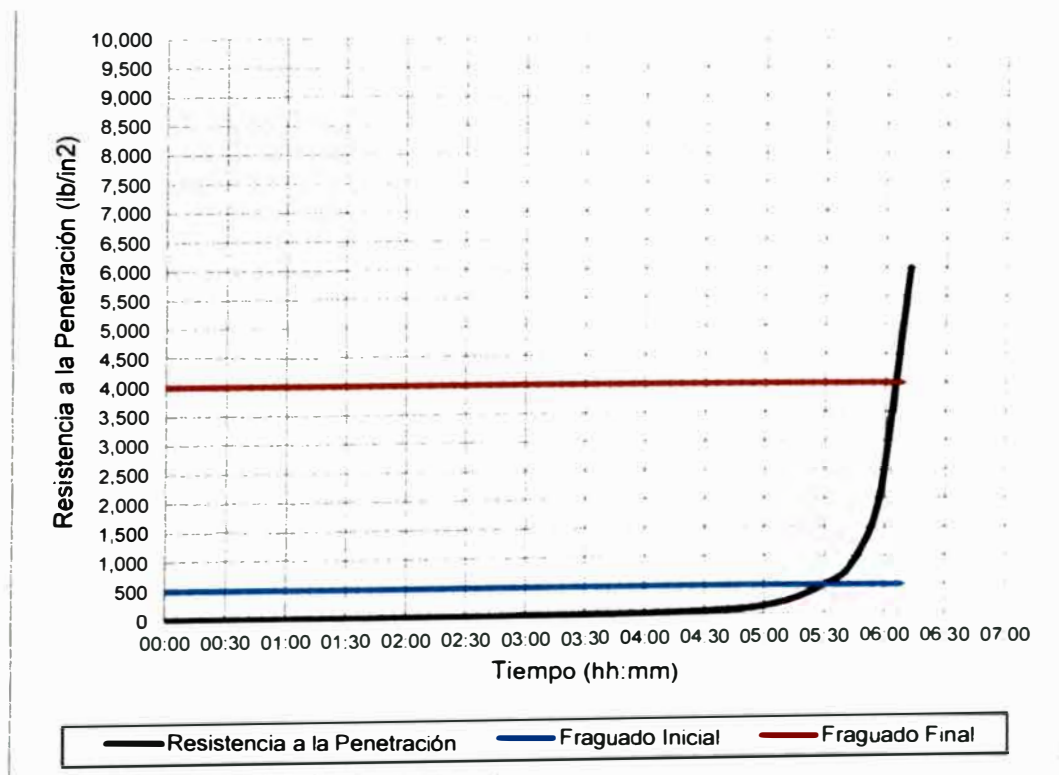


Gráfico C.5.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsilice.

Cuadro C.10.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.40 con 10% de microsílíce.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:31		Tiempo de Fragua Final: 06:37				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
12:13	00:00	00:00				0	0.00
12:39	00:26	00:26				0	0.00
16:05	03:26	03:52	30.00	1	1.000	30	2.11
16:52	00:47	04:39	100.00	1	1.000	100	7.03
17:42	00:50	05:29	210.00	2	0.500	420	29.53
18:42	01:00	06:29	240.00	4	0.100	2,400	168.74
19:02	00:20	06:49	300.00	5	0.050	6,000	421.86
19:24	00:22	07:11	350.00	6	0.025	14,000	984.34

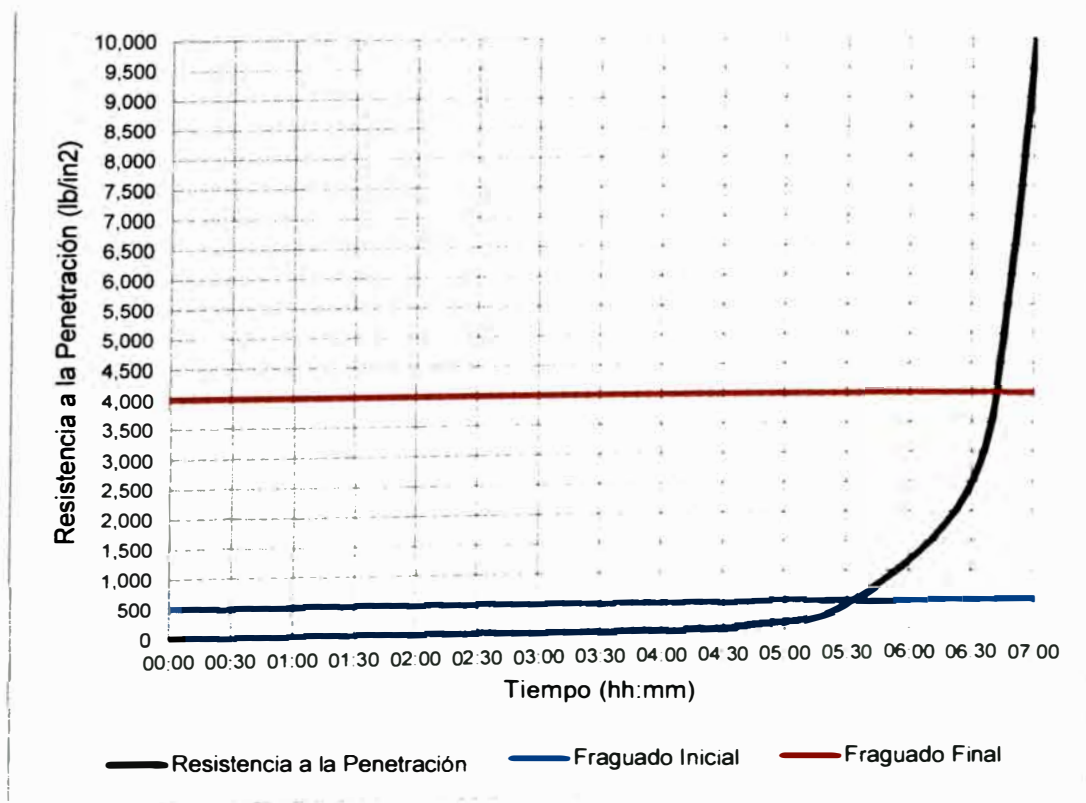


Gráfico C.6.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.40 con 10% de microsílíce.

Cuadro C.11.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.45 con 5% de microsilice.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:21		Tiempo de Fragua Final: 06:15				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in2)	Resistencia a la Penetración (lb/in2)	Resistencia a la Penetración (kg/cm2)
09:15	00:00	00:00				0	0.00
09:50	00:35	00:35				0	0.00
12:32	02:42	03:17	30.00	1	1.000	30	2.11
14:30	01:58	05:15	120.00	2	0.500	240	16.87
15:15	00:45	06:00	200.00	4	0.100	2,000	140.62
15:35	00:20	06:20	230.00	5	0.050	4,600	323.43
16:15	00:40	07:00	350.00	6	0.025	14,000	984.34

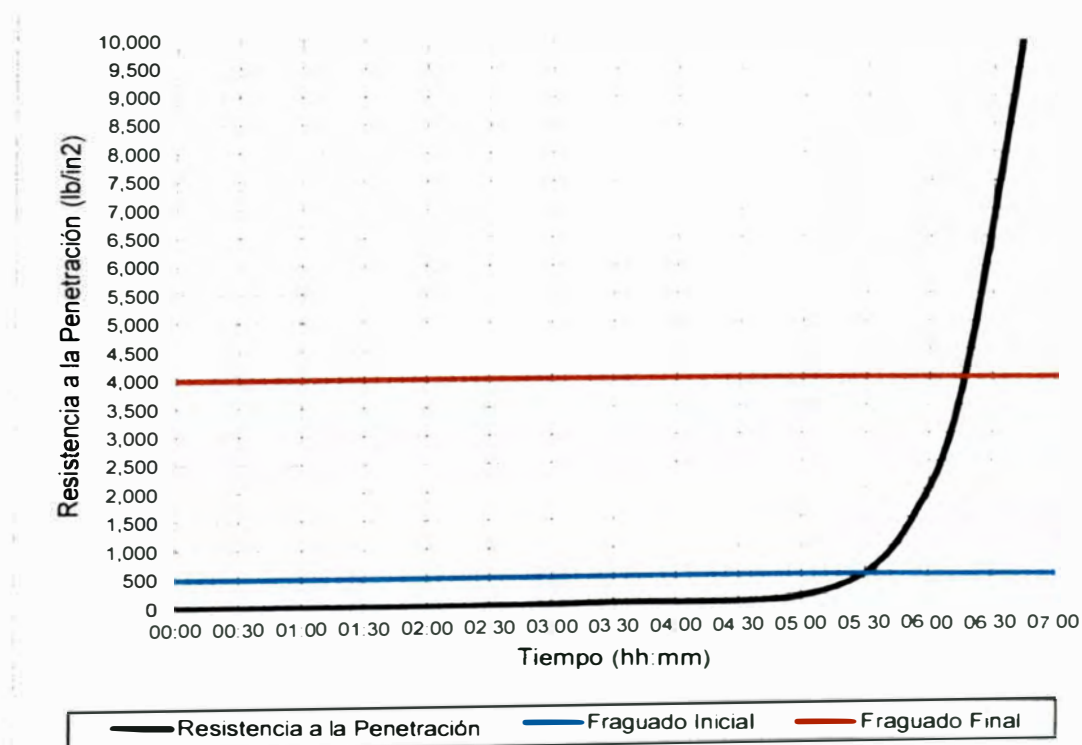


Gráfico C.7.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.45 con 5% de microsilice.

Cuadro C.12.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsíllice.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:06			Tiempo de Fragua Final: 06:11			
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in2)	Resistencia a la Penetración (lb/in2)	Resistencia a la Penetración (kg/cm2)
10:10	00:00	00:00				0	0.00
10:45	00:35	00:35				0	0.00
13:02	02:17	02:52	20.00	1	1.000	20	1.41
15:16	02:14	05:06	250.00	2	0.500	500	35.16
16:20	01:04	06:10	320.00	4	0.100	3,200	224.99
16:35	00:15	06:25	270.00	6	0.025	10.800	759.35
16:40	00:05	06:30	350.00	6	0.025	14.000	984.34

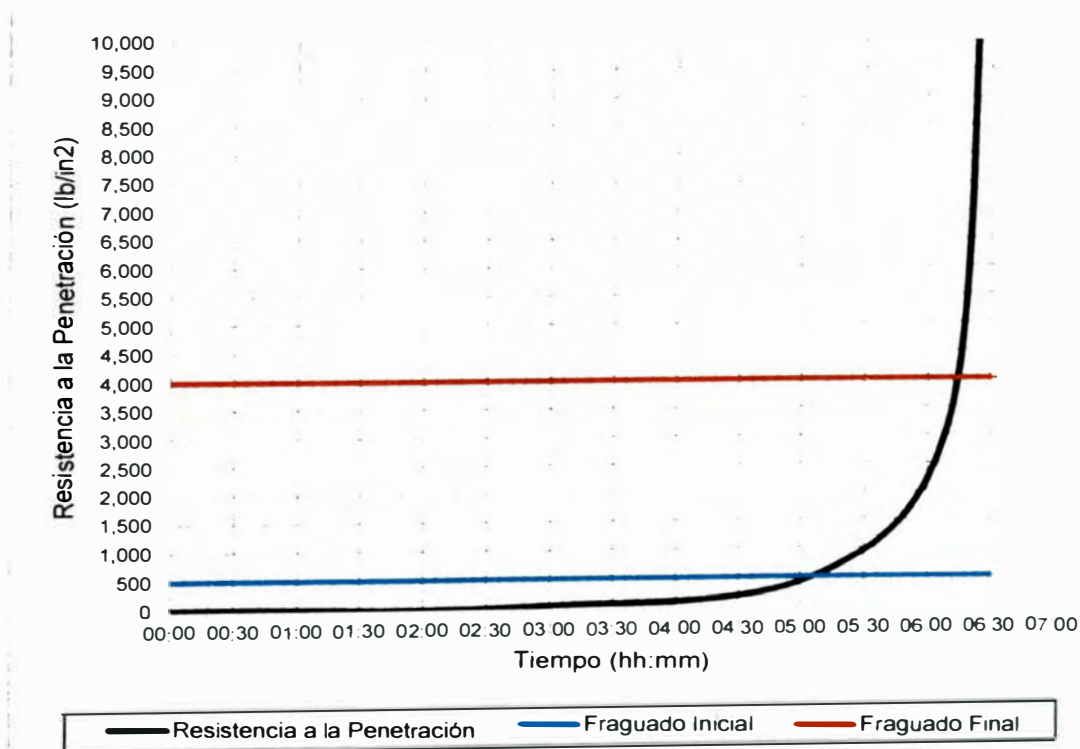


Gráfico C.8.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsíllice.

Cuadro C.13.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.45 con 10% de microsilíce.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05.05		Tiempo de Fragua Final: 06.03				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in2)	Resistencia a la Penetración (lb/in2)	Resistencia a la Penetración (kg/cm2)
10:35	00:00	00:00				0	0.00
11:15	00:40	00:40				0	0.00
13:03	01:48	02:28	18.00	1	1.000	18	1.27
15:17	02:14	04:42	100.00	2	0.500	200	14.06
16:20	01:03	05:45	250.00	3	0.250	1.000	70.31
16:37	00:17	06:02	180.00	5	0.050	3.600	253.12
16:56	00:19	06:21	190.00	6	0.025	7.600	534.36

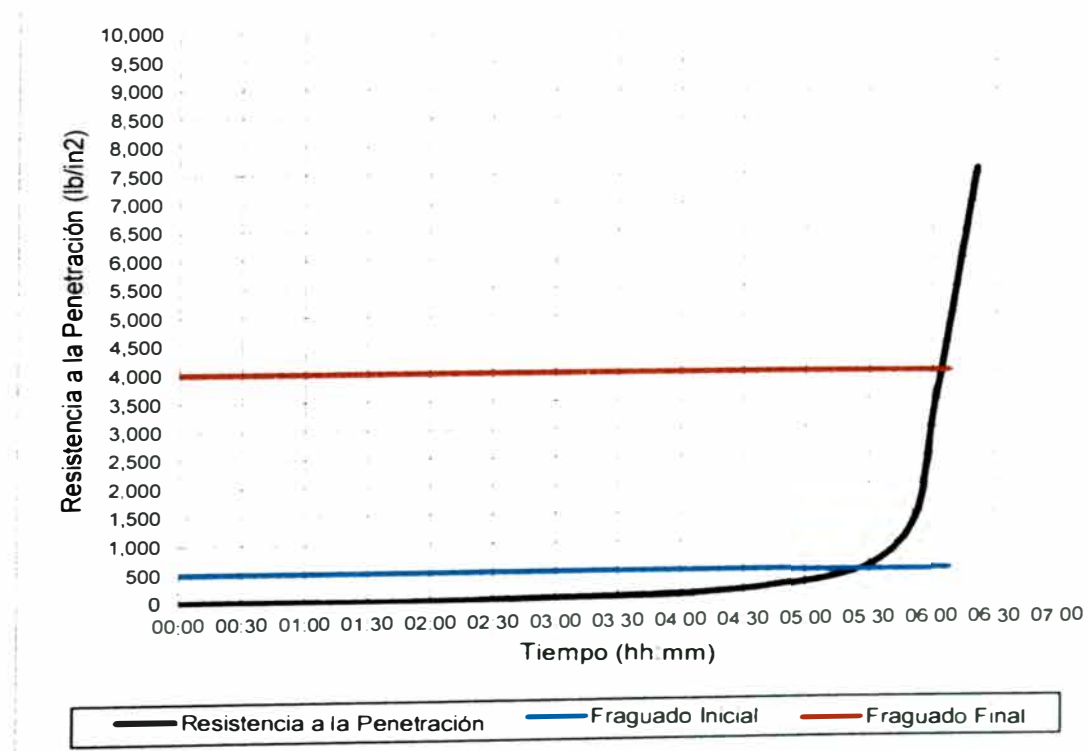


Gráfico C.9.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.45 con 10% de microsilíce.

Cuadro C.14.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.50 con 5% de microsilíce.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:06			Tiempo de Fragua Final: 06:02			
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
11:00	00:00	00:00				0	0.00
11:45	00:45	00:45				0	0.00
15:10	03:25	04:10	90.00	1	1.000	90	6.33
15:45	00:35	04:45	125.00	2	0.500	250	17.58
16:21	00:36	05:21	165.00	3	0.250	660	46.40
16:38	00:17	05:38	170.00	4	0.100	1.700	119.53
16:58	00:20	05:58	150.00	5	0.050	3.000	210.93
17:51	00:53	06:51	350.00	6	0.025	14.000	984.34

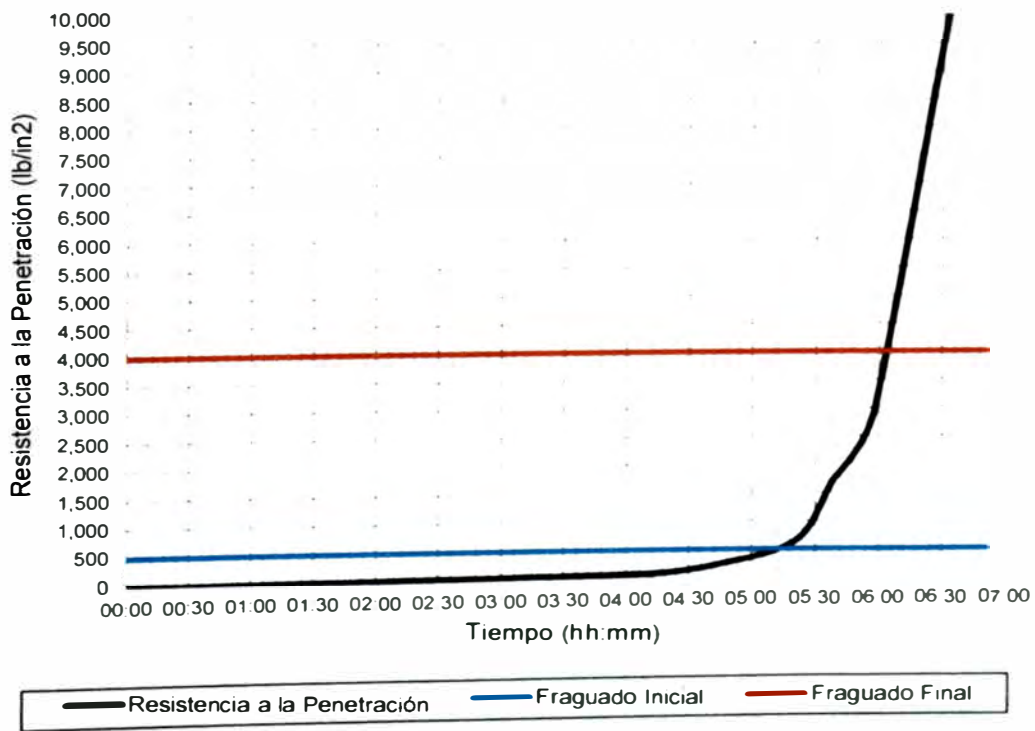


Gráfico C.10.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.50 con 5% de microsilíce.

Cuadro C.15.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsílíce.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:08			Tiempo de Fragua Final: 05:55			
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
11:30	00:00	00:00				0	0.00
12:00	00:30	00:30				0	0.00
15:10	03:10	03:40	30.00	1	1.000	30	2.11
15:45	00:35	04:15	50.00	2	0.500	100	7.03
16:21	00:36	04:51	60.00	3	0.250	240	16.87
16:38	00:17	05:08	50.00	4	0.100	500	35.16
16:58	00:20	05:28	75.00	5	0.050	1.500	105.47
17:30	00:32	06:00	220.00	5	0.050	4.400	309.36
17:52	00:54	06:22	250.00	6	0.025	10.000	703.10

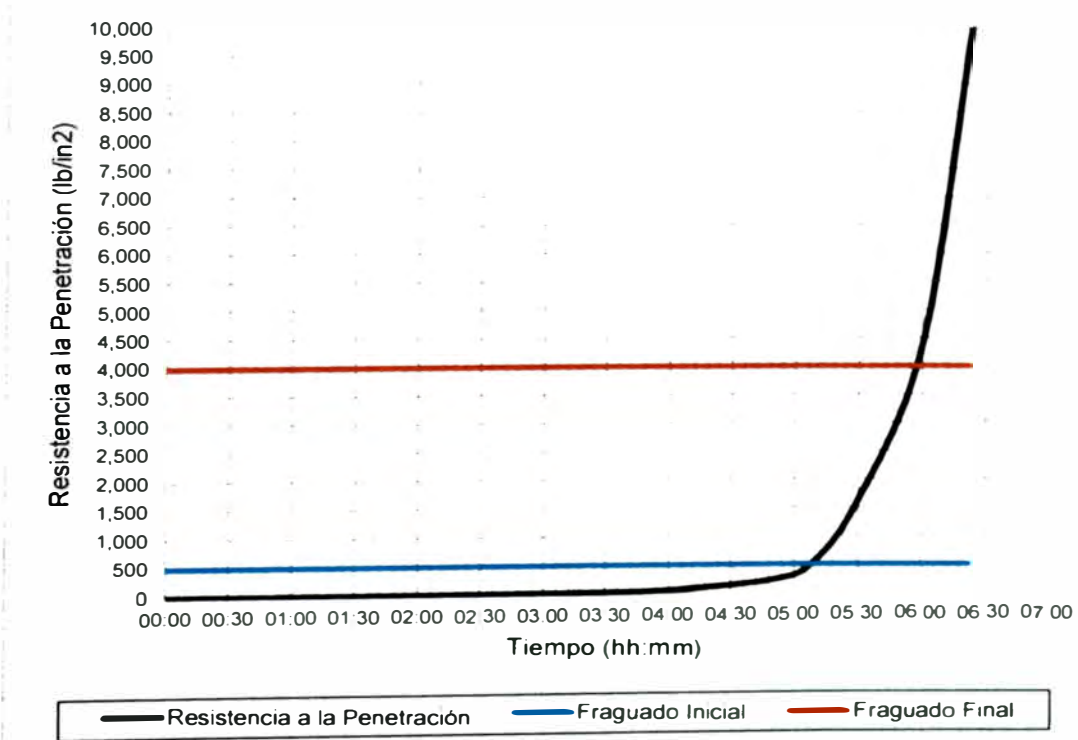


Gráfico C.11.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsílíce.

Cuadro C.16.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.50 con 10% de microsílíce.

Resultado	Tiempo de Fragua Inicial: 05:23		Tiempo de Fragua Final: 06:23				
Tiempo Real (hh:mm)	Tiempo Absoluto (hh:mm)	Tiempo Absoluto Acumulado (hh:mm)	Fuerza (lb)	Aguja N°	Aguja (in ²)	Resistencia a la Penetración (lb/in ²)	Resistencia a la Penetración (kg/cm ²)
13:42	00:00	00:00				0	0.00
14:08	00:26	00:26				0	0.00
16:53	02:45	03:11	30.00	1	1.000	30	2.11
17:43	00:50	04:01	65.00	1	1.000	65	4.57
18:45	01:02	05:03	255.00	1	1.000	255	17.93
19:04	00:19	05:22	240.00	2	0.500	480	33.75
19:25	00:21	05:43	220.00	3	0.250	880	61.87
19:45	00:20	06:03	150.00	4	0.100	1,500	105.47
20:05	00:20	06:23	180.00	5	0.050	3,600	253.12
20:15	00:10	06:33	200.00	6	0.025	8,000	562.48

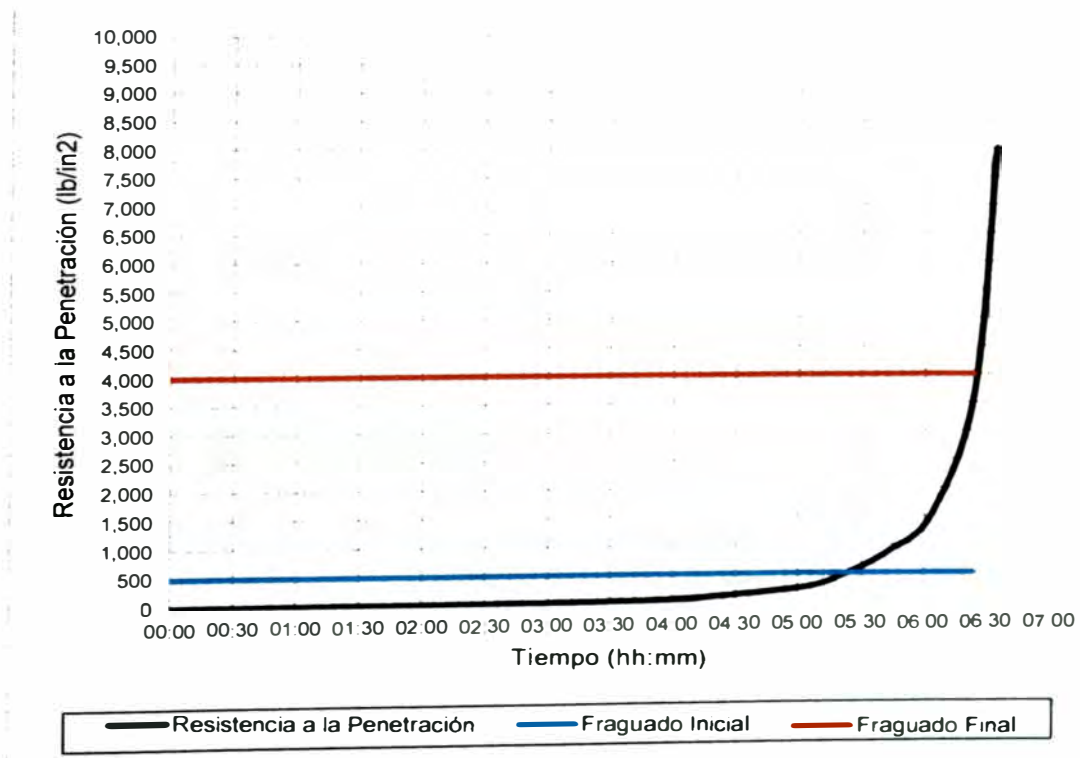


Gráfico C.12.- Tiempo de fragua del concreto a/c=0.50 con 10% de microsílíce.

D.- Propiedades del Concreto Endurecido

D.1 Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado

Cuadro D.1.- Resistencia a la compresión del concreto patrón a/c=0.40.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.31	20.50	29,400	352.16	385.04	17.40	4.52
2	10.26	20.58	30,000	362.86			
3	10.24	20.40	32,200	390.99			
4	10.29	20.32	32,500	390.81			
5	10.23	20.31	30,800	374.72			
6	10.24	20.52	30,700	372.78			
7	10.26	20.61	33,000	399.14			
8	10.26	20.61	32,500	393.10			
9	10.19	20.62	33,450	410.16			
10	10.25	20.54	32,400	392.65			
11	10.26	20.68	31,100	376.16			
12	10.03	20.50	32,000	405.00			

Cuadro D.2.- Resistencia a la compresión del concreto patrón a/c=0.45.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.24	20.34	31,300	380.06	373.92	12.44	3.33
2	10.24	20.44	30,400	369.13			
3	10.26	20.36	32,500	393.10			
4	10.31	20.45	30,000	359.35			
5	10.24	20.35	29,200	354.56			
6	10.22	20.43	29,800	363.27			
7	10.23	20.35	32,500	395.41			
8	10.28	20.28	30,500	367.47			
9	10.23	20.46	30,900	375.94			
10	10.25	20.34	31,500	381.74			
11	10.26	20.38	31,000	374.95			
12	10.30	20.40	31,000	372.05			

Cuadro D.3.- Resistencia a la compresión del concreto patrón a/c=0.50.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.35	20.33	31,600	375.59	397.54	11.11	2.79
2	10.29	20.29	33,700	405.24			
3	10.22	20.32	33,400	407.15			
4	10.23	20.28	33,300	405.14			
5	10.24	20.40	31,700	384.92			
6	10.29	20.38	33,400	401.63			
7	10.31	20.35	32,500	389.29			
8	10.37	20.32	34,400	407.30			
9	10.28	20.32	34,300	413.25			
10	10.30	20.22	32,400	388.85			
11	10.30	20.32	33,000	396.05			
12	10.30	20.30	33,000	396.05			

Cuadro D.4.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.40 con 5% de microsílíce.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.28	20.23	66,200	797.59	815.38	23.18	2.84
2	10.29	20.15	67,600	812.88			
3	10.30	20.22	69,800	837.70			
4	10.20	20.20	69,000	844.42			
5	10.28	20.23	68,000	819.28			
6	10.28	20.15	68,000	819.28			
7	10.28	20.23	70,000	843.38			
8	10.25	20.15	64,000	775.61			
9	10.33	20.20	66,000	787.51			
10	10.30	20.17	68,000	816.10			

Cuadro D.5.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsílíce.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.28	20.15	73,600	886.75	880.71	16.99	1.93
2	10.25	20.20	71,000	860.44			
3	10.24	20.00	75,700	919.19			
4	10.23	20.15	72,500	882.06			
5	10.25	20.15	71,600	867.71			
6	10.29	20.22	72,000	865.79			
7	10.23	20.17	72,000	875.97			
8	10.25	20.18	72,300	876.19			
9	10.25	20.15	73,900	895.59			
10	10.25	20.20	72,400	877.41			

Cuadro D.6.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.40 con 10% de microsílíce.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.27	20.22	69,000	832.95	821.56	16.89	2.06
2	10.23	20.25	66,200	805.41			
3	10.27	20.30	69,400	837.78			
4	10.27	20.18	68,200	823.29			
5	10.25	20.22	68,000	824.08			
6	10.24	20.25	67,000	813.55			
7	10.23	20.33	67,000	815.14			
8	10.25	20.30	66,400	804.69			
9	10.22	20.22	70,200	855.75			
10	10.23	20.17	66,000	802.98			

Cuadro D.7.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 con 5% de microsílíce.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.27	20.25	67,200	811.22	827.47	44.70	5.40
2	10.24	20.25	68,800	835.41			
3	10.23	20.25	60,000	729.98			
4	10.20	20.25	63,800	780.78			
5	10.20	20.25	71,800	878.69			
6	10.16	20.25	69,000	851.08			
7	10.15	20.25	67,600	835.46			
8	10.20	20.25	71,000	868.90			
9	10.20	20.25	70,200	859.11			
10	10.25	20.25	68,000	824.08			

Cuadro D.8 - Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsílíce

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C V
1	10.29	20.40	63.000	757.57	761.16	23.06	3.03
2	10.29	20.25	60.500	727.50			
3	10.30	20.60	63.000	756.09			
4	10.30	20.40	60.500	726.09			
5	10.33	20.50	63.200	754.10			
6	10.30	20.20	64.000	768.10			
7	10.30	20.25	65.000	780.10			
8	10.30	20.35	64.200	770.50			
9	10.30	20.05	64.000	768.10			
10	10.25	20.50	66.300	803.48			

Cuadro D.9 - Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 con 10% de microsílíce

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C V
1	10.25	20.20	75.200	911.34	872.63	31.19	3.57
2	10.30	20.40	75.000	900.11			
3	10.30	20.30	73.200	878.51			
4	10.25	20.30	71.000	860.44			
5	10.25	20.30	70.000	848.32			
6	10.30	20.15	74.000	888.11			
7	10.30	20.35	75.000	900.11			
8	10.25	20.50	69.000	836.20			
9	10.25	20.40	73.200	887.10			
10	10.30	20.30	68.000	816.10			

Cuadro D.10 - Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 con 5% de microsílíce

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C V
1	10.30	20.35	62.800	753.69	748.22	24.48	3.27
2	10.25	20.35	65.000	787.73			
3	10.30	20.30	62.400	748.89			
4	10.35	20.30	59.000	701.26			
5	10.30	20.30	62.200	746.49			
6	10.25	20.30	64.500	781.67			
7	10.25	20.35	62.200	753.79			
8	10.30	20.30	61.200	734.49			
9	10.25	20.30	61.000	739.25			
10	10.28	20.30	61.000	734.94			

Cuadro D.8.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsilice.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.29	20.40	63,000	757.57	761.16	23.06	3.03
2	10.29	20.25	60,500	727.50			
3	10.30	20.60	63,000	756.09			
4	10.30	20.40	60,500	726.09			
5	10.33	20.50	63,200	754.10			
6	10.30	20.20	64,000	768.10			
7	10.30	20.25	65,000	780.10			
8	10.30	20.35	64,200	770.50			
9	10.30	20.05	64,000	768.10			
10	10.25	20.50	66,300	803.48			

Cuadro D.9.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 con 10% de microsilice.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.25	20.20	75,200	911.34	872.63	31.19	3.57
2	10.30	20.40	75,000	900.11			
3	10.30	20.30	73,200	878.51			
4	10.25	20.30	71,000	860.44			
5	10.25	20.30	70,000	848.32			
6	10.30	20.15	74,000	888.11			
7	10.30	20.35	75,000	900.11			
8	10.25	20.50	69,000	836.20			
9	10.25	20.40	73,200	887.10			
10	10.30	20.30	68,000	816.10			

Cuadro D.10.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 con 5% de microsilice.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	20.35	62,800	753.69	748.22	24.48	3.27
2	10.25	20.35	65,000	787.73			
3	10.30	20.30	62,400	748.89			
4	10.35	20.30	59,000	701.26			
5	10.30	20.30	62,200	746.49			
6	10.25	20.30	64,500	781.67			
7	10.25	20.35	62,200	753.79			
8	10.30	20.30	61,200	734.49			
9	10.25	20.30	61,000	739.25			
10	10.28	20.30	61,000	734.94			

Cuadro D.11.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsílíce.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	20.30	64,200	770.50	767.19	38.23	4.98
2	10.35	20.40	66,000	784.46			
3	10.30	20.45	66,000	792.10			
4	10.25	20.50	65,000	787.73			
5	10.30	20.40	63,000	756.09			
6	10.25	20.35	55,000	666.54			
7	10.25	20.35	65,000	787.73			
8	10.25	20.40	62,000	751.37			
9	10.20	20.45	64,000	783.23			
10	10.30	20.35	66,000	792.10			

Cuadro D.12.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 con 10% de microsílíce.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	20.25	69,000	828.10	812.51	19.17	2.36
2	10.25	20.30	68,000	824.08			
3	10.25	20.15	67,000	811.96			
4	10.25	20.40	69,000	836.20			
5	10.30	20.45	65,800	789.70			
6	10.20	20.65	64,000	783.23			
7	10.25	20.20	68,000	824.08			
8	10.25	20.40	65,000	787.73			
9	10.30	20.40	69,000	828.10			
10	10.25	20.35	67,000	811.96			

E.- Corrosión del Concreto

E.1 Peso seco en cada ciclo de corrosión acelerada del concreto

Cuadro E.1.- Peso seco (g) del concreto patrón a/c=0.40.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,955	3,975	3,910	3,965	3,985	3,975	4,020	4,050	4,005	4,020	3,975	4,015	4,015	4,050	3,980	4,045
2	3,850	3,975	3,925	4,025	4,010	4,015	3,995	4,015	4,025	4,030	4,029	4,025	4,020	4,065	4,060	4,050
3	3,960	3,975	3,910	3,970	4,005	3,985	4,020	4,040	4,010	4,025	4,030	4,045	4,025	4,050	4,045	4,035
4	3,930	3,960	3,955	3,980	4,010	4,020	4,050	4,060	4,000	4,045	4,015	3,995	4,015	4,050	4,085	4,080
5	3,965	4,005	3,905	4,010	4,035	4,020	4,045	4,035	4,030	4,050	4,050	4,050	4,025	4,060	4,050	4,065
6	3,995	4,005	3,960	4,035	4,040	4,040	4,040	4,045	4,045	4,045	4,065	4,080	4,070	4,085	4,075	4,070
7	3,930	3,950	3,970	4,025	3,995	4,055	4,025	4,075	4,025	4,050	4,060	4,070	4,065	4,075	4,055	4,090
8	3,895	3,960	3,895	3,980	3,975	3,975	4,000	4,035	4,015	4,030	4,040	4,020	4,020	4,030	4,015	4,040
9	3,855	3,870	3,815	3,875	3,895	3,875	3,920	3,905	3,900	3,915	3,870	3,910	3,900	3,930	3,905	3,930
10	3,855	3,895	3,840	3,895	3,910	3,895	3,945	3,970	3,895	3,935	3,935	3,930	3,940	3,970	3,960	3,955
	3,919	3,957	3,909	3,976	3,986	3,986	4,006	4,023	3,995	4,015	4,007	4,014	4,010	4,037	4,023	4,036

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3,955	4,055	4,045	4,020	4,045	4,025	4,035	4,040	4,020	4,020	4,015	3,960	4,010	4,020	4,010	3,995
2	3,850	4,010	4,045	4,010	4,060	4,010	4,075	4,035	4,035	4,005	4,025	3,970	4,025	3,995	3,990	4,005
3	3,960	4,035	4,055	4,020	4,035	4,040	4,065	4,045	4,030	4,035	4,020	3,995	4,010	4,025	3,995	4,005
4	3,930	4,030	4,085	4,045	4,050	4,050	4,050	3,990	4,025	4,025	4,025	4,000	4,020	4,025	3,980	4,030
5	3,965	4,100	4,075	4,060	4,065	4,070	4,065	4,080	4,045	4,035	4,065	4,005	4,045	4,030	4,025	4,035
6	3,995	4,060	4,100	4,055	4,060	4,055	4,075	4,075	4,065	4,055	4,065	4,040	4,045	4,045	4,060	4,060
7	3,930	4,075	4,085	4,055	4,085	4,045	4,010	4,085	4,025	4,075	4,050	4,030	4,050	4,020	4,030	4,055
8	3,895	4,025	4,040	4,045	4,020	4,015	4,075	4,055	3,995	4,035	4,000	3,995	3,995	4,010	3,990	4,005
9	3,855	3,940	3,935	3,920	3,890	3,920	3,910	3,890	3,915	3,900	3,895	3,885	3,900	3,885	3,880	3,895
10	3,855	3,960	3,960	3,930	3,965	3,930	3,960	3,960	3,945	3,920	3,940	3,915	3,930	3,945	3,925	3,925
	3,919	4,029	4,043	4,016	4,028	4,016	4,032	4,026	4,010	4,011	4,010	3,980	4,003	4,000	3,989	4,001

Cuadro E.2.- Peso seco (g) del concreto patrón a/c=0.45.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,960	3,980	3,995	4,040	4,045	4,040	4,050	4,065	4,065	4,030	3,950	3,995	4,030	4,075	4,075	4,060
2	3,975	3,975	3,970	4,035	4,050	4,020	4,065	4,095	4,055	4,060	4,080	4,015	4,045	4,095	4,090	4,085
3	3,945	3,975	3,885	3,990	4,005	4,025	4,045	4,070	3,990	4,030	4,015	4,035	4,035	4,065	4,040	4,070
4	3,980	4,065	4,030	4,080	4,090	4,085	4,090	4,120	4,105	4,095	4,115	4,060	4,080	4,125	4,135	4,130
5	3,950	4,000	3,965	4,035	4,015	4,040	4,050	4,055	4,035	4,060	4,070	4,030	4,050	4,045	4,075	4,070
6	3,985	4,015	3,940	3,995	4,035	4,035	4,060	4,065	4,040	4,030	4,045	4,105	4,030	4,060	4,055	4,075
7	3,950	3,965	3,950	4,015	4,030	4,030	4,040	4,060	3,970	4,025	4,040	4,035	4,045	4,020	4,030	4,070
8	3,970	3,980	3,990	4,065	4,065	4,055	4,085	4,105	4,055	4,075	4,090	4,085	4,055	4,090	4,070	4,070
9	3,895	3,960	3,855	3,965	3,985	4,020	4,015	4,035	3,990	4,005	4,005	4,000	4,020	3,995	4,045	4,015
10	3,900	3,900	3,900	3,940	3,960	3,960	3,985	4,010	4,000	3,990	4,010	4,005	4,010	4,005	4,015	3,995
	3,951	3,982	3,948	4,016	4,028	4,031	4,049	4,068	4,031	4,040	4,042	4,037	4,040	4,058	4,063	4,064

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3,960	4,100	4,090	4,070	4,060	4,065	4,065	4,070	4,070	4,035	4,060	4,040	4,055	4,035	4,050	4,040
2	3,975	4,110	4,080	4,085	4,065	4,085	4,110	4,085	4,075	4,065	4,065	4,070	4,070	4,055	4,045	4,080
3	3,945	4,075	4,045	4,045	4,050	4,050	4,080	4,060	4,040	3,995	4,045	4,010	4,035	4,020	4,025	4,030
4	3,980	4,110	4,130	4,095	4,110	4,110	4,135	4,145	4,125	4,100	4,120	4,105	4,110	4,100	4,110	4,090
5	3,950	4,055	4,085	4,050	4,075	4,050	4,060	4,050	4,045	4,040	4,050	3,990	4,030	4,035	4,020	4,020
6	3,985	4,085	4,070	4,055	4,075	4,060	4,095	4,055	4,065	4,050	4,050	4,030	4,050	4,040	4,020	4,045
7	3,950	4,080	4,070	4,035	4,045	4,025	4,085	4,045	4,060	4,025	4,030	4,025	4,035	4,010	4,040	4,035
8	3,970	4,105	4,125	4,080	4,080	4,090	4,085	4,150	4,095	4,075	4,095	4,035	4,100	4,075	4,075	4,090
9	3,895	4,045	4,045	4,000	4,020	3,990	4,040	4,015	4,010	4,005	4,000	3,955	4,000	4,010	4,000	3,985
10	3,900	4,030	4,020	4,020	4,005	3,990	4,040	4,020	4,010	4,005	4,005	3,960	3,995	3,985	3,990	4,000
	3,951	4,080	4,076	4,054	4,059	4,052	4,080	4,070	4,060	4,040	4,052	4,022	4,048	4,037	4,038	4,042

Cuadro E.3.- Peso seco (g) del concreto patrón a/c=0.50.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,960	3,995	3,970	4,005	4,010	4,020	4,045	4,055	4,025	4,060	4,055	4,041	4,040	4,060	4,075	4,065
2	3,990	3,995	3,950	4,025	4,015	4,030	4,040	4,055	4,045	4,050	4,025	4,005	4,050	4,060	4,050	4,080
3	3,900	3,950	3,895	3,920	3,945	3,965	4,010	4,025	4,000	3,990	3,995	4,005	4,010	4,000	3,985	4,025
4	3,990	4,000	3,955	4,025	4,035	4,040	4,050	4,065	3,990	4,050	4,055	4,015	4,065	4,060	4,065	4,090
5	3,910	3,945	3,940	3,980	4,030	4,025	4,050	4,060	4,015	4,055	4,045	4,020	4,045	4,050	4,050	4,070
6	3,935	3,985	3,935	3,960	4,025	4,015	4,015	4,070	4,050	4,050	4,050	4,035	4,035	4,040	4,075	4,070
7	3,980	4,000	3,950	4,005	4,025	4,030	4,025	4,055	4,035	4,055	4,010	3,995	4,035	4,060	4,065	4,085
8	3,930	3,975	3,920	4,000	4,000	3,955	3,995	4,030	4,000	4,015	4,035	4,005	4,025	4,060	4,050	4,045
9	3,945	3,975	3,940	3,995	4,010	4,020	4,040	4,025	4,030	4,040	3,995	4,040	4,045	4,050	4,060	4,050
10	3,960	3,990	3,945	4,020	4,000	3,980	4,035	4,055	3,995	4,045	4,045	4,030	4,045	4,035	4,060	4,075
	3,950	3,981	3,940	3,994	4,010	4,008	4,031	4,050	4,019	4,041	4,031	4,019	4,040	4,048	4,054	4,066

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3,960	4,085	4,065	4,045	4,080	4,060	4,085	4,080	4,070	4,050	4,060	4,040	4,070	4,065	4,080	4,080
2	3,990	4,085	4,045	4,065	4,055	4,050	4,085	4,055	4,055	4,060	4,080	4,045	4,055	4,055	4,050	4,070
3	3,900	4,005	4,030	4,005	4,025	4,015	4,045	4,020	4,015	3,995	4,035	3,995	4,015	4,005	4,000	4,020
4	3,990	4,080	4,085	4,045	4,070	4,040	4,095	4,080	4,055	4,045	4,070	4,040	4,070	4,075	4,055	4,080
5	3,910	4,065	4,045	4,045	4,030	4,045	4,090	4,075	4,045	4,060	4,065	4,015	4,050	4,045	4,040	4,050
6	3,935	4,085	4,070	4,060	4,065	4,050	4,040	4,045	4,070	4,065	4,055	4,030	4,050	4,055	4,045	4,075
7	3,980	4,050	4,070	4,055	4,055	4,060	4,080	4,055	4,065	4,050	4,065	4,035	4,060	4,060	4,055	4,080
8	3,930	4,055	4,020	4,025	4,060	4,030	4,035	4,050	4,040	4,040	4,015	3,980	4,025	4,020	4,000	4,025
9	3,945	4,085	4,050	4,050	4,030	4,055	4,075	4,035	4,030	4,035	4,060	4,030	4,050	4,025	4,050	4,055
10	3,960	4,070	4,045	4,025	4,045	4,055	4,085	4,055	4,035	4,040	4,055	4,035	4,035	4,045	4,020	4,045
	3,950	4,067	4,053	4,042	4,052	4,046	4,072	4,055	4,048	4,044	4,056	4,025	4,048	4,045	4,040	4,058

Cuadro E.4.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.40 con 5% de microsíllice.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,960	4,035	3,965	4,045	4,060	4,060	4,085	4,090	4,085	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,085	4,080
2	3,995	3,980	3,945	4,005	4,010	4,015	4,025	4,020	4,020	4,025	3,975	3,975	4,000	4,010	4,005	4,045
3	4,045	4,055	3,990	4,035	4,055	4,060	4,060	4,070	4,055	4,075	4,075	4,080	4,070	4,090	4,085	4,100
4	4,080	4,090	4,035	4,105	4,095	4,105	4,115	4,110	4,090	4,105	4,115	4,085	4,120	4,125	4,125	4,130
5	4,045	4,030	4,035	4,060	4,070	4,045	4,065	4,075	4,050	4,065	4,075	4,075	4,075	4,080	4,065	4,075
6	4,015	4,015	4,035	4,060	4,050	4,060	4,070	4,075	4,075	4,070	4,075	4,080	4,065	4,065	4,080	4,090
7	4,020	4,035	4,015	4,045	4,040	4,045	4,055	4,050	4,050	4,035	4,020	4,050	4,050	4,055	4,060	4,075
8	4,010	4,030	3,990	4,060	4,070	4,075	4,085	4,090	4,085	4,090	4,080	4,070	4,065	4,090	4,090	4,095
9	3,955	3,970	4,015	4,040	4,045	4,055	4,065	4,070	4,040	4,065	4,055	4,030	4,035	4,050	4,045	4,070
10	4,070	4,060	4,035	4,080	4,085	4,095	4,095	4,100	4,095	4,100	4,080	4,090	4,085	4,090	4,090	4,095
	4,020	4,030	4,006	4,054	4,058	4,062	4,072	4,075	4,065	4,072	4,064	4,063	4,066	4,075	4,073	4,086

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3,960	4,090	4,075	4,065	4,075	4,075	4,095	4,080	4,065	4,070	4,070	4,015	4,050	4,030	4,045	4,035
2	3,995	4,050	4,040	4,045	4,040	4,025	4,050	4,045	4,035	4,005	4,000	4,015	4,060	4,050	4,030	4,095
3	4,045	4,095	4,085	4,085	4,090	4,075	4,095	4,080	4,075	4,080	4,020	4,000	4,060	4,035	4,045	4,030
4	4,080	4,135	4,130	4,125	4,105	4,125	4,140	4,125	4,125	4,105	4,105	4,085	4,105	4,095	4,055	4,065
5	4,045	4,095	4,085	4,065	4,070	4,080	4,085	4,075	4,080	4,060	4,095	4,020	4,020	4,010	3,995	4,025
6	4,015	4,090	4,085	4,070	4,090	4,080	4,075	4,080	4,035	4,075	4,080	4,040	4,070	4,060	4,065	4,065
7	4,020	4,075	4,075	4,060	4,050	4,045	4,070	4,065	4,060	4,050	4,055	4,020	4,035	4,055	4,035	4,045
8	4,010	4,105	4,100	4,075	4,095	4,075	4,095	4,045	4,075	4,070	4,070	4,030	4,070	4,060	4,060	4,050
9	3,955	4,065	4,075	4,065	4,070	4,060	4,085	4,060	4,050	4,050	4,050	4,055	4,080	4,065	4,050	4,055
10	4,070	4,110	4,095	4,090	4,110	4,080	4,105	4,105	4,090	4,095	4,095	4,050	4,080	4,090	4,075	4,080
	4,020	4,091	4,085	4,075	4,080	4,072	4,090	4,076	4,069	4,066	4,064	4,033	4,063	4,055	4,046	4,055

Cuadro E.5.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsilice.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,970	4,035	3,960	4,045	4,065	4,075	4,080	4,085	4,060	4,085	4,080	4,090	4,085	4,100	4,100	4,105
2	4,040	4,090	4,055	4,085	4,105	4,075	4,100	4,115	4,115	4,120	4,125	4,125	4,120	4,130	4,115	4,100
3	3,995	3,945	3,945	3,960	3,970	3,965	3,975	3,980	3,980	3,980	3,975	4,000	3,980	3,980	3,985	3,980
4	4,010	3,995	3,945	4,000	4,010	4,005	4,010	3,985	4,015	4,015	3,940	3,970	4,035	4,035	4,040	4,065
5	3,965	3,960	3,955	3,985	3,985	3,985	3,985	3,985	3,955	4,000	4,000	4,005	3,980	4,015	3,985	4,030
6	3,970	3,955	3,845	3,945	3,920	3,965	3,985	4,000	3,995	3,995	4,000	3,995	3,995	4,010	4,015	3,995
7	4,010	4,035	4,005	4,045	4,040	4,035	4,050	4,060	4,015	4,065	4,045	4,060	4,060	4,080	4,090	4,105
8	3,980	3,960	3,935	3,970	3,985	3,995	3,995	3,995	3,995	3,950	3,980	3,980	3,980	4,010	4,010	4,035
9	3,960	3,955	3,950	3,990	4,005	4,010	4,015	4,020	4,015	4,030	4,000	3,930	4,020	4,035	4,035	4,040
10	4,025	3,985	3,925	4,015	4,035	4,050	4,055	4,055	4,030	4,050	4,060	4,060	4,045	4,055	4,070	4,080
	3,993	3,992	3,952	4,004	4,012	4,016	4,025	4,028	4,018	4,034	4,018	4,022	4,030	4,045	4,045	4,054

Probeta	Peso inicial	Ciclos																	
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1	3,970	4,080	4,105	4,100	4,095	4,085	4,085	4,075	4,055	4,085	4,090	4,040	4,085	4,080	4,080	4,070			
2	4,040	4,100	4,125	4,125	4,125	4,105	4,130	4,115	4,125	4,105	4,125	4,080	4,120	4,110	4,105	4,115			
3	3,995	4,015	4,005	4,010	4,010	3,995	4,015	3,980	3,995	4,010	4,075	3,970	4,005	4,000	4,005	4,015			
4	4,010	4,070	4,065	4,060	4,055	4,045	4,055	4,045	4,025	4,045	4,050	4,000	4,010	4,045	4,030	4,045			
5	3,965	4,035	4,035	4,035	4,035	4,010	4,035	4,030	4,015	4,030	4,025	3,965	4,020	4,010	3,985	3,985			
6	3,970	4,020	4,000	3,995	4,005	3,995	4,010	4,000	3,995	4,010	4,000	3,960	3,975	3,980	3,975	3,975			
7	4,010	4,110	4,090	4,075	4,075	4,090	4,105	4,110	4,095	4,085	4,075	4,055	4,070	4,070	4,080	4,060			
8	3,980	4,005	4,035	4,025	4,025	4,020	4,025	4,025	4,020	4,015	4,015	3,990	4,015	3,995	4,000	4,010			
9	3,960	4,015	4,040	4,015	4,010	4,020	4,045	4,015	4,015	4,025	4,030	3,980	4,010	4,005	4,005	4,005			
10	4,025	4,085	4,080	4,065	4,070	4,050	4,080	4,070	4,055	4,065	4,070	4,040	4,040	4,065	4,055	4,045			
	3,993	4,054	4,058	4,051	4,051	4,042	4,059	4,047	4,040	4,048	4,056	4,008	4,035	4,036	4,032	4,033			

Cuadro E.6.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.40 con 10% de microsilice.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,965	3,970	3,945	3,965	3,980	3,940	3,985	3,995	3,990	3,990	3,980	3,910	3,965	3,975	3,965	4,020
2	4,000	4,000	3,965	4,005	4,015	4,005	4,020	4,030	4,025	4,030	4,035	4,025	4,035	4,025	4,040	4,050
3	3,885	3,945	3,945	3,985	3,990	3,985	3,995	4,015	4,010	4,010	4,015	4,000	4,015	4,030	4,030	4,030
4	3,960	3,975	3,970	4,005	4,000	4,005	4,020	4,030	4,030	4,030	4,020	4,035	4,030	4,045	4,045	4,055
5	3,940	3,965	3,960	3,980	3,980	3,985	3,990	3,995	3,995	3,990	3,985	3,960	3,990	4,005	4,015	4,025
6	4,020	4,015	3,925	4,010	4,025	4,055	4,065	4,070	4,055	4,060	3,995	3,970	4,035	4,070	4,055	4,070
7	4,010	3,990	3,930	4,015	4,025	4,035	4,040	4,050	4,045	4,055	4,045	4,040	4,025	4,025	4,065	4,070
8	4,060	4,010	3,975	4,050	4,065	4,075	4,055	4,085	4,085	4,090	4,070	4,080	4,080	4,105	4,095	4,110
9	3,965	3,965	3,945	3,955	3,990	3,990	3,990	4,005	3,980	4,005	3,950	3,990	4,000	4,010	4,030	4,035
10	3,990	4,060	4,035	4,065	4,065	4,075	4,080	4,095	4,095	4,105	4,115	4,110	4,115	4,125	4,100	4,125
	3,980	3,990	3,960	4,004	4,014	4,015	4,024	4,037	4,031	4,037	4,021	4,012	4,029	4,042	4,044	4,059

Probeta	Peso inicial	Ciclos																	
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1	3,965	4,035	4,020	4,025	3,995	4,010	4,030	4,020	4,025	4,010	3,995	3,965	4,010	3,995	3,990	4,015			
2	4,000	4,050	4,040	4,045	4,050	4,025	4,045	3,990	4,035	4,055	4,045	4,005	4,040	4,050	4,040	4,040			
3	3,885	4,030	4,035	4,035	4,030	4,000	4,035	4,030	4,035	4,015	4,015	4,000	4,010	4,020	4,015	4,005			
4	3,960	4,035	4,055	4,055	4,040	4,055	4,060	4,050	4,030	4,035	4,050	3,995	4,035	4,030	4,025	4,050			
5	3,940	4,035	4,030	4,010	4,005	4,005	4,025	4,015	4,015	4,020	4,010	3,980	4,020	4,005	4,000	4,015			
6	4,020	4,090	4,085	4,070	4,075	4,065	4,080	4,035	4,060	4,045	4,065	4,025	4,050	4,050	4,035	4,060			
7	4,010	4,070	4,070	4,070	4,040	4,055	4,065	4,070	4,045	4,065	4,055	4,015	4,045	4,040	4,030	4,040			
8	4,060	4,120	4,105	4,115	4,100	4,095	4,115	4,060	4,090	4,100	4,065	4,065	4,080	4,090	4,080	4,100			
9	3,965	4,035	4,040	4,020	3,970	4,005	4,040	4,010	4,020	3,990	4,020	4,030	4,005	4,005	4,005	4,010			
10	3,990	4,130	4,125	4,110	4,090	4,100	4,130	4,110	4,110	4,115	4,110	4,085	4,115	4,100	4,105	4,105			
	3,980	4,063	4,061	4,056	4,040	4,042	4,063	4,039	4,047	4,045	4,043	4,017	4,041	4,039	4,033	4,044			

Cuadro E.7.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.45 con 5% de microsilice.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,155	4,145	4,100	4,145	4,135	4,160	4,165	4,170	4,175	4,180	4,180	4,175	4,180	4,170	4,155	4,175
2	3,955	3,935	3,935	3,965	3,985	3,975	3,990	3,990	3,995	3,990	4,000	3,990	3,990	3,995	3,995	3,995
3	3,945	3,960	3,925	3,965	3,980	3,995	3,985	4,005	4,000	3,995	4,000	4,000	3,995	4,010	4,000	4,015
4	3,990	3,990	3,965	4,005	4,010	4,025	4,030	4,035	4,030	4,035	4,035	3,985	4,030	4,015	4,040	4,045
5	3,905	3,970	3,945	3,990	4,000	4,015	4,015	4,025	4,025	4,020	4,000	4,015	4,020	4,025	4,025	4,025
6	3,995	4,015	3,985	4,035	4,050	4,045	4,065	4,055	4,045	4,070	4,070	4,050	4,060	4,065	4,080	4,065
7	4,040	4,030	3,995	4,030	4,045	4,060	4,070	4,070	4,070	4,065	4,065	4,065	4,070	4,055	4,080	4,080
8	3,995	4,015	3,955	4,030	4,025	4,065	4,060	4,070	4,065	4,075	4,065	4,040	4,065	4,075	4,060	4,090
9	4,035	4,045	4,005	4,060	4,070	4,075	4,085	4,090	4,070	4,085	4,095	4,075	4,075	4,085	4,100	4,100
10	4,010	4,010	3,970	4,020	4,010	4,030	4,035	4,025	4,040	4,040	4,020	4,040	4,045	4,045	4,065	4,050
	4,003	4,012	3,978	4,025	4,031	4,045	4,050	4,054	4,052	4,056	4,053	4,044	4,053	4,054	4,060	4,064

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,155	4,175	4,170	4,175	4,170	4,165	4,175	4,155	4,145	4,155	4,160	4,100	4,155	4,135	4,145	4,105
2	3,955	4,005	4,000	3,990	4,000	3,975	3,995	3,995	4,015	3,975	3,970	3,975	4,039	4,010	4,005	4,010
3	3,945	4,005	4,005	3,985	3,990	3,990	4,000	3,995	3,965	3,980	3,980	3,950	3,975	3,980	3,985	3,990
4	3,990	4,020	4,040	4,040	4,045	4,035	4,015	4,035	4,020	4,005	4,015	3,970	4,020	4,010	4,005	4,025
5	3,905	4,040	4,025	4,025	4,015	4,010	4,045	4,025	4,000	3,985	4,010	3,980	4,005	4,045	4,115	4,110
6	3,995	4,080	4,060	4,065	4,050	4,055	4,075	4,055	4,035	4,035	4,060	3,995	3,945	3,970	3,955	3,960
7	4,040	4,080	4,060	4,055	4,060	4,065	4,080	4,055	4,045	4,060	4,065	4,015	4,050	4,030	4,045	4,045
8	3,995	4,095	4,085	4,080	4,070	4,050	4,060	4,075	4,050	4,045	4,065	3,955	3,970	3,975	3,985	3,985
9	4,035	4,095	4,080	4,090	4,065	4,080	4,100	4,080	4,070	4,055	4,070	4,035	4,065	4,060	4,060	4,075
10	4,010	4,060	4,055	4,045	4,045	4,035	4,060	4,025	4,010	4,045	4,050	4,005	4,045	3,995	3,985	3,995
	4,003	4,066	4,058	4,055	4,051	4,046	4,061	4,050	4,036	4,034	4,045	3,998	4,027	4,021	4,028	4,030

Cuadro E.8.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsilice.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,015	4,015	3,975	3,975	4,010	4,025	4,040	4,050	4,040	4,025	4,010	4,030	4,035	4,050	4,065	4,070
2	4,060	4,040	4,020	4,065	4,080	4,105	4,105	4,105	4,095	4,105	4,110	4,095	4,110	4,100	4,120	4,120
3	3,920	3,945	3,880	3,965	3,985	3,970	3,990	4,015	4,000	3,990	4,000	3,995	4,020	4,015	4,025	4,030
4	3,970	3,960	3,935	3,955	3,965	3,970	3,975	3,990	3,975	3,985	3,985	3,930	3,985	3,990	4,020	4,020
5	3,985	4,010	4,005	4,050	4,055	4,065	4,075	4,045	4,065	4,075	4,065	4,065	4,065	4,085	4,085	4,075
6	3,985	4,005	3,975	3,990	4,015	4,025	4,040	4,050	4,035	4,045	4,050	4,045	4,035	4,055	4,050	4,050
7	4,090	4,080	4,045	4,080	4,080	4,090	4,080	4,115	4,105	4,105	4,050	4,050	4,085	4,095	4,110	4,170
8	4,080	4,050	4,035	4,090	4,085	4,090	4,085	4,110	4,105	4,100	4,075	4,105	4,105	4,115	4,110	4,120
9	4,070	4,050	3,985	4,060	4,075	4,080	4,085	4,100	4,060	4,095	4,095	4,100	4,090	4,110	4,105	4,115
10	4,060	4,055	4,035	4,050	4,080	4,070	4,090	4,095	4,075	4,095	4,095	4,090	4,105	4,100	4,105	4,110
	4,024	4,021	3,989	4,028	4,043	4,049	4,057	4,068	4,058	4,060	4,054	4,050	4,065	4,072	4,080	4,088

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,015	4,060	4,065	4,035	4,045	4,045	4,040	4,045	4,025	4,030	4,045	4,005	4,020	4,030	4,030	4,035
2	4,060	4,125	4,115	4,095	4,095	4,100	4,110	4,115	4,095	4,115	4,105	4,075	4,105	4,110	4,095	4,100
3	3,920	4,025	4,005	4,015	4,015	4,020	4,010	4,010	4,000	3,990	4,010	3,920	3,990	4,030	4,025	4,045
4	3,970	3,995	4,005	4,020	4,000	4,000	4,005	3,985	3,985	4,000	4,080	4,075	4,045	4,065	4,075	4,060
5	3,985	4,055	4,080	4,085	4,085	4,085	4,095	4,080	4,000	4,080	4,075	4,045	4,065	4,075	4,060	4,060
6	3,985	4,060	4,055	4,050	4,040	4,035	4,060	4,045	4,040	4,030	3,970	3,970	4,040	4,035	4,035	4,025
7	4,090	4,150	4,125	4,130	4,105	4,115	4,130	4,120	4,095	4,100	4,115	4,070	4,105	4,080	4,085	4,100
8	4,080	4,130	4,100	4,095	4,090	4,100	4,120	4,120	4,105	4,090	4,005	4,065	4,090	4,080	4,080	4,095
9	4,070	4,120	4,120	4,090	4,100	4,100	4,100	4,100	4,095	4,085	4,090	4,055	4,085	4,090	4,085	4,085
10	4,060	4,100	4,120	4,090	4,080	4,095	4,090	4,095	4,095	4,095	4,100	4,075	4,095	4,105	4,085	4,095
	4,024	4,082	4,079	4,071	4,066	4,070	4,076	4,072	4,054	4,062	4,050	4,025	4,059	4,062	4,056	4,062

Cuadro E.9.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.45 con 10% de microsílíce.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,100	4,075	4,045	4,070	4,090	4,095	4,100	4,120	4,105	4,105	4,110	4,120	4,120	4,100	4,140	4,135
2	4,095	4,085	4,005	4,075	4,080	4,095	4,095	4,095	4,095	4,100	4,110	4,100	4,095	4,110	4,125	4,125
3	4,110	4,075	4,060	4,095	4,085	4,110	4,130	4,135	4,120	4,135	4,145	4,110	4,130	4,135	4,155	4,150
4	4,160	4,125	4,100	4,140	4,155	4,155	4,170	4,170	4,150	4,170	4,175	4,170	4,175	4,175	4,165	4,180
5	4,105	4,120	4,075	4,095	4,115	4,105	4,130	4,130	4,115	4,130	4,125	4,130	4,135	4,135	4,145	4,150
6	4,075	4,060	4,025	4,050	4,040	4,065	4,080	4,085	4,055	4,090	4,085	4,100	4,100	4,090	4,105	4,100
7	4,080	4,050	4,035	4,075	4,050	4,100	4,110	4,110	4,110	4,105	4,125	4,065	4,080	4,105	4,135	4,125
8	4,045	4,085	4,055	4,075	4,095	4,115	4,125	4,115	4,120	4,130	4,135	4,130	4,135	4,145	4,145	4,135
9	4,115	4,110	4,080	4,080	4,115	4,115	4,130	4,140	4,140	4,120	4,105	4,115	4,145	4,140	4,140	4,165
10	4,100	4,070	4,060	4,095	4,105	4,115	4,125	4,195	4,130	4,130	4,130	4,080	4,140	4,155	4,155	4,150
	4,099	4,086	4,054	4,085	4,093	4,107	4,120	4,130	4,114	4,122	4,125	4,112	4,126	4,129	4,141	4,142

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,100	4,150	4,140	4,115	4,135	4,130	4,145	4,100	4,130	4,140	4,140	4,100	4,140	4,135	4,140	4,140
2	4,095	4,140	4,125	4,120	4,120	4,120	4,135	4,080	4,130	4,120	4,125	4,095	4,135	4,135	4,120	4,125
3	4,110	4,160	4,155	4,135	4,160	4,140	4,160	4,155	4,145	4,135	4,150	4,115	4,155	4,150	4,150	4,155
4	4,160	4,200	4,180	4,200	4,180	4,180	4,180	4,195	4,190	4,175	4,190	4,165	4,105	4,190	4,185	4,200
5	4,105	4,160	4,160	4,145	4,150	4,160	4,160	4,050	4,160	4,135	4,160	4,120	4,150	4,150	4,150	4,155
6	4,075	4,115	4,110	4,095	4,110	4,095	4,125	4,105	4,080	4,100	4,100	4,065	4,100	4,105	4,095	4,095
7	4,080	4,130	4,140	4,125	4,110	4,130	4,150	4,135	4,120	4,120	4,125	4,070	4,120	4,115	4,100	4,025
8	4,045	4,150	4,145	4,155	4,135	4,140	4,150	4,150	4,145	4,140	4,130	4,120	4,145	4,150	4,145	4,150
9	4,115	4,180	4,155	4,135	4,165	4,170	4,175	4,165	4,155	4,145	4,155	4,110	4,150	4,150	4,150	4,150
10	4,100	4,165	4,155	4,150	4,145	4,130	4,155	4,155	4,145	4,135	4,140	4,095	4,150	4,135	4,140	4,150
	4,099	4,155	4,147	4,138	4,141	4,140	4,154	4,129	4,140	4,135	4,142	4,106	4,135	4,142	4,138	4,135

Cuadro E.10.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.50 con 5% de microsílíce.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,020	4,065	4,060	4,075	4,100	4,085	4,105	4,125	4,090	4,100	4,095	4,110	4,090	4,115	4,120	4,120
2	4,015	4,000	3,935	4,005	4,030	4,045	4,050	4,070	4,055	4,060	4,070	4,020	4,040	4,050	4,060	4,070
3	3,945	3,920	3,895	3,930	3,955	3,985	3,990	3,990	3,955	3,980	3,970	3,940	3,955	3,980	4,000	3,980
4	4,015	3,980	3,970	4,010	4,020	4,025	4,040	4,040	4,035	4,020	4,015	4,035	4,030	4,035	4,040	4,055
5	3,955	3,920	3,910	3,980	3,995	3,995	4,015	4,025	4,005	4,015	4,010	4,015	4,015	4,010	4,025	4,035
6	3,970	3,970	3,970	3,995	4,005	4,015	4,015	4,025	4,020	4,025	4,020	3,995	4,010	4,025	4,015	4,035
7	3,890	3,905	3,910	3,910	3,945	3,960	3,975	3,975	3,965	3,970	3,955	3,965	3,950	3,950	3,960	3,970
8	3,980	3,990	3,995	4,025	4,020	4,040	4,050	4,055	4,050	4,045	4,050	4,040	4,025	4,020	4,055	4,060
9	3,975	3,970	3,960	3,990	4,010	4,005	4,020	4,025	4,020	4,025	3,975	4,010	4,015	4,015	4,020	4,040
10	4,080	4,080	4,040	4,085	4,050	4,090	4,110	4,110	4,105	4,110	4,055	4,095	4,110	4,110	4,125	4,125
	3,985	3,980	3,965	4,001	4,013	4,025	4,037	4,044	4,030	4,035	4,022	4,023	4,024	4,031	4,042	4,049

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,020	4,115	4,130	4,100	4,110	4,105	4,105	4,110	4,100	4,110	4,115	4,060	4,110	4,100	4,095	4,105
2	4,015	4,070	4,075	4,040	4,050	4,050	4,050	4,065	4,030	4,030	4,050	4,065	4,035	4,035	4,020	4,035
3	3,945	3,995	3,955	3,990	3,970	3,965	3,985	3,985	3,935	3,970	3,995	4,035	4,065	4,065	4,060	4,060
4	4,015	4,055	4,045	4,035	4,030	4,045	4,055	4,035	3,995	4,015	4,020	3,965	4,010	4,015	4,000	3,995
5	3,955	4,035	4,035	4,010	4,020	4,025	4,040	4,020	4,010	4,015	4,005	3,990	4,005	4,010	4,005	4,005
6	3,970	4,030	4,020	4,020	4,000	4,015	4,015	4,000	4,010	4,005	4,035	3,980	4,005	3,995	4,000	4,000
7	3,890	3,960	3,970	3,950	3,945	3,950	3,965	3,970	3,945	3,935	3,950	3,905	3,930	3,960	3,935	3,960
8	3,980	4,060	4,050	4,045	4,035	4,050	4,055	4,045	4,040	4,040	4,040	4,005	4,030	4,035	4,025	4,045
9	3,975	4,030	4,040	4,010	4,015	4,015	4,030	4,015	4,025	4,015	4,015	3,995	4,025	4,015	4,015	4,030
10	4,080	4,125	4,105	4,085	4,100	4,100	4,120	4,105	4,095	4,075	4,085	4,065	4,080	4,080	4,080	4,105
	3,985	4,048	4,043	4,029	4,028	4,032	4,042	4,035	4,019	4,021	4,031	4,007	4,030	4,031	4,024	4,034

Cuadro E.11.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsílíce.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,145	4,155	4,115	4,155	4,155	4,155	4,145	4,165	4,160	4,170	4,175	4,170	4,170	4,180	4,180	4,180
2	4,125	4,120	4,145	4,145	4,150	4,140	4,150	4,155	4,150	4,150	4,140	4,150	4,150	4,170	4,140	4,145
3	4,115	4,140	4,110	4,145	4,150	4,135	4,145	4,150	4,150	4,145	4,130	4,150	4,150	4,155	4,160	4,165
4	4,150	4,170	4,150	4,180	4,185	4,190	4,195	4,195	4,195	4,200	4,195	4,195	4,190	4,185	4,205	4,200
5	4,110	4,115	4,135	4,140	4,135	4,140	4,145	4,155	4,150	4,140	4,145	4,140	4,115	4,135	4,165	4,170
6	4,075	4,150	4,125	4,155	4,150	4,150	4,160	4,150	4,155	4,135	4,155	4,115	4,160	4,170	4,180	4,185
7	4,140	4,160	4,125	4,170	4,175	4,165	4,165	4,175	4,165	4,175	4,150	4,165	4,170	4,175	4,185	4,190
8	4,155	4,170	4,155	4,175	4,155	4,180	4,180	4,190	4,185	4,190	4,175	4,130	4,175	4,195	4,185	4,185
9	4,130	4,110	4,105	4,135	4,135	4,140	4,135	4,145	4,140	4,145	4,145	4,050	4,140	4,145	4,150	4,150
10	4,105	4,135	4,150	4,160	4,140	4,170	4,170	4,175	4,175	4,170	4,140	4,170	4,175	4,170	4,185	4,175
	4,125	4,143	4,132	4,156	4,153	4,157	4,159	4,166	4,163	4,162	4,155	4,144	4,160	4,168	4,174	4,175

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,145	4,185	4,175	4,185	4,185	4,175	4,180	4,185	4,150	4,180	4,170	4,150	4,175	4,160	4,045	4,070
2	4,125	4,175	4,160	4,165	4,170	4,180	4,170	4,125	4,160	4,155	4,145	4,130	4,160	4,150	4,145	4,165
3	4,115	4,145	4,170	4,170	4,175	4,165	4,175	4,165	4,165	4,165	4,165	4,125	4,160	4,145	4,155	4,150
4	4,150	4,200	4,205	4,210	4,210	4,205	4,190	4,195	4,200	4,205	4,200	4,165	4,200	4,180	4,185	4,205
5	4,110	4,170	4,170	4,170	4,175	4,170	4,165	4,180	4,170	4,160	4,155	4,125	4,155	4,155	4,150	4,140
6	4,075	4,185	4,185	4,185	4,175	4,180	4,190	4,190	4,180	4,180	4,180	4,120	4,165	4,155	4,145	4,155
7	4,140	4,195	4,185	4,185	4,190	4,180	4,190	4,190	4,180	4,175	4,090	4,155	4,165	4,160	4,170	4,175
8	4,155	4,200	4,195	4,190	4,200	4,195	4,210	4,210	4,200	4,190	4,195	4,165	4,190	4,180	4,180	4,165
9	4,130	4,165	4,145	4,160	4,155	4,160	4,135	4,155	4,145	4,155	4,140	4,120	4,150	4,140	4,145	4,140
10	4,105	4,200	4,190	4,200	4,195	4,185	4,210	4,170	4,175	4,185	4,190	4,135	4,180	4,165	4,165	4,170
	4,125	4,182	4,178	4,182	4,183	4,180	4,182	4,177	4,173	4,175	4,163	4,139	4,170	4,159	4,149	4,154

Cuadro E.12.- Peso seco (g) del concreto a/c=0.50 con 10% de microsílíce.

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,995	4,000	3,965	3,980	3,995	4,005	4,005	3,985	3,985	4,015	4,025	4,030	4,035	4,030	4,040	4,050
2	4,000	4,005	3,975	4,005	4,010	4,005	3,985	4,025	4,030	4,025	4,030	4,030	4,030	4,035	4,040	4,045
3	4,025	4,035	4,015	4,035	4,045	4,025	4,035	4,055	4,055	4,065	4,075	4,080	4,070	4,050	4,045	4,075
4	3,975	4,020	4,000	4,045	4,040	4,055	4,060	4,070	4,065	4,075	4,080	4,070	4,050	4,060	4,075	4,080
5	4,065	4,065	4,015	4,050	4,060	4,065	4,080	4,085	4,085	4,090	4,095	4,085	4,085	4,095	4,070	4,075
6	4,070	4,075	4,055	4,075	4,085	4,065	4,095	4,110	4,105	4,115	4,105	4,100	4,115	4,120	4,115	4,115
7	3,985	4,015	3,990	4,040	4,055	4,070	4,080	4,090	4,090	4,090	4,090	4,095	4,090	4,070	4,065	4,085
8	4,070	4,080	4,060	4,085	4,085	4,095	4,100	4,105	4,085	4,100	4,110	4,095	4,105	4,120	4,125	4,125
9	4,045	4,040	4,010	4,045	4,060	4,070	4,075	4,080	4,080	4,080	4,080	4,085	4,050	4,075	4,080	4,100
10	3,930	3,975	3,935	3,980	3,995	4,010	4,015	4,020	4,020	4,020	4,025	4,020	4,020	4,030	4,030	4,015
	4,016	4,031	4,002	4,034	4,043	4,047	4,053	4,063	4,060	4,067	4,070	4,060	4,064	4,068	4,076	4,078

Probeta	Peso inicial	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3,995	4,050	4,050	4,045	4,040	4,045	4,050	4,040	4,010	4,045	4,040	4,000	4,030	4,025	4,020	4,025
2	4,000	4,065	4,040	4,050	4,055	4,040	4,050	4,000	4,015	4,055	4,050	4,010	4,035	4,055	4,040	4,030
3	4,025	4,100	4,075	4,080	4,080	4,070	4,095	4,080	4,065	4,090	4,080	4,035	4,070	4,055	4,070	4,095
4	3,975	4,065	4,080	4,085	4,075	4,075	4,090	4,090	4,075	4,055	4,070	4,040	4,060	4,060	4,070	4,065
5	4,065	4,110	4,080	4,100	4,105	4,085	4,110	4,040	4,090	4,085	4,065	4,055	4,095	4,085	4,030	4,095
6	4,070	4,130	4,115	4,110	4,120	4,120	4,125	4,140	4,095	4,110	4,110	4,065	4,105	4,125	4,105	4,055
7	3,985	4,100	4,105	4,100	4,085	4,100	4,100	4,095	4,090	4,070	4,085	4,060	4,095	4,085	4,085	4,090
8	4,070	4,135	4,135	4,120	4,120	4,130	4,135	4,090	4,100	4,105	4,125	4,085	4,115	4,105	4,090	4,105
9	4,045	4,095	4,095	4,085	4,070	4,090	4,095	4,080	4,090	4,080	4,080	4,055	4,080	4,075	4,080	4,090
10	3,930	4,035	4,015	4,010	3,995	4,020	4,040	4,040	4,025	4,030	4,015	3,975	4,010	4,015	4,000	4,000
	4,016	4,089	4,079	4,079	4,075	4,078	4,089	4,070	4,066	4,073	4,072	4,038	4,070	4,069	4,059	4,065

E.2 Peso húmedo en cada ciclo de corrosión acelerada del concreto

Cuadro E.13.- Peso húmedo (g) del concreto patrón a/c=0.40.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,053	4,045	4,050	4,055	4,055	4,065	4,060	4,080	4,075	4,085	4,085	4,070	4,085	4,095	4,090	4,075
2	4,065	4,060	4,070	4,070	4,075	4,085	4,090	4,085	4,085	4,085	4,090	4,090	4,100	4,110	4,100	4,105
3	4,064	4,055	4,060	4,060	4,065	4,095	4,070	4,085	4,085	4,085	4,080	4,080	4,085	4,095	4,085	4,085
4	4,075	4,070	4,075	4,075	4,070	4,085	4,085	4,095	4,100	4,085	4,095	4,100	4,105	4,100	4,125	4,120
5	4,087	4,080	4,085	4,090	4,090	4,100	4,100	4,105	4,105	4,115	4,110	4,110	4,110	4,115	4,120	4,090
6	4,094	4,095	4,095	4,095	4,100	4,105	4,110	4,115	4,110	4,115	4,110	4,115	4,115	4,130	4,130	4,120
7	4,091	4,080	4,090	4,095	4,095	4,125	4,115	4,105	4,110	4,105	4,120	4,115	4,115	4,120	4,140	4,140
8	4,049	4,040	4,045	4,045	4,050	4,055	4,060	4,065	4,070	4,080	4,075	4,070	4,080	4,085	4,090	4,075
9	3,946	3,940	3,945	3,945	3,945	3,960	3,955	3,960	3,955	3,960	3,960	3,955	3,950	3,980	3,970	3,970
10	3,980	3,975	3,980	3,980	3,980	4,005	3,990	4,005	4,005	4,000	4,005	4,005	4,005	4,020	4,015	4,020
	4,050	4,044	4,050	4,051	4,053	4,068	4,064	4,070	4,070	4,072	4,073	4,071	4,075	4,085	4,087	4,080

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,053	4,085	4,085	4,080	4,105	4,095	4,080	4,100	4,080	4,090	4,075	4,080	4,075	4,075	4,070	4,070
2	4,065	4,110	4,105	4,100	4,120	4,110	4,120	4,105	4,085	4,090	4,080	4,090	4,090	4,085	4,080	4,085
3	4,064	4,095	4,105	4,095	4,105	4,110	4,105	4,100	4,080	4,105	4,080	4,080	4,075	4,105	4,080	4,065
4	4,075	4,115	4,120	4,115	4,105	4,115	4,095	4,105	4,080	4,090	4,070	4,095	4,085	4,105	4,090	4,105
5	4,087	4,130	4,115	4,125	4,125	4,130	4,100	4,130	4,110	4,120	4,100	4,120	4,115	4,100	4,095	4,095
6	4,094	4,125	4,135	4,120	4,120	4,145	4,130	4,140	4,110	4,135	4,080	4,110	4,110	4,120	4,120	4,130
7	4,091	4,115	4,125	4,115	4,135	4,125	4,135	4,145	4,115	4,140	4,115	4,125	4,115	4,105	4,105	4,125
8	4,049	4,095	4,080	4,095	4,085	4,095	4,105	4,100	4,075	4,100	4,045	4,085	4,070	4,070	4,080	4,080
9	3,946	3,980	3,970	3,975	3,980	3,990	3,975	3,995	3,960	3,975	3,970	3,975	3,965	3,965	3,945	3,965
10	3,980	4,010	4,010	4,005	4,030	4,010	4,020	4,010	3,995	4,010	3,995	3,995	4,005	4,000	3,990	4,005
	4,050	4,086	4,085	4,083	4,091	4,093	4,087	4,093	4,069	4,086	4,061	4,076	4,071	4,073	4,066	4,073

Cuadro E.14.- Peso húmedo (g) del concreto patrón a/c=0.45.

Probeta	A 28 días	Ciclos															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	4,104	4,100	4,105	4,105	4,105	4,115	4,115	4,120	4,120	4,115	4,115	4,110	4,125	4,130	4,135	4,135	
2	4,114	4,105	4,110	4,110	4,115	4,120	4,125	4,130	4,130	4,130	4,135	4,130	4,140	4,145	4,135	4,140	
3	4,082	4,075	4,080	4,085	4,090	4,090	4,095	4,105	4,105	4,100	4,105	4,105	4,115	4,115	4,105	4,110	
4	4,148	4,150	4,150	4,155	4,155	4,165	4,160	4,165	4,170	4,175	4,175	4,165	4,170	4,170	4,180	4,160	
5	4,100	4,090	4,100	4,100	4,100	4,110	4,110	4,110	4,125	4,115	4,125	4,120	4,115	4,120	4,130	4,135	
6	4,098	4,090	4,095	4,090	4,095	4,100	4,100	4,110	4,110	4,115	4,110	4,110	4,110	4,115	4,125	4,130	
7	4,082	4,075	4,080	4,085	4,085	4,095	4,090	4,090	4,095	4,095	4,095	4,100	4,100	4,105	4,105	4,120	4,125
8	4,127	4,110	4,115	4,130	4,130	4,135	4,135	4,140	4,140	4,140	4,145	4,140	4,140	4,145	4,150	4,140	
9	4,051	4,045	4,050	4,055	4,055	4,075	4,070	4,065	4,070	4,075	4,075	4,070	4,075	4,070	4,095	4,085	
10	4,038	4,025	4,030	4,035	4,035	4,045	4,040	4,045	4,055	4,055	4,065	4,050	4,055	4,055	4,060	4,040	
	4,094	4,087	4,092	4,095	4,097	4,105	4,104	4,108	4,112	4,111	4,115	4,110	4,115	4,117	4,124	4,120	

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,104	4,135	4,140	4,130	4,130	4,140	4,155	4,160	4,130	4,130	4,125	4,130	4,125	4,125	4,125	4,120
2	4,114	4,155	4,140	4,145	4,155	4,160	4,165	4,160	4,135	4,140	4,130	4,155	4,135	4,130	4,130	4,160
3	4,082	4,120	4,105	4,115	4,120	4,130	4,125	4,125	4,105	4,105	4,110	4,100	4,105	4,120	4,095	4,110
4	4,148	4,185	4,180	4,195	4,180	4,185	4,195	4,180	4,175	4,180	4,175	4,205	4,175	4,180	4,175	4,165
5	4,100	4,120	4,120	4,130	4,120	4,120	4,095	4,125	4,110	4,110	4,065	4,115	4,105	4,125	4,065	4,095
6	4,098	4,140	4,135	4,125	4,135	4,130	4,140	4,125	4,115	4,115	4,110	4,135	4,105	4,120	4,105	4,110
7	4,082	4,115	4,105	4,110	4,115	4,125	4,120	4,110	4,100	4,120	4,105	4,115	4,100	4,100	4,115	4,105
8	4,127	4,150	4,160	4,155	4,160	4,170	4,150	4,175	4,150	4,155	4,140	4,160	4,165	4,160	4,155	4,090
9	4,051	4,080	4,085	4,080	4,070	4,080	4,085	4,075	4,065	4,075	4,080	4,070	4,065	4,090	4,075	4,065
10	4,038	4,065	4,055	4,065	4,060	4,070	4,075	4,065	4,055	4,060	4,060	4,050	4,050	4,055	4,055	4,060
	4,094	4,127	4,123	4,125	4,125	4,131	4,131	4,130	4,114	4,121	4,112	4,125	4,113	4,119	4,112	4,107

Cuadro E.15.- Peso húmedo (g) del concreto patrón a/c=0.50.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,104	4,095	4,100	4,105	4,105	4,105	4,110	4,110	4,115	4,120	4,115	4,115	4,115	4,120	4,125	4,135
2	4,098	4,090	4,095	4,095	4,095	4,100	4,105	4,105	4,110	4,115	4,110	4,110	4,110	4,105	4,115	4,125
3	4,050	4,045	4,050	4,050	4,050	4,055	4,060	4,070	4,065	4,060	4,065	4,065	4,065	4,065	4,065	4,070
4	4,106	4,095	4,100	4,105	4,100	4,105	4,110	4,115	4,115	4,115	4,115	4,115	4,125	4,120	4,125	4,130
5	4,091	4,080	4,090	4,095	4,095	4,115	4,105	4,105	4,105	4,105	4,110	4,115	4,110	4,110	4,110	4,115
6	4,095	4,085	4,090	4,095	4,095	4,110	4,105	4,105	4,110	4,110	4,110	4,110	4,110	4,115	4,135	4,125
7	4,096	4,085	4,090	4,090	4,090	4,095	4,100	4,105	4,100	4,105	4,105	4,105	4,105	4,110	4,115	4,120
8	4,078	4,070	4,070	4,075	4,075	4,075	4,080	4,085	4,090	4,095	4,095	4,095	4,095	4,115	4,105	4,085
9	4,091	4,080	4,085	4,090	4,090	4,100	4,095	4,095	4,100	4,100	4,105	4,100	4,105	4,105	4,115	4,110
10	4,097	4,085	4,090	4,090	4,090	4,095	4,100	4,105	4,105	4,105	4,105	4,105	4,105	4,105	4,125	4,125
	4,090	4,081	4,086	4,089	4,089	4,096	4,097	4,100	4,102	4,103	4,104	4,104	4,105	4,107	4,114	4,114

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,104	4,130	4,120	4,130	4,135	4,135	4,130	4,130	4,115	4,125	4,110	4,125	4,125	4,135	4,140	4,135
2	4,098	4,135	4,120	4,125	4,115	4,120	4,125	4,120	4,115	4,130	4,120	4,120	4,115	4,125	4,120	4,130
3	4,050	4,075	4,070	4,080	4,075	4,080	4,075	4,085	4,070	4,075	4,080	4,075	4,070	4,075	4,075	4,080
4	4,106	4,130	4,130	4,130	4,130	4,130	4,135	4,135	4,125	4,135	4,135	4,145	4,125	4,135	4,135	4,150
5	4,091	4,120	4,115	4,110	4,120	4,115	4,130	4,130	4,115	4,135	4,110	4,115	4,110	4,115	4,110	4,115
6	4,095	4,120	4,115	4,120	4,125	4,120	4,135	4,140	4,120	4,120	4,115	4,115	4,115	4,125	4,125	4,140
7	4,096	4,125	4,120	4,125	4,130	4,125	4,130	4,120	4,115	4,125	4,115	4,115	4,115	4,115	4,120	4,140
8	4,078	4,115	4,100	4,100	4,115	4,110	4,120	4,105	4,095	4,115	4,070	4,100	4,095	4,055	4,105	4,090
9	4,091	4,125	4,105	4,115	4,110	4,130	4,125	4,110	4,105	4,130	4,115	4,115	4,115	4,115	4,125	4,115
10	4,097	4,115	4,115	4,115	4,110	4,115	4,105	4,125	4,110	4,120	4,105	4,105	4,105	4,115	4,105	4,110
	4,090	4,119	4,111	4,115	4,117	4,118	4,121	4,120	4,109	4,121	4,108	4,113	4,109	4,111	4,116	4,121

Cuadro E.16.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.40 con 5% de microsíllice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,080	4,085	4,085	4,085	4,080	4,105	4,100	4,105	4,110	4,115	4,115	4,110	4,115	4,115	4,105	4,105
2	4,040	4,035	4,040	4,025	4,030	4,035	4,035	4,040	4,040	4,040	4,045	4,035	4,040	4,045	4,035	4,070
3	4,090	4,090	4,085	4,075	4,075	4,075	4,080	4,085	4,090	4,090	4,095	4,100	4,105	4,105	4,110	4,115
4	4,125	4,125	4,125	4,120	4,125	4,125	4,125	4,130	4,130	4,125	4,125	4,135	4,140	4,145	4,150	4,150
5	4,100	4,095	4,090	4,090	4,085	4,090	4,085	4,090	4,095	4,090	4,095	4,095	4,100	4,105	4,110	4,110
6	4,090	4,085	4,085	4,080	4,080	4,090	4,085	4,090	4,095	4,095	4,100	4,100	4,100	4,095	4,115	4,110
7	4,075	4,075	4,070	4,065	4,060	4,065	4,065	4,070	4,075	4,070	4,070	4,070	4,075	4,080	4,080	4,090
8	4,095	4,090	4,095	4,085	4,085	4,090	4,100	4,100	4,105	4,105	4,115	4,105	4,105	4,105	4,115	4,120
9	4,070	4,065	4,070	4,065	4,065	4,075	4,075	4,080	4,080	4,080	4,085	4,080	4,075	4,075	4,090	4,090
10	4,105	4,105	4,100	4,100	4,100	4,110	4,110	4,110	4,115	4,115	4,115	4,110	4,115	4,115	4,120	4,125
	4,087	4,085	4,085	4,079	4,079	4,086	4,086	4,090	4,094	4,093	4,096	4,094	4,097	4,099	4,103	4,109

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,080	4,120	4,115	4,115	4,120	4,110	4,115	4,115	4,100	4,120	4,105	4,115	4,095	4,095	4,085	4,085
2	4,040	4,080	4,070	4,080	4,080	4,085	4,080	4,080	4,070	4,085	4,060	4,065	4,100	4,110	4,090	4,110
3	4,090	4,125	4,115	4,115	4,115	4,125	4,120	4,115	4,105	4,125	4,060	4,065	4,100	4,110	4,090	4,090
4	4,125	4,155	4,150	4,155	4,150	4,155	4,165	4,160	4,150	4,160	4,145	4,145	4,150	4,150	4,150	4,105
5	4,100	4,120	4,110	4,120	4,125	4,115	4,130	4,115	4,105	4,120	4,120	4,125	4,065	4,070	4,065	4,070
6	4,090	4,115	4,110	4,110	4,120	4,115	4,110	4,115	4,105	4,120	4,110	4,115	4,110	4,135	4,110	4,110
7	4,075	4,095	4,090	4,095	4,100	4,095	4,095	4,100	4,085	4,105	4,070	4,090	4,095	4,105	4,090	4,095
8	4,095	4,120	4,120	4,120	4,125	4,130	4,120	4,130	4,105	4,125	4,080	4,110	4,110	4,120	4,105	4,105
9	4,070	4,095	4,095	4,095	4,105	4,105	4,110	4,100	4,090	4,100	4,090	4,100	4,120	4,115	4,100	4,100
10	4,105	4,130	4,125	4,130	4,135	4,135	4,130	4,130	4,125	4,140	4,125	4,135	4,120	4,135	4,130	4,110
	4,087	4,116	4,110	4,114	4,118	4,117	4,118	4,116	4,104	4,120	4,097	4,107	4,107	4,113	4,102	4,098

Cuadro E.17.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsilice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,091	4,050	4,085	4,070	4,081	4,095	4,100	4,100	4,100	4,105	4,105	4,115	4,120	4,125	4,120	
2	4,131	4,125	4,120	4,120	4,120	4,125	4,115	4,125	4,135	4,140	4,135	4,140	4,145	4,140	4,145	
3	4,001	3,985	3,990	3,980	3,985	3,990	3,990	3,995	3,995	4,000	4,005	4,005	4,010	4,000	4,015	
4	4,035	4,020	4,020	4,020	4,020	4,025	4,020	4,025	4,030	4,030	4,035	4,010	4,080	4,085	4,095	
5	4,013	4,000	4,005	4,000	4,000	4,005	4,000	4,000	4,005	4,010	4,015	4,010	4,030	4,030	4,040	
6	3,994	3,985	3,985	3,980	3,980	3,995	4,000	4,010	4,015	4,015	4,020	4,020	4,025	4,035	4,040	
7	4,079	4,070	4,070	4,060	4,060	4,065	4,065	4,070	4,070	4,080	4,085	4,090	4,095	4,105	4,120	
8	4,017	4,000	4,005	4,000	3,995	4,005	4,005	4,010	4,010	4,015	4,020	4,010	4,010	4,045	4,035	
9	4,025	4,015	4,025	4,015	4,020	4,025	4,030	4,030	4,035	4,045	4,045	4,030	4,050	4,055	4,070	
10	4,054	4,045	4,045	4,040	4,050	4,065	4,070	4,065	4,070	4,060	4,070	4,075	4,080	4,090	4,095	
	4,044	4,030	4,035	4,029	4,031	4,040	4,040	4,043	4,047	4,050	4,053	4,050	4,064	4,072	4,077	

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,091	4,125	4,120	4,120	4,125	4,130	4,115	4,125	4,110	4,130	4,115	4,125	4,125	4,130	4,115	4,115
2	4,131	4,145	4,140	4,150	4,155	4,160	4,150	4,155	4,145	4,155	4,145	4,155	4,150	4,155	4,150	4,150
3	4,001	4,035	4,025	4,035	4,035	4,040	4,045	4,040	4,025	4,050	4,025	4,035	4,030	4,035	4,035	4,050
4	4,035	4,100	4,090	4,090	4,090	4,095	4,100	4,095	4,070	4,105	4,095	4,085	4,085	4,110	4,090	4,100
5	4,013	4,060	4,055	4,055	4,055	4,060	4,065	4,065	4,055	4,065	4,065	4,060	4,050	4,050	4,050	4,020
6	3,994	4,045	4,030	4,035	4,045	4,035	4,040	4,045	4,030	4,055	4,040	4,035	4,025	4,035	4,025	4,020
7	4,079	4,130	4,130	4,125	4,135	4,135	4,130	4,130	4,125	4,130	4,115	4,120	4,120	4,120	4,125	4,110
8	4,017	4,065	4,060	4,070	4,070	4,065	4,050	4,070	4,050	4,075	4,055	4,065	4,055	4,055	4,045	4,050
9	4,025	4,065	4,065	4,065	4,075	4,080	4,089	4,085	4,055	4,085	4,045	4,060	4,060	4,065	4,060	4,045
10	4,054	4,100	4,095	4,100	4,095	4,095	4,100	4,100	4,090	4,115	4,100	4,100	4,095	4,110	4,095	4,095
	4,044	4,087	4,081	4,085	4,088	4,090	4,088	4,091	4,076	4,097	4,080	4,084	4,080	4,087	4,079	4,076

Cuadro E.18.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.40 con 10% de microsilice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,004	3,995	4,000	3,990	3,990	3,995	3,995	4,000	4,005	4,005	4,005	4,000	3,985	3,990	4,010	4,035
2	4,038	4,025	4,025	4,025	4,025	4,035	4,030	4,040	4,040	4,045	4,045	4,045	4,050	4,045	4,060	4,060
3	4,013	4,000	4,010	4,010	4,010	4,015	4,015	4,025	4,025	4,025	4,030	4,030	4,035	4,050	4,040	4,045
4	4,037	4,025	4,025	4,030	4,030	4,030	4,030	4,040	4,045	4,045	4,050	4,050	4,050	4,060	4,065	4,070
5	4,010	4,000	4,000	3,995	3,995	4,005	4,005	4,010	4,010	4,010	4,015	4,000	4,025	4,020	4,035	4,045
6	4,056	4,045	4,050	4,040	4,045	4,070	4,075	4,075	4,075	4,075	4,075	4,040	4,055	4,085	4,095	4,080
7	4,044	4,035	4,035	4,030	4,040	4,050	4,055	4,060	4,065	4,065	4,065	4,065	4,075	4,075	4,080	4,090
8	4,089	4,075	4,085	4,075	4,080	4,095	4,095	4,095	4,105	4,105	4,110	4,100	4,115	4,125	4,125	4,125
9	4,010	4,005	4,000	4,005	4,000	4,020	4,010	4,015	4,020	4,015	4,030	4,020	4,030	4,040	4,060	4,060
10	4,109	4,100	4,095	4,090	4,100	4,095	4,100	4,110	4,110	4,115	4,125	4,125	4,130	4,140	4,140	4,140
	4,041	4,031	4,033	4,029	4,032	4,041	4,041	4,047	4,050	4,051	4,055	4,048	4,055	4,063	4,071	4,075

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,004	4,055	4,040	4,055	4,060	4,055	4,045	4,060	4,050	4,060	4,055	4,045	4,050	4,065	4,040	4,060
2	4,038	4,075	4,060	4,070	4,070	4,070	4,070	4,080	4,075	4,090	4,085	4,080	4,080	4,080	4,080	4,090
3	4,013	4,060	4,055	4,050	4,055	4,055	4,060	4,065	4,060	4,065	4,065	4,065	4,055	4,055	4,060	4,045
4	4,037	4,075	4,070	4,075	4,075	4,080	4,085	4,080	4,070	4,085	4,050	4,075	4,075	4,080	4,080	4,085
5	4,010	4,050	4,050	4,045	4,040	4,045	4,050	4,060	4,045	4,065	4,050	4,045	4,060	4,055	4,045	4,055
6	4,056	4,110	4,110	4,105	4,100	4,110	4,110	4,115	4,090	4,105	4,110	4,095	4,095	4,100	4,095	4,105
7	4,044	4,090	4,090	4,095	4,090	4,080	4,095	4,095	4,085	4,105	4,050	4,095	4,080	4,050	4,075	4,075
8	4,089	4,145	4,130	4,135	4,135	4,145	4,135	4,140	4,115	4,145	4,120	4,125	4,125	4,135	4,125	4,140
9	4,010	4,060	4,060	4,055	4,065	4,055	4,060	4,060	4,055	4,070	4,065	4,065	4,045	4,050	4,060	4,070
10	4,109	4,150	4,140	4,145	4,145	4,150	4,155	4,155	4,135	4,155	4,115	4,140	4,145	4,145	4,140	4,140
	4,041	4,087	4,081	4,083	4,084	4,085	4,087	4,091	4,078	4,095	4,077	4,083	4,081	4,082	4,080	4,087

Cuadro E.19.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.45 con 5% de microsíllice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,195	4,180	4,180	4,185	4,185	4,190	4,195	4,195	4,195	4,195	4,200	4,195	4,200	4,200	4,205	4,195
2	4,014	4,005	4,005	4,005	4,005	4,015	4,015	4,020	4,015	4,025	4,025	4,020	4,015	4,020	4,020	4,020
3	4,016	4,010	4,005	4,010	4,010	4,025	4,025	4,020	4,025	4,025	4,025	4,025	4,020	4,040	4,035	4,045
4	4,052	4,040	4,040	4,045	4,045	4,050	4,055	4,055	4,060	4,060	4,060	4,055	4,060	4,065	4,080	4,070
5	4,037	4,025	4,030	4,030	4,035	4,040	4,045	4,045	4,050	4,050	4,055	4,055	4,055	4,065	4,050	4,060
6	4,084	4,075	4,075	4,078	4,075	4,080	4,085	4,090	4,085	4,090	4,095	4,095	4,085	4,095	4,105	4,110
7	4,083	4,070	4,070	4,075	4,075	4,090	4,095	4,095	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090	4,095	4,105	4,105
8	4,081	4,070	4,070	4,060	4,065	4,095	4,090	4,095	4,095	4,095	4,100	4,105	4,095	4,100	4,130	4,115
9	4,106	4,095	4,095	4,095	4,095	4,100	4,105	4,110	4,115	4,110	4,115	4,115	4,125	4,125	4,135	4,125
10	4,066	4,055	4,055	4,055	4,060	4,060	4,065	4,060	4,065	4,070	4,070	4,060	4,070	4,075	4,095	4,085
	4,073	4,063	4,063	4,064	4,065	4,075	4,078	4,079	4,080	4,081	4,084	4,082	4,082	4,088	4,096	4,093

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,195	4,200	4,195	4,200	4,200	4,195	4,195	4,195	4,185	4,200	4,185	4,190	4,190	4,190	4,185	4,150
2	4,014	4,025	4,025	4,025	4,035	4,030	4,025	4,025	4,035	4,075	4,095	4,090	4,050	4,060	4,065	4,050
3	4,016	4,040	4,040	4,030	4,025	4,035	4,025	4,035	4,020	4,035	4,015	4,025	4,020	4,030	4,030	4,030
4	4,052	4,075	4,070	4,075	4,080	4,075	4,075	4,085	4,060	4,070	4,060	4,060	4,065	4,065	4,055	4,075
5	4,037	4,070	4,055	4,065	4,055	4,060	4,070	4,070	4,060	4,065	4,055	4,055	4,060	4,095	4,115	4,115
6	4,084	4,120	4,100	4,105	4,115	4,095	4,115	4,105	4,085	4,090	4,100	4,090	3,995	4,015	4,015	4,015
7	4,083	4,110	4,100	4,100	4,105	4,110	4,110	4,105	4,085	4,105	4,105	4,095	4,090	4,095	4,085	4,090
8	4,081	4,120	4,110	4,115	4,105	4,115	4,115	4,125	4,055	4,110	4,110	4,010	4,015	4,020	4,015	4,030
9	4,106	4,130	4,125	4,120	4,130	4,125	4,130	4,125	4,105	4,120	4,110	4,115	4,110	4,115	4,115	4,125
10	4,066	4,090	4,085	4,080	4,090	4,090	4,075	4,080	4,070	4,095	4,065	4,075	4,080	4,030	4,030	4,040
	4,073	4,098	4,091	4,092	4,094	4,093	4,094	4,095	4,076	4,097	4,090	4,081	4,068	4,072	4,071	4,072

Cuadro E.20.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsíllice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,061	4,040	4,045	4,050	4,045	4,060	4,065	4,070	4,070	4,065	4,065	4,065	4,085	4,090	4,100	4,095
2	4,123	4,105	4,115	4,115	4,115	4,135	4,135	4,135	4,140	4,135	4,135	4,135	4,130	4,145	4,155	4,155
3	4,018	4,005	4,005	4,005	4,010	4,025	4,025	4,030	4,040	4,035	4,030	4,035	4,045	4,045	4,055	4,055
4	4,013	3,995	4,000	4,000	4,000	4,000	4,005	4,010	4,010	4,010	4,015	4,015	4,010	4,030	4,045	4,045
5	4,091	4,080	4,085	4,090	4,090	4,095	4,095	4,100	4,090	4,100	4,100	4,105	4,105	4,110	4,105	4,105
6	4,065	4,050	4,055	4,055	4,050	4,060	4,065	4,070	4,070	4,070	4,075	4,075	4,070	4,075	4,075	4,085
7	4,128	4,120	4,120	4,128	4,120	4,125	4,130	4,130	4,135	4,130	4,135	4,120	4,125	4,130	4,145	4,175
8	4,125	4,110	4,110	4,120	4,120	4,120	4,125	4,125	4,130	4,130	4,135	4,125	4,130	4,135	4,140	4,135
9	4,113	4,095	4,100	4,100	4,105	4,115	4,115	4,125	4,125	4,120	4,130	4,135	4,130	4,135	4,130	4,145
10	4,116	4,100	4,100	4,110	4,110	4,115	4,115	4,120	4,125	4,120	4,125	4,125	4,130	4,135	4,145	4,135
	4,085	4,070	4,074	4,077	4,077	4,085	4,088	4,092	4,094	4,092	4,095	4,094	4,096	4,103	4,110	4,113

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,061	4,090	4,090	4,090	4,090	4,085	4,085	4,090	4,075	4,095	4,080	4,075	4,075	4,080	4,080	4,080
2	4,123	4,160	4,150	4,150	4,150	4,135	4,135	4,155	4,140	4,165	4,115	4,140	4,140	4,145	4,140	4,135
3	4,018	4,060	4,050	4,055	4,055	4,055	4,040	4,050	4,030	4,030	4,030	3,995	4,035	4,085	4,075	4,080
4	4,013	4,045	4,045	4,045	4,040	4,045	4,035	4,035	4,020	4,050	4,030	4,040	4,030	4,030	4,030	4,020
5	4,091	4,120	4,110	4,120	4,125	4,125	4,125	4,125	4,105	4,105	4,115	4,115	4,105	4,120	4,105	4,105
6	4,065	4,085	4,080	4,080	4,085	4,080	4,080	4,080	4,070	4,075	4,075	4,070	4,075	4,075	4,070	4,070
7	4,128	4,180	4,175	4,175	4,170	4,170	4,175	4,170	4,155	4,120	4,155	4,160	4,150	4,145	4,150	4,155
8	4,125	4,150	4,140	4,145	4,135	4,150	4,155	4,160	4,140	4,150	4,140	4,150	4,140	4,135	4,125	4,135
9	4,113	4,145	4,145	4,140	4,135	4,145	4,150	4,145	4,135	4,145	4,125	4,125	4,125	4,140	4,125	4,125
10	4,116	4,140	4,140	4,135	4,135	4,130	4,125	4,145	4,125	4,155	4,145	4,150	4,130	4,150	4,145	4,135
	4,085	4,118	4,113	4,114	4,112	4,112	4,111	4,116	4,100	4,109	4,101	4,102	4,101	4,111	4,105	4,104

Cuadro E.21.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.45 con 10% de microsilice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,135	4,120	4,125	4,125	4,120	4,130	4,130	4,135	4,140	4,140	4,140	4,140	4,145	4,140	4,155	4,155
2	4,127	4,115	4,115	4,110	4,115	4,125	4,125	4,125	4,125	4,130	4,135	4,130	4,125	4,125	4,140	4,140
3	4,158	4,145	4,145	4,140	4,140	4,145	4,150	4,155	4,160	4,160	4,165	4,165	4,155	4,145	4,175	4,175
4	4,196	4,180	4,180	4,180	4,185	4,190	4,190	4,195	4,195	4,190	4,195	4,200	4,190	4,200	4,185	4,205
5	4,159	4,145	4,145	4,145	4,140	4,150	4,150	4,150	4,150	4,155	4,155	4,155	4,155	4,170	4,175	4,170
6	4,110	4,095	4,095	4,095	4,090	4,095	4,100	4,105	4,105	4,105	4,115	4,115	4,125	4,125	4,120	4,120
7	4,126	4,110	4,115	4,110	4,110	4,135	4,135	4,135	4,135	4,135	4,140	4,140	4,120	4,130	4,150	4,150
8	4,151	4,140	4,135	4,130	4,130	4,140	4,145	4,150	4,145	4,150	4,155	4,155	4,155	4,160	4,160	4,165
9	4,164	4,150	4,155	4,150	4,140	4,150	4,150	4,155	4,165	4,170	4,160	4,155	4,170	4,170	4,185	4,180
10	4,151	4,135	4,140	4,135	4,135	4,140	4,145	4,150	4,155	4,155	4,155	4,155	4,160	4,170	4,170	4,180
	4,148	4,134	4,135	4,132	4,131	4,140	4,142	4,146	4,148	4,149	4,152	4,151	4,150	4,154	4,162	4,164

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,135	4,165	4,160	4,165	4,160	4,170	4,170	4,175	4,165	4,180	4,170	4,170	4,170	4,170	4,170	4,165
2	4,127	4,150	4,145	4,150	4,150	4,150	4,150	4,155	4,140	4,160	4,155	4,150	4,160	4,160	4,155	4,145
3	4,158	4,175	4,175	4,180	4,185	4,185	4,185	4,185	4,180	4,185	4,175	4,180	4,185	4,185	4,190	4,190
4	4,196	4,220	4,210	4,220	4,220	4,215	4,220	4,230	4,215	4,230	4,230	4,225	4,230	4,225	4,225	4,235
5	4,159	4,175	4,170	4,175	4,180	4,180	4,175	4,185	4,180	4,185	4,180	4,180	4,185	4,190	4,180	4,180
6	4,110	4,135	4,130	4,135	4,130	4,135	4,140	4,140	4,135	4,150	4,130	4,140	4,135	4,145	4,135	4,135
7	4,126	4,155	4,155	4,160	4,155	4,165	4,165	4,165	4,155	4,170	4,140	4,160	4,165	4,165	4,150	4,125
8	4,151	4,175	4,165	4,170	4,175	4,180	4,175	4,175	4,170	4,180	4,150	4,175	4,175	4,180	4,175	4,180
9	4,164	4,200	4,185	4,190	4,195	4,195	4,195	4,195	4,200	4,185	4,195	4,175	4,185	4,190	4,185	4,185
10	4,151	4,180	4,175	4,180	4,175	4,180	4,180	4,185	4,185	4,185	4,175	4,170	4,175	4,180	4,180	4,175
	4,148	4,173	4,167	4,173	4,173	4,176	4,176	4,180	4,171	4,182	4,168	4,174	4,177	4,180	4,175	4,172

Cuadro E.22.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.50 con 5% de microsilice.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,145	4,120	4,130	4,130	4,125	4,135	4,135	4,145	4,145	4,140	4,145	4,140	4,145	4,155	4,155	4,150
2	4,075	4,060	4,065	4,065	4,060	4,075	4,080	4,085	4,085	4,095	4,095	4,095	4,080	4,085	4,165	4,110
3	3,997	3,975	3,980	3,985	3,990	4,020	4,010	4,015	4,015	4,005	4,000	4,000	4,010	4,020	4,040	4,030
4	4,061	4,050	4,050	4,050	4,050	4,055	4,060	4,060	4,060	4,065	4,070	4,060	4,070	4,065	4,075	4,085
5	4,040	4,015	4,020	4,025	4,030	4,035	4,040	4,045	4,050	4,045	4,050	4,055	4,045	4,050	4,060	4,060
6	4,052	4,035	4,035	4,035	4,040	4,045	4,045	4,045	4,050	4,050	4,055	4,045	4,050	4,050	4,060	4,060
7	3,988	3,975	3,975	3,975	3,975	4,010	3,995	3,995	4,000	3,995	4,000	3,995	3,995	4,005	4,010	4,005
8	4,075	4,060	4,065	4,065	4,065	4,075	4,075	4,080	4,080	4,075	4,085	4,080	4,080	4,075	4,090	4,105
9	4,051	4,030	4,035	4,035	4,040	4,045	4,040	4,050	4,050	4,050	4,055	4,045	4,045	4,050	4,060	4,075
10	4,132	4,115	4,120	4,120	4,120	4,120	4,130	4,135	4,135	4,140	4,140	4,125	4,145	4,160	4,170	4,170
	4,061	4,044	4,048	4,049	4,050	4,062	4,061	4,066	4,067	4,066	4,069	4,063	4,066	4,071	4,087	4,084

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,145	4,160	4,150	4,155	4,165	4,150	4,155	4,175	4,145	4,190	4,150	4,155	4,150	4,160	4,150	4,145
2	4,075	4,105	4,100	4,100	4,100	4,100	4,095	4,105	4,075	4,110	4,065	4,085	4,085	4,095	4,080	4,075
3	3,997	4,040	4,010	4,025	4,025	4,020	4,005	4,010	4,005	4,045	4,010	4,105	4,115	4,120	4,110	4,105
4	4,061	4,085	4,080	4,080	4,070	4,085	4,090	4,085	4,065	4,075	4,055	4,065	4,055	4,060	4,055	4,045
5	4,040	4,070	4,065	4,070	4,065	4,070	4,070	4,070	4,045	4,065	4,050	4,060	4,045	4,070	4,040	4,050
6	4,052	4,075	4,060	4,055	4,075	4,065	4,055	4,055	4,040	4,065	4,055	4,055	4,050	4,055	4,040	4,050
7	3,988	4,015	4,005	4,010	4,005	4,015	3,995	4,010	3,990	4,000	3,960	3,990	3,985	4,020	3,995	4,020
8	4,075	4,090	4,090	4,085	4,105	4,100	4,100	4,085	4,075	4,090	4,045	4,075	4,070	4,075	4,075	4,095
9	4,051	4,070	4,075	4,065	4,065	4,065	4,075	4,060	4,040	4,070	4,020	4,060	4,065	4,070	4,065	4,080
10	4,132	4,160	4,155	4,150	4,150	4,160	4,165	4,150	4,135	4,145	4,135	4,155	4,135	4,135	4,135	4,155
	4,061	4,087	4,079	4,080	4,083	4,083	4,081	4,081	4,062	4,086	4,055	4,081	4,076	4,086	4,075	4,082

Cuadro E.23.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsilíce.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,191	4,180	4,175	4,170	4,165	4,185	4,175	4,175	4,180	4,185	4,185	4,185	4,185	4,200	4,195	4,195
2	4,182	4,165	4,170	4,160	4,160	4,165	4,155	4,160	4,160	4,165	4,165	4,165	4,165	4,185	4,175	4,160
3	4,177	4,165	4,160	4,160	4,160	4,160	4,155	4,160	4,160	4,155	4,155	4,160	4,165	4,170	4,175	4,175
4	4,223	4,205	4,205	4,200	4,195	4,200	4,205	4,205	4,205	4,205	4,210	4,205	4,210	4,205	4,215	4,215
5	4,177	4,160	4,160	4,155	4,155	4,155	4,160	4,160	4,160	4,155	4,155	4,155	4,160	4,165	4,180	4,185
6	4,190	4,175	4,170	4,170	4,165	4,165	4,165	4,170	4,165	4,170	4,170	4,175	4,180	4,190	4,200	4,210
7	4,201	4,185	4,180	4,185	4,180	4,185	4,185	4,180	4,185	4,185	4,185	4,185	4,185	4,190	4,200	4,205
8	4,210	4,195	4,190	4,190	4,190	4,190	4,195	4,195	4,195	4,200	4,200	4,205	4,200	4,210	4,225	4,205
9	4,164	4,150	4,145	4,145	4,145	4,155	4,150	4,150	4,150	4,155	4,155	4,155	4,155	4,160	4,165	4,165
10	4,199	4,180	4,180	4,175	4,175	4,185	4,185	4,185	4,190	4,190	4,190	4,185	4,195	4,200	4,215	4,210
	4,191	4,176	4,174	4,171	4,169	4,175	4,173	4,174	4,175	4,177	4,177	4,178	4,180	4,188	4,195	4,193

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,191	4,210	4,200	4,205	4,205	4,205	4,205	4,210	4,200	4,220	4,185	4,210	4,210	4,210	4,205	4,190
2	4,182	4,195	4,185	4,195	4,195	4,200	4,200	4,205	4,190	4,200	4,185	4,195	4,195	4,195	4,195	4,195
3	4,177	4,185	4,180	4,190	4,195	4,200	4,195	4,200	4,190	4,200	4,180	4,190	4,195	4,195	4,190	4,190
4	4,223	4,220	4,220	4,225	4,225	4,230	4,235	4,220	4,235	4,225	4,230	4,235	4,235	4,230	4,215	4,235
5	4,177	4,190	4,185	4,215	4,200	4,195	4,195	4,195	4,190	4,195	4,190	4,185	4,190	4,200	4,195	4,185
6	4,190	4,215	4,210	4,215	4,220	4,220	4,220	4,210	4,210	4,215	4,200	4,210	4,200	4,200	4,200	4,190
7	4,201	4,210	4,210	4,210	4,210	4,215	4,210	4,220	4,210	4,215	4,205	4,210	4,210	4,215	4,210	4,210
8	4,210	4,225	4,215	4,190	4,225	4,235	4,235	4,230	4,225	4,235	4,220	4,230	4,225	4,225	4,220	4,225
9	4,164	4,175	4,165	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175	4,170	4,190	4,185	4,180	4,185	4,185	4,175	4,175
10	4,199	4,220	4,215	4,220	4,220	4,220	4,225	4,225	4,205	4,220	4,220	4,220	4,220	4,215	4,210	4,210
	4,191	4,205	4,199	4,204	4,207	4,209	4,209	4,211	4,201	4,213	4,200	4,206	4,207	4,207	4,202	4,201

Cuadro E.24.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.50 con 10% de microsilíce.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,037	4,025	4,025	4,010	4,015	4,025	4,025	4,025	4,025	4,030	4,040	4,045	4,050	4,050	4,065	4,065
2	4,050	4,035	4,040	4,030	4,030	4,035	4,035	4,030	4,040	4,040	4,050	4,055	4,045	4,050	4,055	4,060
3	4,076	4,060	4,065	4,060	4,060	4,070	4,055	4,060	4,070	4,070	4,075	4,070	4,075	4,085	4,110	4,110
4	4,084	4,070	4,075	4,065	4,075	4,075	4,075	4,075	4,085	4,085	4,090	4,085	4,085	4,075	4,085	4,095
5	4,100	4,085	4,085	4,080	4,085	4,085	4,090	4,095	4,095	4,100	4,105	4,100	4,100	4,105	4,105	4,095
6	4,125	4,110	4,110	4,105	4,105	4,110	4,105	4,120	4,125	4,125	4,130	4,125	4,130	4,135	4,140	4,120
7	4,096	4,075	4,080	4,075	4,075	4,090	4,095	4,095	4,105	4,105	4,110	4,105	4,095	4,095	4,115	4,120
8	4,124	4,110	4,110	4,105	4,105	4,120	4,115	4,115	4,125	4,120	4,125	4,125	4,125	4,135	4,145	4,145
9	4,097	4,080	4,080	4,080	4,075	4,085	4,085	4,090	4,090	4,095	4,100	4,095	4,095	4,100	4,115	4,120
10	4,027	4,000	4,010	4,010	4,015	4,025	4,030	4,030	4,025	4,030	4,035	4,035	4,030	4,045	4,045	4,045
	4,081	4,065	4,068	4,062	4,064	4,072	4,071	4,074	4,079	4,080	4,086	4,084	4,083	4,088	4,098	4,098

Probeta	A 28 días	Ciclos															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	4,037	4,070	4,065	4,070	4,065	4,070	4,070	4,070	4,070	4,060	4,085	4,070	4,060	4,070	4,065	4,060	4,060
2	4,050	4,080	4,070	4,080	4,080	4,075	4,085	4,070	4,055	4,095	4,050	4,075	4,075	4,100	4,090	4,080	4,080
3	4,076	4,120	4,110	4,115	4,120	4,110	4,120	4,115	4,100	4,130	4,080	4,110	4,100	4,110	4,105	4,105	4,105
4	4,084	4,105	4,095	4,110	4,115	4,100	4,110	4,115	4,100	4,110	4,090	4,115	4,100	4,105	4,100	4,100	4,100
5	4,100	4,120	4,105	4,120	4,125	4,125	4,130	4,135	4,115	4,130	4,120	4,120	4,125	4,125	4,120	4,125	4,125
6	4,125	4,155	4,135	4,150	4,145	4,150	4,150	4,160	4,150	4,160	4,115	4,150	4,150	4,170	4,150	4,145	4,145
7	4,096	4,130	4,125	4,130	4,135	4,130	4,115	4,125	4,115	4,125	4,110	4,120	4,125	4,130	4,120	4,125	4,125
8	4,124	4,150	4,145	4,150	4,145	4,155	4,150	4,155	4,140	4,155	4,145	4,145	4,145	4,145	4,145	4,135	4,140
9	4,097	4,120	4,110	4,120	4,115	4,130	4,135	4,130	4,110	4,135	4,105	4,130	4,115	4,120	4,115	4,130	4,130
10	4,027	4,055	4,035	4,055	4,035	4,045	4,050	4,060	4,050	4,065	4,045	4,045	4,045	4,065	4,055	4,040	4,040
	4,081	4,111	4,100	4,110	4,108	4,109	4,112	4,114	4,100	4,119	4,093	4,107	4,105	4,114	4,105	4,105	4,105

E.3 Peso seco promedio en cada ciclo de corrosión acelerada del concreto

Cuadro E.25.- Peso seco (gramos) promedio en cada ciclo de corrosión acelerada del concreto.

Ciclo	Concreto											
	a/c=0.50				a/c=0.45				a/c=0.40			
	Patrón	5%Mi	7.5%Mi	10%Mi	Patrón	5%Mi	7.5%Mi	10%Mi	Patrón	5%Mi	7.5%Mi	10%Mi
1	3981	3980	4143	4031	3982	4012	4021	4086	3957	4030	3992	3990
2	3940	3965	4132	4002	3948	3978	3989	4054	3909	4006	3952	3960
3	3994	4001	4156	4034	4016	4025	4028	4085	3976	4054	4004	4004
4	4010	4013	4153	4043	4028	4031	4043	4093	3986	4058	4012	4014
5	4008	4025	4157	4047	4031	4045	4049	4107	3986	4062	4016	4015
6	4031	4037	4159	4053	4049	4050	4057	4120	4006	4072	4025	4024
7	4050	4044	4166	4063	4068	4054	4068	4130	4023	4075	4028	4037
8	4019	4030	4163	4060	4031	4052	4058	4114	3995	4065	4018	4031
9	4041	4035	4162	4067	4040	4056	4060	4122	4015	4072	4034	4037
10	4031	4022	4155	4070	4042	4053	4054	4125	4007	4064	4018	4021
11	4019	4023	4144	4060	4037	4044	4050	4112	4014	4063	4022	4012
12	4040	4024	4160	4064	4040	4053	4065	4126	4010	4066	4030	4029
13	4048	4031	4168	4068	4058	4054	4072	4129	4037	4075	4045	4042
14	4054	4042	4174	4076	4063	4060	4080	4141	4023	4073	4045	4044
15	4066	4049	4175	4078	4064	4064	4088	4142	4036	4086	4054	4059
16	4067	4048	4182	4089	4080	4066	4082	4155	4029	4091	4054	4063
17	4053	4043	4178	4079	4076	4058	4079	4147	4043	4085	4058	4061
18	4042	4029	4182	4079	4054	4055	4071	4138	4016	4075	4051	4056
19	4052	4028	4183	4075	4059	4051	4066	4141	4028	4080	4051	4040
20	4046	4032	4180	4078	4052	4046	4070	4140	4016	4072	4042	4042
21	4072	4042	4182	4089	4080	4061	4076	4154	4032	4090	4059	4063
22	4055	4035	4177	4070	4070	4050	4072	4129	4026	4076	4047	4039
23	4048	4019	4173	4066	4060	4036	4054	4140	4010	4069	4040	4047
24	4044	4021	4175	4073	4040	4034	4062	4135	4011	4066	4048	4045
25	4056	4031	4163	4072	4052	4045	4050	4142	4010	4064	4056	4043
26	4025	4007	4139	4038	4022	3998	4025	4106	3980	4033	4008	4017
27	4048	4030	4170	4070	4048	4027	4059	4135	4003	4063	4035	4041
28	4045	4031	4159	4069	4037	4021	4062	4142	4000	4055	4036	4039
29	4040	4024	4149	4059	4038	4028	4056	4138	3989	4046	4032	4033
30	4058	4034	4154	4065	4042	4030	4062	4135	4001	4055	4033	4044

Cuadro E.23.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsilíce.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,191	4,180	4,175	4,170	4,165	4,185	4,175	4,175	4,180	4,185	4,185	4,185	4,185	4,200	4,195	4,195
2	4,182	4,165	4,170	4,160	4,160	4,165	4,155	4,160	4,160	4,165	4,165	4,165	4,165	4,185	4,175	4,160
3	4,177	4,165	4,160	4,160	4,160	4,160	4,155	4,160	4,160	4,155	4,155	4,160	4,165	4,170	4,175	4,175
4	4,223	4,205	4,205	4,200	4,195	4,200	4,205	4,205	4,205	4,205	4,210	4,205	4,210	4,205	4,215	4,215
5	4,177	4,160	4,160	4,155	4,155	4,155	4,160	4,160	4,160	4,155	4,155	4,155	4,160	4,165	4,180	4,185
6	4,190	4,175	4,170	4,170	4,165	4,165	4,165	4,170	4,165	4,170	4,170	4,175	4,180	4,190	4,200	4,210
7	4,201	4,185	4,180	4,185	4,180	4,185	4,185	4,180	4,185	4,185	4,185	4,185	4,185	4,190	4,200	4,205
8	4,210	4,195	4,190	4,190	4,190	4,190	4,195	4,195	4,195	4,200	4,200	4,205	4,200	4,210	4,225	4,205
9	4,164	4,150	4,145	4,145	4,145	4,155	4,150	4,150	4,150	4,155	4,155	4,155	4,155	4,160	4,165	4,165
10	4,199	4,180	4,180	4,175	4,175	4,185	4,185	4,185	4,190	4,190	4,190	4,185	4,195	4,200	4,215	4,210
	4,191	4,176	4,174	4,171	4,169	4,175	4,173	4,174	4,175	4,177	4,177	4,178	4,180	4,188	4,195	4,193

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	4,191	4,210	4,200	4,205	4,205	4,205	4,205	4,210	4,200	4,220	4,185	4,210	4,210	4,210	4,205	4,190
2	4,182	4,195	4,185	4,195	4,195	4,200	4,200	4,205	4,190	4,200	4,185	4,195	4,195	4,195	4,195	4,195
3	4,177	4,185	4,180	4,190	4,195	4,200	4,195	4,200	4,190	4,200	4,180	4,190	4,195	4,195	4,190	4,190
4	4,223	4,220	4,220	4,225	4,225	4,230	4,235	4,220	4,235	4,225	4,230	4,235	4,235	4,230	4,215	4,235
5	4,177	4,190	4,185	4,215	4,200	4,195	4,195	4,195	4,190	4,195	4,190	4,185	4,190	4,200	4,195	4,185
6	4,190	4,215	4,210	4,215	4,220	4,220	4,220	4,210	4,210	4,215	4,200	4,210	4,200	4,200	4,200	4,190
7	4,201	4,210	4,210	4,210	4,210	4,215	4,210	4,220	4,210	4,215	4,205	4,210	4,210	4,215	4,210	4,210
8	4,210	4,225	4,215	4,190	4,225	4,235	4,235	4,230	4,225	4,235	4,220	4,230	4,225	4,225	4,220	4,225
9	4,164	4,175	4,165	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175	4,170	4,190	4,185	4,180	4,185	4,185	4,175	4,175
10	4,199	4,220	4,215	4,220	4,220	4,220	4,225	4,225	4,205	4,220	4,220	4,220	4,220	4,215	4,210	4,210
	4,191	4,205	4,199	4,204	4,207	4,209	4,209	4,211	4,201	4,213	4,200	4,206	4,207	4,207	4,202	4,201

Cuadro E.24.- Peso húmedo (g) del concreto a/c=0.50 con 10% de microsilíce.

Probeta	A 28 días	Ciclos														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4,037	4,025	4,025	4,010	4,015	4,025	4,025	4,025	4,025	4,030	4,040	4,045	4,050	4,050	4,065	4,065
2	4,050	4,035	4,040	4,030	4,030	4,035	4,035	4,030	4,040	4,040	4,050	4,055	4,045	4,050	4,055	4,060
3	4,076	4,060	4,065	4,060	4,060	4,070	4,055	4,060	4,070	4,070	4,075	4,070	4,075	4,085	4,110	4,110
4	4,084	4,070	4,075	4,065	4,075	4,075	4,075	4,075	4,085	4,085	4,090	4,085	4,085	4,075	4,085	4,095
5	4,100	4,085	4,085	4,080	4,085	4,085	4,090	4,095	4,095	4,100	4,105	4,100	4,100	4,105	4,105	4,095
6	4,125	4,110	4,110	4,105	4,105	4,110	4,105	4,120	4,125	4,125	4,130	4,125	4,130	4,135	4,140	4,120
7	4,096	4,075	4,080	4,075	4,075	4,090	4,095	4,095	4,105	4,105	4,110	4,105	4,095	4,095	4,115	4,120
8	4,124	4,110	4,110	4,105	4,105	4,120	4,115	4,115	4,125	4,120	4,125	4,125	4,125	4,135	4,145	4,145
9	4,097	4,080	4,080	4,080	4,075	4,085	4,085	4,090	4,090	4,095	4,100	4,095	4,095	4,100	4,115	4,120
10	4,027	4,000	4,010	4,010	4,015	4,025	4,030	4,030	4,025	4,030	4,035	4,035	4,030	4,045	4,045	4,045
	4,081	4,065	4,068	4,062	4,064	4,072	4,071	4,074	4,079	4,080	4,086	4,084	4,083	4,088	4,098	4,098

Probeta	A 28 días	Ciclos															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	4,037	4,070	4,065	4,070	4,065	4,070	4,070	4,070	4,070	4,060	4,085	4,070	4,060	4,070	4,065	4,060	4,060
2	4,050	4,080	4,070	4,080	4,080	4,075	4,085	4,070	4,055	4,095	4,050	4,075	4,075	4,100	4,090	4,080	4,080
3	4,076	4,120	4,110	4,115	4,120	4,110	4,120	4,115	4,100	4,130	4,080	4,110	4,100	4,110	4,105	4,105	4,105
4	4,084	4,105	4,095	4,110	4,115	4,100	4,110	4,115	4,100	4,110	4,090	4,115	4,100	4,105	4,100	4,100	4,100
5	4,100	4,120	4,105	4,120	4,125	4,125	4,130	4,135	4,115	4,130	4,120	4,120	4,125	4,125	4,120	4,125	4,125
6	4,125	4,155	4,135	4,150	4,145	4,150	4,150	4,160	4,150	4,160	4,115	4,150	4,150	4,170	4,150	4,145	4,145
7	4,096	4,130	4,125	4,130	4,135	4,130	4,115	4,125	4,115	4,125	4,110	4,120	4,125	4,130	4,120	4,125	4,125
8	4,124	4,150	4,145	4,150	4,145	4,155	4,150	4,155	4,140	4,155	4,145	4,145	4,145	4,145	4,145	4,135	4,140
9	4,097	4,120	4,110	4,120	4,115	4,130	4,135	4,130	4,110	4,135	4,105	4,130	4,115	4,120	4,115	4,130	4,130
10	4,027	4,055	4,035	4,055	4,035	4,045	4,050	4,060	4,050	4,065	4,045	4,045	4,045	4,065	4,055	4,040	4,040
	4,081	4,111	4,100	4,110	4,108	4,109	4,112	4,114	4,100	4,119	4,093	4,107	4,105	4,114	4,105	4,105	4,105

Cuadro E.29.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.40 con 5% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx	Final
1	4080	4120	4085	3960	4090	4035	0	16	30	130	55	3 03	4 04	3 16
2	4040	4110	4110	3945	4095	4095	2	30	30	150	0	2 41	4 18	4.18
3	4090	4125	4090	3990	4095	4030	2	16	30	105	65	2 51	3 38	2 51
4	4125	4165	4105	4035	4140	4065	2	21	30	105	75	2 23	3 22	1 73
5	4100	4130	4070	4030	4085	4025	1	21	30	55	60	1 74	2 48	0 99
6	4090	4135	4110	4015	4060	4065	0	28	30	45	-5	1 87	2 99	2 37
7	4075	4105	4095	4015	4050	4045	2	24	30	35	5	1 49	2 24	1 99
8	4095	4130	4105	3990	4075	4050	2	20	30	85	25	2 63	3 51	2 88
9	4070	4120	4100	3955	4080	4055	0	27	30	125	25	2 91	4 17	3 67
10	4105	4140	4110	4035	4095	4080	2	24	30	60	15	1 73	2 60	1 86
	4087	4128	4098	3997	4087	4055	1	23	30	90	32	2 26	3 28	2 53

Cuadro E.30.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.40 con 7.5% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx	Final
1	4091	4130	4115	3960	4085	4070	2	20	30	125	15	3 31	4 29	3 91
2	4131	4160	4150	4040	4105	4115	0	20	30	65	-10	2 25	2 97	2 72
3	4001	4050	4050	3945	4010	4015	1	24	30	65	-5	1 42	2 66	2 66
4	4035	4110	4100	3945	4045	4045	2	28	30	100	0	2 28	4 18	3 93
5	4013	4065	4020	3955	4035	3985	2	21	30	80	50	1 47	2 78	1 64
6	3994	4055	4020	3845	4010	3975	2	24	30	165	35	3 88	5 46	4 55
7	4079	4135	4110	4005	4075	4060	2	19	30	70	15	1 85	3 25	2 62
8	4017	4075	4050	3935	4015	4010	2	24	30	80	5	2 08	3 56	2 92
9	4025	4089	4045	3950	4045	4005	2	21	30	95	40	1 90	3 52	2 41
10	4054	4115	4095	3925	4065	4045	2	24	30	140	20	3 29	4 84	4 33
	4044	4098	4076	3951	4049	4033	2	23	30	99	17	2 37	3 75	3 17

Cuadro E.31.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.40 con 10% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx	Final
1	4004	4065	4060	3945	3995	4015	2	28	30	50	-20	1 50	3 04	2 92
2	4038	4090	4090	3965	4055	4040	2	24	30	90	15	1 84	3 15	3 15
3	4013	4065	4045	3885	4030	4005	0	22	30	145	25	3 29	4 63	4 12
4	4037	4085	4085	3960	4060	4050	0	21	30	100	10	1 94	3 16	3 16
5	4010	4065	4055	3940	4020	4015	0	24	30	80	5	1 78	3 17	2 92
6	4056	4115	4105	3925	4035	4060	2	22	30	110	-25	3 34	4 84	4 59
7	4044	4105	4075	3930	4065	4040	2	24	30	135	25	2 90	4 45	3 69
8	4089	4145	4140	3975	4120	4100	2	16	30	145	20	2 87	4 28	4 15
9	4010	4070	4070	3945	3990	4010	2	24	30	45	-20	1 65	3 17	3 17
10	4109	4155	4140	3990	4130	4105	0	21	30	140	25	2 98	4 14	3 76
	4041	4096	4087	3946	4050	4044	1	23	30	104	6	2 41	3 80	3 56

Cuadro E.32.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.45 con 5% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4195	4205	4150	4100	4155	4105	2	14	30	55	50	2.32	2.56	1.22
2	4014	4095	4050	3935	3970	4010	1	25	30	35	-40	2.01	4.07	2.92
3	4016	4045	4030	3925	4015	3990	2	15	30	90	25	2.32	3.06	2.68
4	4052	4085	4075	3965	4035	4025	2	22	30	70	10	2.19	3.03	2.77
5	4037	4115	4115	3905	4115	4110	0	29	30	210	5	3.38	5.38	5.38
6	4084	4120	4015	3985	4080	3960	2	16	30	95	120	2.48	3.39	0.75
7	4083	4110	4090	3995	4080	4045	2	16	30	85	35	2.20	2.88	2.38
8	4081	4130	4030	3955	4060	3985	2	14	30	105	75	3.19	4.42	1.90
9	4106	4135	4125	4005	4100	4075	2	14	30	95	25	2.52	3.25	3.00
10	4066	4095	4040	3970	4065	3995	2	14	30	95	70	2.42	3.15	1.76
	4073	4114	4072	3974	4068	4030	2	18	30	94	38	2.50	3.52	2.48

Cuadro E.33.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4061	4100	4080	3975	4065	4035	2	14	30	90	30	2.16	3.14	2.64
2	4123	4165	4135	4020	4115	4100	2	24	30	95	15	2.56	3.61	2.86
3	4018	4085	4080	3880	4030	4045	2	28	30	150	-15	3.56	5.28	5.15
4	4013	4050	4020	3935	4000	3975	2	24	30	65	25	1.98	2.92	2.16
5	4091	4125	4105	3985	4085	4060	0	19	30	100	25	2.66	3.51	3.01
6	4065	4085	4070	3975	4050	4025	2	15	30	75	25	2.26	2.77	2.39
7	4128	4180	4155	4045	4150	4100	2	16	30	105	50	2.05	3.34	2.72
8	4125	4160	4135	4035	4120	4095	2	22	30	85	25	2.23	3.10	2.48
9	4113	4150	4125	3985	4100	4085	2	21	30	115	15	3.21	4.14	3.51
10	4116	4155	4135	4035	4095	4095	2	24	30	60	0	2.01	2.97	2.48
	4085	4126	4104	3987	4081	4062	2	21	30	94	20	2.47	3.48	2.94

Cuadro E.34.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.45 con 10% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Min.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4135	4180	4165	4045	4140	4140	2	24	30	95	0	2.22	3.34	2.97
2	4127	4160	4145	4005	4120	4125	2	24	30	115	-5	3.05	3.87	3.50
3	4158	4190	4190	4060	4150	4155	2	29	30	90	-5	2.41	3.20	3.20
4	4196	4235	4235	4100	4200	4200	2	30	30	100	0	2.34	3.29	3.29
5	4159	4190	4180	4075	4150	4155	2	28	30	75	-5	2.06	2.82	2.58
6	4110	4150	4135	4025	4100	4095	2	24	30	75	5	2.11	3.11	2.73
7	4126	4170	4125	4035	4120	4025	2	24	30	85	95	2.26	3.35	2.23
8	4151	4180	4180	4045	4140	4150	0	20	30	95	-10	2.62	3.34	3.34
9	4164	4200	4185	4080	4180	4150	2	16	30	100	30	2.06	2.94	2.57
10	4151	4185	4175	4060	4155	4150	2	22	30	95	5	2.24	3.08	2.83
	4148	4184	4172	4053	4146	4135	2	24	30	93	11	2.34	3.23	2.92

Cuadro E.32.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.45 con 5% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4195	4205	4150	4100	4155	4105	2	14	30	55	50	2.32	2.56	1.22
2	4014	4095	4050	3935	3970	4010	1	25	30	35	-40	2.01	4.07	2.92
3	4016	4045	4030	3925	4015	3990	2	15	30	90	25	2.32	3.06	2.68
4	4052	4085	4075	3965	4035	4025	2	22	30	70	10	2.19	3.03	2.77
5	4037	4115	4115	3905	4115	4110	0	29	30	210	5	3.38	5.38	5.38
6	4084	4120	4015	3985	4080	3960	2	16	30	95	120	2.48	3.39	0.75
7	4083	4110	4090	3995	4080	4045	2	16	30	85	35	2.20	2.88	2.38
8	4081	4130	4030	3955	4060	3985	2	14	30	105	75	3.19	4.42	1.90
9	4106	4135	4125	4005	4100	4075	2	14	30	95	25	2.52	3.25	3.00
10	4066	4095	4040	3970	4065	3995	2	14	30	95	70	2.42	3.15	1.76
	4073	4114	4072	3974	4068	4030	2	18	30	94	38	2.50	3.52	2.48

Cuadro E.33.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.45 con 7.5% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4061	4100	4080	3975	4065	4035	2	14	30	90	30	2.16	3.14	2.64
2	4123	4165	4135	4020	4115	4100	2	24	30	95	15	2.56	3.61	2.86
3	4018	4085	4080	3880	4030	4045	2	28	30	150	-15	3.56	5.28	5.15
4	4013	4050	4020	3935	4000	3975	2	24	30	65	25	1.98	2.92	2.16
5	4091	4125	4105	3985	4085	4060	0	19	30	100	25	2.66	3.51	3.01
6	4065	4085	4070	3975	4050	4025	2	15	30	75	25	2.26	2.77	2.39
7	4128	4180	4155	4045	4150	4100	2	16	30	105	50	2.05	3.34	2.72
8	4125	4160	4135	4035	4120	4095	2	22	30	85	25	2.23	3.10	2.48
9	4113	4150	4125	3985	4100	4085	2	21	30	115	15	3.21	4.14	3.51
10	4116	4155	4135	4035	4095	4095	2	24	30	60	0	2.01	2.97	2.48
	4085	4126	4104	3987	4081	4062	2	21	30	94	20	2.47	3.48	2.94

Cuadro E.34.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.45 con 10% de microsílíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4135	4180	4165	4045	4140	4140	2	24	30	95	0	2.22	3.34	2.97
2	4127	4160	4145	4005	4120	4125	2	24	30	115	-5	3.05	3.87	3.50
3	4158	4190	4190	4060	4150	4155	2	29	30	90	-5	2.41	3.20	3.20
4	4196	4235	4235	4100	4200	4200	2	30	30	100	0	2.34	3.29	3.29
5	4159	4190	4180	4075	4150	4155	2	28	30	75	-5	2.06	2.82	2.58
6	4110	4150	4135	4025	4100	4095	2	24	30	75	5	2.11	3.11	2.73
7	4126	4170	4125	4035	4120	4025	2	24	30	85	95	2.26	3.35	2.23
8	4151	4180	4180	4045	4140	4150	0	20	30	95	-10	2.62	3.34	3.34
9	4164	4200	4185	4080	4180	4150	2	16	30	100	30	2.06	2.94	2.57
10	4151	4185	4175	4060	4155	4150	2	22	30	95	5	2.24	3.08	2.83
	4148	4184	4172	4053	4146	4135	2	24	30	93	11	2.34	3.23	2.92

Cuadro E.35.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.50 con 5% de microsilíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4145	4190	4145	4020	4110	4105	0	24	30	90	5	3.11	4.23	3.11
2	4075	4165	4075	3935	4060	4035	2	14	30	125	25	3.56	5.84	3.56
3	3997	4120	4105	3895	4065	4060	2	28	30	170	5	2.62	5.78	5.39
4	4061	4090	4045	3970	4055	3995	2	21	30	85	60	2.29	3.02	1.89
5	4040	4070	4050	3910	4035	4005	2	16	30	125	30	3.32	4.09	3.58
6	4052	4075	4050	3970	4030	4000	0	16	30	60	30	2.07	2.64	2.02
7	3988	4020	4020	3890	3960	3960	0	28	30	70	0	2.52	3.34	3.34
8	4075	4105	4095	3980	4060	4045	0	15	30	80	15	2.39	3.14	2.89
9	4051	4080	4080	3960	4030	4030	2	30	30	70	0	2.30	3.03	3.03
10	4132	4170	4155	4040	4125	4105	2	14	30	85	20	2.28	3.22	2.85
	4062	4109	4082	3957	4053	4034	1	21	30	96	19	2.65	3.83	3.17

Cuadro E.36.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.50 con 7.5% de microsilíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4191	4220	4190	4115	4180	4070	2	24	30	65	110	1.85	2.55	1.82
2	4182	4205	4195	4120	4125	4165	1	22	30	5	-40	1.50	2.06	1.82
3	4177	4200	4190	4110	4165	4150	2	20	30	55	15	1.63	2.19	1.95
4	4223	4235	4235	4150	4195	4205	0	22	30	45	-10	1.76	2.05	2.05
5	4177	4215	4185	4110	4170	4140	0	18	30	60	30	1.63	2.55	1.82
6	4190	4220	4190	4075	4175	4155	0	19	30	100	20	2.82	3.56	2.82
7	4201	4220	4210	4125	4190	4175	2	22	30	65	15	1.84	2.30	2.06
8	4210	4235	4225	4155	4195	4165	0	20	30	40	30	1.32	1.93	1.68
9	4164	4190	4175	4105	4155	4140	2	24	30	50	15	1.44	2.07	1.71
10	4199	4225	4210	4105	4210	4170	0	21	30	105	40	2.29	2.92	2.56
	4191	4217	4201	4117	4176	4154	1	21	30	59	23	1.81	2.42	2.03

Cuadro E.37.- Aumento y pérdida de peso seco del concreto a/c=0.50 con 10% de microsilíce.

Probeta	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Ciclo del peso			Peso (g)		Absorción (%)		
	A 28 días	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Mín.	Máx.	Final	Aumento máximo	Pérdida	Inicial	Máx.	Final
1	4037	4085	4060	3965	4045	4025	2	24	30	80	20	1.82	3.03	2.40
2	4050	4100	4080	3975	4055	4030	2	28	30	80	25	1.89	3.14	2.64
3	4076	4130	4105	4015	4090	4095	2	24	30	75	-5	1.52	2.86	2.24
4	4084	4115	4100	3975	4075	4065	0	19	30	100	10	2.74	3.52	3.14
5	4100	4135	4125	4015	4040	4095	2	22	30	25	-55	2.12	2.99	2.74
6	4125	4170	4145	4055	4125	4055	2	28	30	70	70	1.73	2.84	2.22
7	4096	4135	4125	3985	4085	4090	0	19	30	100	-5	2.79	3.76	3.51
8	4124	4155	4140	4060	4130	4105	2	20	30	70	25	1.58	2.34	1.97
9	4097	4135	4130	4010	4095	4090	2	21	30	85	5	2.17	3.12	2.99
10	4027	4065	4040	3930	4030	4000	0	24	30	100	30	2.47	3.44	2.80
	4082	4123	4105	3999	4077	4065	1	23	30	79	12	2.08	3.10	2.67

E.5 Resistencia a la compresión del concreto corroído

Cuadro E.25.- Resistencia a la compresión del concreto patrón a/c=0.50.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	20.40	25,800	309.64	328.44	21.34	6.50
2	10.30	20.40	27,000	324.04			
3	10.30	20.50	29,300	351.64			

Cuadro E.26.- Resistencia a la compresión del concreto patrón a/c=0.45.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.28	20.85	32,900	396.39	371.44	24.21	6.52
2	10.30	20.50	29,000	348.04			
3	10.33	20.50	31,000	369.89			

Cuadro E.27.- Resistencia a la compresión del concreto patrón a/c=0.40.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.33	20.63	32,000	381.82	412.88	27.15	6.57
2	10.30	20.55	36,000	432.05			
3	10.33	20.55	35,600	424.78			

Cuadro E.28.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 + 5%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.28	20.25	55,300	666.27	666.22	23.90	3.59
2	10.30	20.40	57,500	690.09			
3	10.25	20.35	53,000	642.30			

Cuadro E.29.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 + 7.5%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.25	20.45	73,200	887.10	878.50	8.61	0.98
2	10.30	20.35	73,200	878.51			
3	10.28	20.38	72,200	869.88			

Cuadro E.30.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.50 + 10%Mi

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.26	20.40	67,200	812.80	810.60	13.93	1.72
2	10.30	20.40	68,600	823.30			
3	10.30	20.28	66,300	795.70			

Cuadro E.31.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 + 5%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.33	20.23	58,000	692.05	721.54	26.71	3.70
2	10.30	20.15	60,700	728.49			
3	10.30	20.15	62,000	744.09			

Cuadro E.32.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 + 7.5%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.25	20.40	64,000	775.61	802.09	29.43	3.67
2	10.23	20.40	65,500	796.89			
3	10.25	20.35	68,800	833.78			

Cuadro E.33.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.45 + 10%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.25	20.30	75,600	916.19	928.86	24.08	2.59
2	10.28	20.30	79,400	956.63			
3	10.25	20.33	75,400	913.76			

Cuadro E.34.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.40 + 5%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.20	20.30	71,000	868.90	856.66	12.24	1.43
2	10.20	20.30	70,000	856.66			
3	10.20	20.30	69,000	844.42			

Cuadro E.35.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.40 + 7.5%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.30	20.26	68,800	825.70	877.54	45.02	5.13
2	10.30	20.40	75,000	900.11			
3	10.33	20.36	76,000	906.82			

Cuadro E.36.- Resistencia a la compresión del concreto a/c=0.40 + 10%Mi.

Probeta	Ø (cm)	h (cm)	F (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²) Promedio	Desviación Estándar	C.V.
1	10.32	20.37	70,000	836.85	828.21	8.57	1.03
2	10.33	20.32	68,700	819.72			
3	10.33	20.53	69,400	828.07			

E.6 Durabilidad de las probetas corroidas

Cuadro E.37.- Durabilidad del concreto patrón.

a/c	Concreto	Probeta	Absorción (%)		f _c (kg/cm ²)	f _c corroido (kg/cm ²)		f _c corroido / f _c		D (%)	
0.50	Patrón	1	4.42	4.82	398	310	329	0.78	0.83	78	83
		2	5.24		398	324		0.81		81	
		3	4.81		398	352		0.88		88	
0.45	Patrón	1	4.22	3.99	374	396	371	1.06	0.99	106	99
		2	3.80		374	348		0.93		93	
		3	3.95		374	370		0.99		99	
0.40	Patrón	1	3.38	3.81	385	382	413	0.99	1.07	99	107
		2	4.10		385	432		1.12		112	
		3	3.95		385	425		1.10		110	

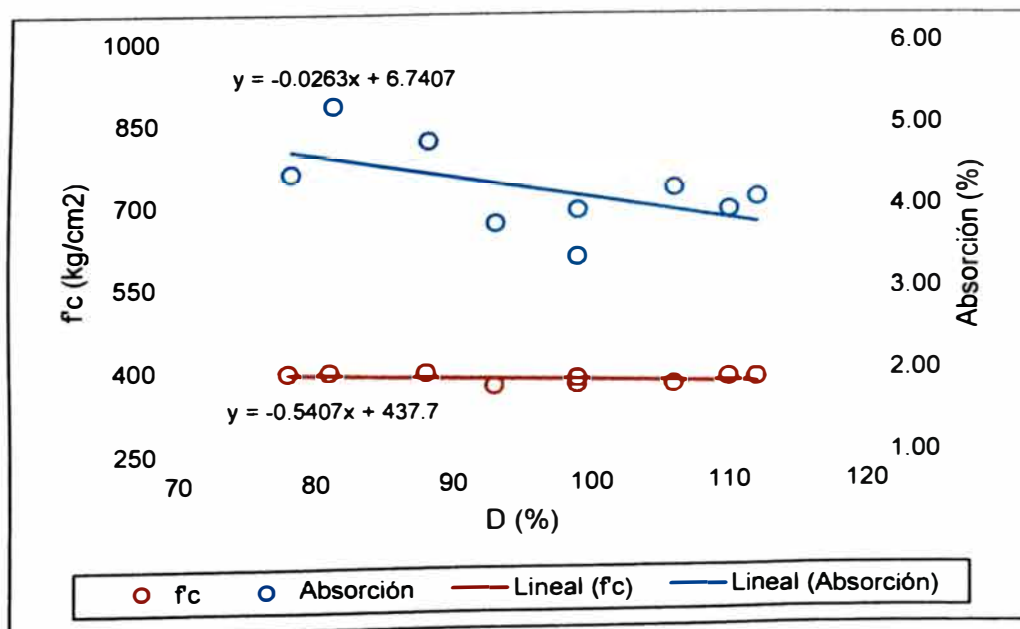


Gráfico E.1.- D vs f_c y la absorción del concreto patrón.

Cuadro E.38.- Durabilidad del concreto con microsilice.

a/c	Concreto	Probeta	Absorción (%)		f _c (kg/cm ²)	f _c corroído (kg/cm ²)		f _c corroído / f _c		D (%)	
0.50	Pa+Ad+5%Mi	1	2.29		748	666		0.89		167	
		2	2.39	2.32	748	690	666	0.92	0.89	173	167
		3	2.28		748	642		0.86		161	
	Pa+Ad+7.5%Mi	1	1.63		767	887		1.16		223	
		2	2.82	1.92	767	879	879	1.15	1.15	221	221
		3	1.32		767	870		1.13		219	
	Pa+Ad+10%Mi	1	2.12		813	813		1.00		204	
		2	2.79	2.46	813	823	811	1.01	1.00	207	204
		3	2.47		813	796		0.98		200	
0.45	Pa+Ad+5%Mi	1	2.32		827	692		0.84		185	
		2	2.32	2.28	827	728	721	0.88	0.87	195	193
		3	2.19		827	744		0.90		199	
	Pa+Ad+7.5%Mi	1	2.05		761	776		1.02		207	
		2	3.21	2.42	761	797	802	1.05	1.06	213	214
		3	2.01		761	834		1.10		223	
	Pa+Ad+10%Mi	1	2.34		873	916		1.05		245	
		2	2.06	2.21	873	957	929	1.10	1.07	256	248
		3	2.24		873	914		1.05		244	
0.40	Pa+Ad+5%Mi	1	1.87		815	869		1.07		226	
		2	2.91	2.17	815	857	857	1.05	1.05	223	223
		3	1.73		815	844		1.04		219	
	Pa+Ad+7.5%Mi	1	3.31		881	826		0.94		215	
		2	2.25	2.49	881	900	878	1.02	1.00	234	228
		3	1.90		881	907		1.03		236	
	10%Mi	1	3.29		822	837		1.02		217	
		2	3.34	3.17	822	820	828	1.00	1.01	213	215
		3	2.87		822	828		1.01		215	

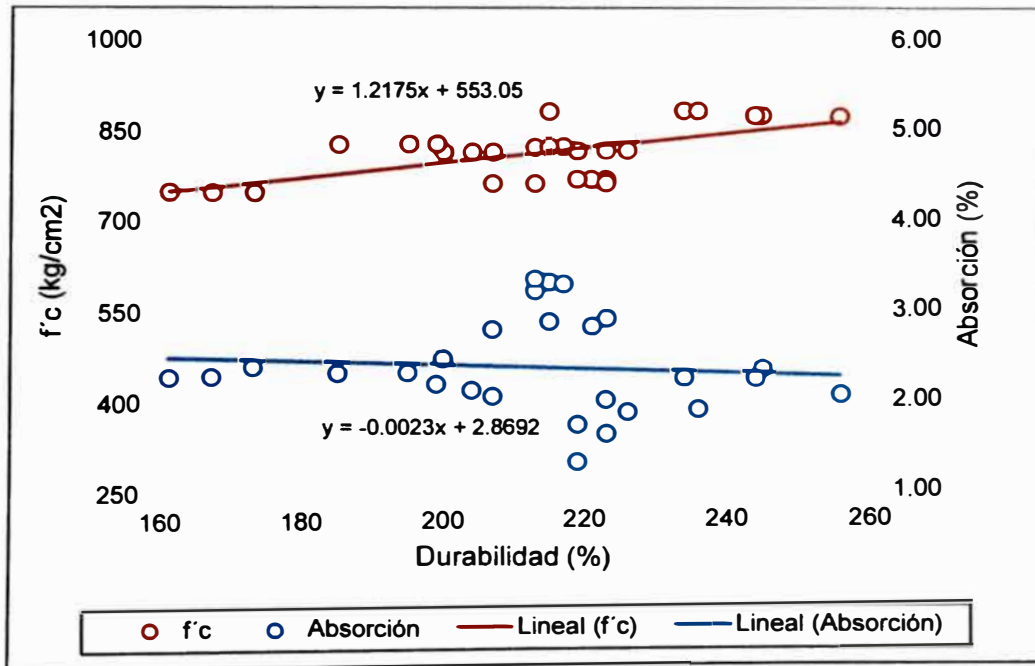


Gráfico E.2.- D vs f'c y la absorción del concreto con microsílíce.

G.- Fotos



Foto G 1.- Cuarteo de la piedra para el ensayo de granulometria.



Foto G 2.- Ensayo del peso específico de la piedra.



Foto G 3.- Ensayo del peso específico de la arena.



Foto G 4.- Combinación de la arena y la piedra para el peso unitario compactado del agregado global.



Foto G 5.- Preparación de la mezcla de concreto.



Foto G 6.- Producción de las probetas de concreto.



Foto G 7.- Identificación de las probetas de concreto.



Foto G 8.- Ensayo del peso unitario del concreto fresco.



Foto G 9.- Ensayo de aire atrapado del concreto fresco.



Foto G 10.- Ensayo de fluidez del concreto fresco.



Foto G 11.- Ensayo de tiempo de fragua del concreto fresco.



Foto G 12.- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.