

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CORROSION DEL MORTERO DE CEMENTO CON
ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

LUIS HERNANDO RIMARACHIN SANCHEZ

Lima- Perú

2013

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

En memoria:

**Para ti Manuela, por
haber sido la mejor
madre del mundo,
por tu infinito amor,
bondad y apoyo. Este
logro te lo dedico a ti
por tu enseñanza,
consejos y ejemplo.**

**A la segunda mamá,
Irma por su apoyo y
ejemplo de trabajo, a
mis hermanos
Zarela, Hugo y
sobrinos, en
especial a la "cosha"
y al "chocho" y a mi
cuñada Victoria por
su inmenso apoyo.**

**Al maestro, al
amigo, Ing. Carlos
Armando Barzola
Gastelú, mi eterno
agradecimiento por
su apoyo
incondicional en la
elaboración de la
presente tesis y mi
reconocimiento por
su infatigable aporte
en la investigación,**

**en este bello campo
de la Ingeniería
Civil.**

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	4
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE GRÁFICOS	6
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I: CEMENTO PÓRTLAND	
1.1 DEFINICIÓN	10
1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS	10
1.3 COMPONENTES QUÍMICOS	11
1.4 PROPIEDADES FÍSICAS.....	13
1.4.1 Peso Específico.....	13
1.4.2 Finura.....	13
1.4.3 Consistencia Normal	13
1.4.4 Tiempo de Fraguado	14
1.4.5 Contenido de Aire.....	14
1.4.6 Calor de Hidratación.....	14
1.4.7 Resistencia a la Compresión	14
1.4.8 Estabilidad de Volumen.....	15
1.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	17
1.5.1 Agregados.....	17
1.5.2 Agregado Fino.....	17
1.5.2.1 Ensayos en el Agregado Fino.....	17
1.6 AGUA PARA EL CONCRETO.....	23
1.61 Requisitos para el uso del Agua	23
CAPITULO II: CORROSIÓN EN EL CEMENTO Y EL CONCRETO	
2.1 PROCESO	25
2.2 TIPOS DE CORROSIÓN.....	25
2.2.1 Corrosión por Sulfatos.....	25
2.2.2 Corrosión por Sales.....	25
2.2.3 Corrosión por Aguas de Desagüe	26
2.2.4 Corrosión por Ácidos.....	26
2.2.5 Corrosión del Acero de Refuerzo	26

2.2.5.1 Corrosión Uniforme	26
2.2.1.2 Corrosión Localizada.....	27
2.3 FACTORES QUE AFECTAN Y DESENCADENAN LA CORROSIÓN....	27
2.3.1 Relacionados al Concreto	28
2.3.1.1 Compacidad y Homogeneidad	28
2.3.1.2 Dosificación del Concreto	28
2.3.1.3 Coqueros y Fisuras	29
2.3.1.4 Espesor del Recubrimiento del Concreto.....	29
2.3.1.5 Iones Despasivantes	29
2.3.1.6 Carbonatación.....	31
2.3.1.7 Humedad Ambiental.....	32
2.3.1.8 Efecto Oxígeno.....	32
2.3.1.9 Efecto Temperatura.....	32

CAPITULO III: ENSAYO DE CORROSIÓN EN MORTERO DE CEMENTO ENDURECIDO

3.1. ENSAYO DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO	
3.1.1 Ensayo de resistencia a la Comprensión.....	34
3.1.2 Ensayo de Absorción	34
3.1.3 Ensayo de Ataque por Cloruros.....	35
3.2 ENSAYO DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO	35
3.2.1 Ensayo de Fluidéz.....	35
3.2.2 Ensayo de Peso Unitario	35
3.2.3 Ensayo de Tiempo de Fraguado	36
3.2.4 Ensayo de Exudación.....	38

CAPITULO IV: PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS Y NORMAS.

4.1 MÉTODO DE ENSAYO.....	39
4.2 PROCEDIMIENTOS DE ATAQUES ACELERADOS DE MORTEROS CON CLORURO DE 100 GR/LT	39
4.3 EXPLICACIÓN DEL ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO CON CLORURO DE SODIO AL 100GR/L.....	42

CAPITULO V: CUADROS DE RESULTADOS Y GRÁFICOS.

5.1 CUADRO DE RESULTADOS.....	43
CAPITULO VI: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	
6.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	93
6.2 ENSAYO ACELERADO DE CORROSIÓN, MORTERO PATRÓN	93
6.3 ENSAYO ACELERADO DE CORROSIÓN, MAS ACERO.....	95
6.4 RASGOS FÍSICOS SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS MUESTRAS DURANTE EL PROCESO DE ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO	97
6.5 ENSAYO ACELERADO DE CORROSIÓN: ACERO DIRECTAMENTE EN SOLUCIÓN DE CLORURO DE SODIO 100 gr/lit:	99
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
7.1 CONCLUSIONES.....	100
7.2 RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS.....	105

RESUMEN

La tecnología del concreto en el mundo actual y por ende en nuestro país, está ligada a cambios que se están produciendo en estos últimos años, en donde se trata de alcanzar una óptima calidad, por cuanto aún no se dan por resueltos todos los fenómenos y problemas referidos al diseño y producción del concreto.

El ataque de cloruros y sulfatos producen degradación por expansión y fisuración; sino también, una reducción en la resistencia mecánica debido a la pérdida de cohesión en la pasta de cemento, con pérdida de adherencia entre la pasta y las partículas del agregado. El deterioro comienza en las aristas y esquinas agudas, siguiendo una fisuración que astilla al concreto y lo reduce a una condición friable y blanda.

Por lo tanto es de esperar que la presente Tesis mediante los resultados y conclusiones que se obtengan ayuden al profesional constructor, y sirvan de orientación para mejorar las construcciones con morteros y armaduras de acero mediante el conocimiento del proceso de deterioro por ataque del cloruro de sodio, tanto del mortero como del acero y un medio de dar soluciones al Ingeniero Civil en la cotidiana tarea de servir al país y contribuir con el mejoramiento de la construcción, tratando de que todos los conocimientos adquiridos se pongan en práctica y así poder contribuir al avance en la Ingeniería en el País.

Relación de tablas y gráficos:

Tabla N° 5.1 Granulometría del Agregado Fino.....	43
Tabla N° 5.2 Resumen de las Propiedades del Agregado Fino	44
Tabla N° 5.3 Ensayo de Fluidez	45
Tabla N° 5.4 Ensayo Tiempo de Fragua.....	45
Tabla N° 5.5 Datos de Mortero Patrón, A/C: 1:1.....	46
Tabla N° 5.6 Datos de Mortero Patrón, A/C: 1:2.....	48
Tabla N° 5.7 Datos de Mortero Patrón, A/C: 1:3.....	50
Tabla N° 5.8 Datos de Mortero Patrón, A/C: 1:4.....	52
Tabla N° 5.9 Datos de Mortero más Acero, A/C: 1:1	54
Tabla N° 5.10 Datos de Mortero más Acero, A/C: 1:2	56
Tabla N° 5.11 Datos de Mortero más Acero, A/C: 1:3	58
Tabla N° 5.12 Datos de Mortero más Acero, A/C: 1:4	60

Gráfico N° 5.1 Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	43
Gráfico N° 5.2 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Peso: Mortero Patrón C/A: 1:1.....	62
Gráfico N° 5.3 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Peso: Mortero Patrón C/A: 1:2.....	63
Gráfico N° 5.4 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Peso: Mortero Patrón C/A: 1:3.....	64
Gráfico N° 5.5 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Peso: Mortero Patrón C/A: 1:4.....	65
Gráfico N°5.6 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:1	66
Gráfico N°5.7 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:2	67
Gráfico N°5.8 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:3	68
Gráfico N° 5.9 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación de Peso Mortero: Mortero Patrón C/A: 1:4	69
Gráfico N° 5.10 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Material Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:1	70
Gráfico N° 5.11 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Material Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:2	71
Gráfico N° 5.12 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Material Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:3	72
Gráfico N° 5.13 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Material Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:4	73
Gráfico N° 5.14 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Peso: Mortero Patrón.....	74
Gráfico N° 5.15 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación de Peso Acumulado: Mortero Patrón.....	75
Gráfico N° 5.16 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Material Acumulado: Mortero Patrón	76
Gráfico N° 5.17 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida de Peso: Mortero con Acero C/A: 1:1.....	77
Gráfico N° 5.18 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	

de Peso: Mortero con Acero C/A: 1:2.....	78
Gráfico N° 5.19 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Peso: Mortero con Acero c/a: 1:3.....	79
Gráfico N° 5.20 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Peso: Mortero con Acero C/A: 1:4.....	80
Gráfico N° 5.21 Ensayo de Humedecido y Secado:	
Variación de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:1	81
Gráfico N° 5.22 Ensayo de Humedecido y Secado:	
Variación de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:2	82
Gráfico N° 5.23 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación	
de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:3.....	83
Gráfico N° 5.24 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación	
de Peso Acumulado: Mortero Patrón C/A: 1:4.....	84
Gráfico N° 5.25 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Material Acumulado: Mortero con Acero C/A: 1:1	85
Gráfico N° 5.26 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Material Acumulado: Mortero con Acero C/A: 1:2.....	86
Gráfico N° 5.27 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Material Acumulado: Mortero con Acero C/A: 1:3.....	87
Gráfico N° 5.28 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Material Acumulado: Mortero con Acero C/A: 1:4.....	88
Gráfico N° 5.29 Ensayo de Humedecido y Secado: Pérdida	
de Peso: Mortero con Acero	89
Gráfico N° 5.30 Ensayo de Humedecido y Secado: Variación	
de Peso Acumulado: Mortero con Acero	90
Gráfico N° 5.31 Ensayo de Humedecido y Secado:	
Pérdida de Material Acumulado: Mortero con Acero.....	91

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en nuestro país y a nivel mundial el material más empleado es el concreto con armadura, por la gran cantidad de proyectos a ejecutarse en lo referente a obras de viviendas, viales, puertos, puentes, etc., debido a su características que lo hacen ventajoso con relación a otros materiales, entre una de sus características favorables es su alta resistencia a la compresión, su trabajabilidad, su bajo costo y su durabilidad.

Pero estas ventajas excepcionales del concreto armado se ven minimizadas por una serie de agentes agresivos del medio, que generalmente causan deterioro progresivo de las estructuras, uno de estos agentes agresivos es el cloruro de sodio y a su vez el más peligroso. Se han realizado pocos estudios de Investigación con el propósito de encontrar soluciones a fin que los componentes del concreto y morteros se ajusten a las características requeridas. Continuando estos estudios; la presente tesis "Corrosión del Mortero con Armadura, por Ataque del Cloruro de Sodio", consiste en estudiar el proceso evolutivo de la corrosión en el mortero, por ataque del cloruro de sodio (CINa), utilizando el cemento Portland tipo I mediante ensayos de corrosión acelerado por humedecido y secado, método desarrollado por el Ing. José Luis Díaz Lazo (Tesis: "Corrosión del cemento por ataque del sulfato" UNI - FIC1994).

Para el presente estudio se elaborará un mortero según las dosificaciones cemento/arena (C/A): 1:4, 1:3, 1:2, 1:1 y los ensayos se realizarán en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los problemas de la corrosión presentados en los materiales de construcción las investigaciones se deberá seguir realizando, ya que nuestra diversidad de factores climáticos, geológicos y de producción influyen en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto; resultados que se obtengan en este trabajo no deban ser reglas

estrictas para el profesional constructor, sino que sirvan de orientación para mejorar las construcciones con morteros y armaduras de acero mediante el conocimiento del proceso de deterioro por ataque del cloruro de sodio, tanto del mortero como del acero.

Por ello el incentivar los estudios de investigación en las universidades debería ser prioridad en la educación de nuestro país, ya que la investigación, desde una manera general, fomenta la postulación de preguntas e hipótesis sobre los diversos fenómenos que existen. Estas preguntas y sus respectivas búsquedas de respuesta generan la principal fuente de nueva información lo que es vital en la rama de cualquier ciencia, pero principalmente en la Ingeniería.

CAPÍTULO I: CEMENTOS PORTLAND TIPO I

1.1. DEFINICIÓN.

Es un aglomerante hidráulico, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia del agua endurece, adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. Es en 1845 cuando se desarrolla el procedimiento industrial del Cemento Pórtland moderno, que con algunas variantes persiste hasta nuestros días y consiste en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición y someter este polvo a temperaturas de 1450 °C produciéndose lo que se llama el Clinker, constituidas por material endurecidas de diferentes tamaños, que finalmente se muelen añadiéndoles yeso para tener como producto definitivo un polvo sumamente fino.

El tipo de cemento empleado en la presente tesis es el Cemento Pórtland Tipo I marca Sol, procedente de la fábrica ubicada en Atocongo, distrito de Lurín, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS.

Los tipos de cementos que podemos calificar de estándar, ya que su fabricación está basada en las Normas **ASTM C150** y **NTP 334-009** y son:

- Tipo I** De uso general, donde no requiere propiedades especiales.
 - Tipo II** De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Se emplea en estructuras con ambientes agresivos y/o vaciados masivos.
 - Tipo III** Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación, para uso en climas fríos en los casos que se necesita adelantar las puestas en servicios de las estructuras.
 - Tipo IV** De bajo calor de hidratación, para concretos masivos.
 - Tipo V** Alta resistencia a los sulfatos, para ambientes muy agresivos.
- Es interesante destacar los cementos denominados "mezclados o adicionados" dado que algunos de ellos se usan en nuestro medio, como son:

Tipo IS Cemento al que se añade entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos, referidos al peso total.

Tipo IP Cemento al que se le añade puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40 % del peso total.

Tipo IPM Cemento al que se le añade puzolana en un porcentaje menor del 15 % del peso total.

1.3. COMPONENTES QUÍMICOS DEL CEMENTO.

Por medio del análisis químico del Cemento Pórtland se encuentra sus óxidos principales:

Sílice	SiO ₂ , constituye alrededor del 20% al 27%.
Cal	CaO, constituye un 61% al 67 % del cemento.
Alúmina	Al ₂ O ₃ , constituye un 4% al 27%.
Oxido Férrico	Fe ₂ O ₃ , constituye un 2% al 4%.

Los siguientes son los principales compuestos, su forma química, y abreviación:

Silicato Tricálcico	3CaO. SiO ₂ = C ₃ S Alita Define la resistencia inicial en la primera semana, tiene importancia en el calor de hidratación.
Silicato Dicálcico	2CaO. SiO ₂ = C ₂ S Betita Define la resistencia a largo plazo, con poca incidencia en el calor de hidratación.
Aluminato Tricálcico	3CaO. Al ₂ O ₃ = C ₃ A En forma aislada no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento, actuando como catalizador, por lo que se requiere añadir yeso (3% - 6%) para controlarlo. Disminuye la resistencia del cemento a los sulfatos, al reaccionar con estos se produce sulfoaluminatos, con propiedades expansivas.
Aluminoferrito tetracalcico	4CaO. Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ = C ₄ AF

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y en forma secundaria en el calor de hidratación.

Además de estos compuestos principales, para completar el análisis se incluyen los llamados compuestos secundarios:

Cal libre	CaO
Álcalis	K ₂ O + Na ₂ O
Oxido de Magnesio	MgO
Residuo Insoluble	RI
Anhídrido Sulfúrico	SO ₃

En el cuadro N° 1.1 apreciaremos al análisis químico del cemento Portland tipo I:

CUADRO N° 1.1
ANÁLISIS QUÍMICO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL"

COMPUESTO QUÍMICO	SÍMBOLO	%	LIMITES NTP 334.009
Oxido de Silicio	SiO ₂	20.11	-
Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	6.08	-
Oxido de Fierro	Fe ₂ O ₃	2.90	-
Oxido de Calcio	CaO	62.94	-
Oxido de Magnesio	MgO	3.04	-
Oxido de Azufre	SO ₃	2.67	máx. 3.5%
Oxido de Potasio	K ₂ O	0.95	máx. 5.0%
Oxido de Sodio	Na ₂ O	0.28	-
Perdida por Ignición	P.i.	0.76	máx. 3.0%
TOTAL		99.71	
Cal libre		0.34	-
Álcalis Total (Na ₂ O Equiv.)		0.90	-
Residuos Insolubles	R.I:	0.67	máx. 1.0%

Fuente: Boletín de Asocem

1.4. PROPIEDADES FÍSICAS

Las principales propiedades físicas y mecánicas del cemento portland, su conocimiento es fundamental para interpretar los resultados de la pruebas del cemento y son las siguientes:

1.4.1 Peso Específico. Norma NTP 334.005, ASTM C-188.

Para los cementos Portland el peso específico normalmente esta comprendido entre 3.00 gr/cm³ a 3.20 gr/cm³ El cemento Portland de escorias de altos hornos puede tener pesos específicos de aproximadamente 2.90 gr/cm³.

El peso específico del cemento Portland Tipo I es 3.11 gr/cm³.

1.4.2 Finura. Norma NTP 334.002, ASTM C-184.

La finura del cemento afecta la rapidez de la hidratación. Al aumentar la finura del cemento aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento, acelerando la adquisición de resistencia; observando que el agua necesaria para obtener un concreto con un cierto revenimiento disminuye. Los efectos del aumento de finura en la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros 7 días.

La finura en el cemento se mide en términos de Superficie Específica, la cual esta dada por la suma de las áreas en cm² de los granos contenidos en un gramo de cemento.

1.4.3 Consistencia Normal. NORMA NTP 334.074, ASTM C-187.

Se considera que una pasta tiene una consistencia normal cuando, para un porcentaje dado de agua se obtiene una penetración de 10 mm en 30 segundos en el aparato de Vicat, se expresa como porcentaje en peso del cemento utilizado. La NTP 334.006 establece el método de ensayo, que permite conocer la presencia de elementos expansivos.

La consistencia normal para el cemento Pórtland Tipo I es 22.5%.

1.4.4 Tiempo de Fraguado. Norma NTP 334.006, ASTM C-191.

El fraguado podemos interpretarlo como el paso de material del estado fluido al estado sólido. En el transcurrir de este tiempo se puede encontrar dos fases: Fraguado Inicial y Fraguado Final. Se dice que la pasta de cemento ha fraguado cuando logra una rigidez suficiente como para soportar una presión determinada de tipo arbitrario, ejercidos por agujas pertenecientes a los aparatos de Gilmore y Vicat.

Los tiempos de fraguado del cemento Pórtland son los siguientes:

Fragua Inicial (hrs: min): 1:58 a 2:24.

Fragua Final (hrs: min): 3:08 a 3:45.

1.4.5 Contenido de Aire. Norma NTP 334.048, ASTM C-185.

Mide el porcentaje de aire atrapado en la mezcla, normalmente se realiza ensayos en morteros. Este ensayo nos da un índice indirecto de la finura del cemento y por ende del grado de molienda. En el cemento Pórtland Tipo I, el porcentaje de aire atrapado se encuentra entre 5.52% a 7.70%.

1.4.6 Calor de Hidratación. Norma NTP 334.064, ASTM C-186.

El calor de hidratación es el generado cuando reacciona el cemento con el agua, El calor de hidratación para el cemento Pórtland Tipo I es: a los 07 días 64.93 cal/gr.

La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento; el incremento de generación de calor es afectado por la finura y temperatura de curado, así como la composición química.

1.4.7 Resistencia a la Compresión. Norma NTP 334.051, ASTM C-109.

Es la propiedad que define la capacidad del cemento para soportar esfuerzos sin fallar. La velocidad del desarrollo de la Resistencia a la Compresión es mayor durante el periodo inicial de endurecimiento y tiende a disminuir gradualmente en el tiempo. El valor de la resistencia a los 28 días, se considera como la resistencia representativa del cemento.

El ensayo está especificado en la NTP 334.051.

Es la obtenida en pruebas de cubos estándar de 2 pulgadas. Estos cubos se hacen y curan de la manera prescrita usando "arena estándar".

La resistencia a las diferentes edades son indicadores de las características del cemento para adquirir resistencia, pero no pueden usarse para predecir la resistencia del concreto con precisión a causa de muchas variables que intervienen en las mezclas de concreto.

1.4.8 Estabilidad de Volumen. Norma 334.004

La determinación de esta propiedad nos permite obtener las variaciones volumétricas que tienen lugar en la pasta de cemento cuando es sometida a vapor saturado y a una presión determinada. La determinación de estas variaciones nos indica la capacidad de cambio de volumen de los elementos estructurales previéndose entonces la posibilidad de agrietamientos o descaramientos cuando estos cambios son importantes.

CUADRO N° 1.2

PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL"

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDAD	VALOR DE ENSAYO	LIMITES NTP 334.009
FINEZA RETENIDA:			
Malla +100 (150 micras)	%	0.13	
Malla + 200 (75 micras)	%	1.00	
Malla + 325 (45 micras)	%	8.15	
SUPERFICIE ESPECIFICA:			
Blaine	cm ² /gr	3321	min. 2800
CONTENIDO DE AIRE	%	9.03	máx. 12
EXP. AUTOCLAVE	%	0.18	máx. 50
PESO ESPECIFICO	gr/ cm ³	3.11	

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDAD	VALOR DE ENSAYO	LIMITES NTP 334.009
FRAGUADO:			
Vicat Inicial	hr:min	2:14	min. 45 min.
Vicat Final	hr:min	3:50	máx. 8 hr.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
3 días	Kg/ cm ²	225	min. 85
7 días	Kg/ cm ²	285	min. 196
28 días	Kg/ cm ²	358	-

Fuente: Boletín de Asocem

1.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1.5.1 Agregados

Se conoce como agregados para el concreto a aquellos materiales inertes que son aglomerados o acumulados por la pasta de cemento, para formar una determinada estructura resistente, la calidad de estos elementos tiene importancia primordial en el elemento final.

De acuerdo con la Norma NTP 400.011; se define como agregado: al conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta Norma. Se les llama también áridos.

Los agregados ocupan generalmente del 60% al 80% del volumen del concreto, por tanto, sus características influyen en las propiedades del mismo.

Los agregados más comunes usados como la arena, grava, piedra triturada producen concretos de peso normal, es decir, concreto que pesa entre 2100 Kg/m³ y 2500 Kg/m³.

1.5.2 Agregado Fino. Norma NTP 400.011

Se define como agregado fino, a aquel que pasa el tamiz NTP 9,51 mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz 74 um (malla N° 200), proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas. El agregado puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas.

Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.

El agregado fino utilizado en la presente investigación proviene de la cantera del valle del Chillón.

1.5.2.1 Ensayos en el Agregado Fino

Los ensayos realizados con el agregado fino, se hicieron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. A continuación se describe estos ensayos y se presentan los resultados obtenidos:

➤ **Análisis Granulométrico. Norma NTP 400.012**

Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50, y 100, están basadas de acuerdo sus tejidos de cuadrículas; la granulometría seleccionada deberá ser perfectamente continua. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra.

Se presenta en el cuadro N° 1.3 un análisis granulométrico promedio para el agregado fino (arena).

CUADRO N°1. 3: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

MUESTRA : Arena de cantera "Valle Chillón"

PESO : 500 gr.

ENSAYO : Promedio

MALLAS		PORCENTAJE RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA
TAMIZ N°	Mm				
3/8"	9.525				
1/4"	6.35				100.0
N° 4	4.760	8.5	1.7	1.7	98.3

MALLAS		PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE
TAMIZ Nº	Mm	RETENIDO (gr)	RETENIDO %	RETENIDO ACUMULADO	ACUMULADO QUE PASA
Nº 8	2.380	36.5	7.3	9.0	91.0
Nº 16	1.190	85	17.0	26.0	74.0
Nº 30	0.595	128	25.6	51.6	48.4
Nº 50	0.297	114.25	22.85	74.45	25.55
Nº 100	0.149	70.75	14.15	88.6	11.4
FONDO	0.074	57	11.4	100.0	0.00
SUMA		500			

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Modulo de Finura. Norma NTP 400.011

Este concepto es un índice de la finura del agregado, según la norma, el Modulo de Finura es un factor empírico obtenido por la suma dividida por cien de los Porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices NTP:

12.70 mm (1/2"),	4.76 mm (Nº4)	595 micras (Nº 30)
19.00 mm (3/4"),	2.38 mm (Nº8)	297 micras (Nº 50)
9,52 mm (3/8"),	1.19 mm (Nº16)	149 micras (Nº 100)

Es un indicador de la finura de un agregado; cuanto mayor sea el modulo de finura, más grueso es el agregado. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

Para el cálculo del modulo de finura del agregado fino, se sumaran los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100. Luego a esta suma la dividimos entre 100.

Para la presente tesis calculamos el Modulo de Finura del Agregado Fino como sigue (los valores son tomados del cuadro N° 1.3):

$$M.F = \frac{1.7+9.0+26.0+51.6+74.45+88.6}{100} = 2.51$$

Modulo de Finura (M.F) = 2.51

➤ **Peso Específico. Norma NTP 400.022**

El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. Por ejemplo, en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. No es una medida de la calidad del agregado.

A continuación se darán las siguientes definiciones:

- a) **Peso específico de masa:** es la relación entre el peso de masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales de la material).
- b) **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:** es la relación entre el peso agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.
- c) **Peso específico aparente:** es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

A continuación se presenta el Cuadro N° 1.4 con los datos para el cálculo de peso específico del agregado fino. Así mismo el Cuadro N°1. 5 con los resultados del peso específico del agregado fino.

CUADRO N° 1.4: DATOS PARA EL CACULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-1	E-2	E-3	
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua (gr.)	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso de a arena superficialmente seca + peso del balón (gr.)	979.0	979.0	979.9	979.3
Peso del agua: W(gr.)	315.0	315.5	315.2	315.2
Peso de la arena secada al horno + peso del balón(gr)	496.0	497.2	499.0	496.2
Volumen del balón: V(cm ³)	500.0	500.0	500.0	500.0

NOTA: Para los cálculos 1 gr.<=> 1 cm³

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 1.5: CACULOS Y RESULTADOS DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO (gr/cm ³)
	E-1	E-2	E-3	
Peso Especifico de Masa $A/(V-W)$	2.68	2.69	2.68	2.68
Peso especifico de masa saturada superficialmente seca $V/(V-W)$	2.70	2.71	2.70	2.71
Peso Especifico Aparente $A/[(V-W)-(V-A)]$	2.77	2.74	2.74	2.75
Peso de la arena secada al horno + peso del balón	496.0	496.5	496.2	496.2

NOTA: Para los cálculos 1 gr.<=> 1 cm³

Fuente: Elaboración Propia

➤ Porcentaje de Absorción. Norma NTP 400.022

La absorción de un agregado está representado por el porcentaje de agua que es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca (condición de equilibrio).

A continuación en el cuadro N°1.6 se representa los datos y los cálculos para hallar el porcentaje de Absorción del agregado fino.

CUADRO N° 1.6: DATOS Y CÁLCULOS DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO (gr/cm ³)
	E-1	E-2	E-3	
Peso de la arena secada al horno: A(gr)	496.0	496.5	496.2	496.2
Volumen del balón: V(cm ³)	500.0	500.0	500.0	500.0
Porcentaje de Absorción: $(V-A)/A*100(\%)$	0.81	0.70	0.77	0.76

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Peso Unitario Suelto. Norma NTP 400.017**

En este ensayo se busca determinar la cantidad de peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término "peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado fino al recipiente hasta llenarlo.

Se representa a continuación en el cuadro N° 1.7 los datos y cálculos para determinar el Peso Unitario Suelto del agregado fino.

CUADRO N° 1.7: DATOS Y CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO (gr/cm ³)
	E-1	E-2	E-3	
Peso de la vasija + muestra: A(gr)	7467.0	8274.0	7469.0	7870.0
Peso de la vasija: B(gr.)	2763.0	2763.0	2763.0	2763.0
Peso de la muestra: A-B (gr.)	4704.0	4695.0	4706.0	4701.7
Constante (1/10 pie ³): C(cm ³ .)	2831.7	2831.7	2831.7	2831.7
Peso Unitario suelto: (A-B)/C (gr/cm ³)	1.66	1.66	1.66	1.66

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Peso Unitario Compactado. Norma NTP 400.017**

Al igual que el peso unitario suelto se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente del volumen unitario. El ensayo consiste en llenar el recipiente en tres capas. Cada una de estas capas estará apisonada con 25 golpes de una varilla

lisa de 2 pies de longitud y de \varnothing 5/8" con punta roma, finalmente se empareja la superficie del agregado con esta varilla, así el peso del agregado dentro del recipiente representara el peso unitario del agregado con cierto grado de compactación.

A continuación el cuadro N° 1.8 con los datos y cálculos del peso unitario compactado del agregado fino.

CUADRO N° 1.8: DATOS Y CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO (gr/cm ³)
	E-1	E-2	E-3	
Peso de vasija + muestra : A(gr.)	8242.0	8274.0	8258.0	8258.0
Peso de vasija :B(gr.)	2763.0	2763.0	2763.0	2763.0
Peso de la muestra compactada: A-B(gr.)	5479.0	5511	5495.0	5495.0
Constante (1/10 pie ³): C (cm ³)	2831.7	2831.7	2831.7	2831.7
Peso unitario Compactado (A-B)/C (gr/cm ³)	1.93	1.95	1.94	1.94

Fuente: Elaboración Propia

➤ Contenido de Humedad

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua a que contiene el agregado en su estado natural. El contenido de humedad es una propiedad de los agregados a tomar en cuenta al momento de hacer los diseños de mezclas, debido a que esta condición nos obligara a realizar la corrección del agua de mezclado.

A continuación en el cuadro N° 1.9 se mostrara los datos y cálculos para determinar el contenido de humedad del agregado fino.

**CUADRO N° 1.9: DATOS Y CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO (gr/cm ³)
	E-1	E-2	E-3	
Peso de la muestra :A(gr.)	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso de la muestra seca: B(gr.)	496.5	496.0	496.2	492.9
Contenido de Humedad (A-B)/B*100 (%)	0.70	0.81	0.77	0.76

Fuente: Elaboración Propia

1.6. AGUA PARA EL CONCRETO

El agua es el constituyente indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, el agua debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química de la pasta de cemento.

El agua tiene tres funciones principales:

- 1.- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- 2.- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad de la mezcla.
- 3.- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que el producto de hidratación tenga espacios para desarrollarse.

El agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad mayor a la necesaria para la hidratación del cemento.

1.6.1 Requisitos para el uso del Agua.

La Norma que el Comité ACI 318 (NTP 339.088) establece como requisitos para el agua de mezclado y curado, se muestra en el Cuadro 1.10

CUADRO N ° 1.10

Descripción	Limite permisible
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Material Orgánica.	3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad expresada en NaHCO ₃)	1000 ppm máximo
Sulfatos (Ion SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 ppm máximo
Ph	entre 5.5 y 8

Fuente: Boletín de Asocem

CAPITULO II: CORROSIÓN EN EL CEMENTO Y EL CONCRETO

2.1 PROCESO

El proceso de corrosión es un fenómeno que se desarrolla de una manera invisible y lenta al interior de la estructura, hay varios factores que originan los procesos de corrosión entre los cuales tenemos: los que son dependientes del concreto, dependientes del medio ambiente y dependientes del acero de refuerzo propiamente dicho.

La corrosión no siempre es un deterioro visible a simple vista, porque hay muchas formas de corrosión se manifiestan por un cambio de las propiedades de los materiales y por ende disminuyendo su resistencia.

La presencia de cloruros en el concreto tienen dos caminos principales de acceso: la primera puede estar en la etapa de mezcla de la masa del concreto, ya que los cloruros pueden estar presentes en las materias primas de la masa, ó sea en los aditivos, agua, cementos agregados y la segunda desde el exterior ya sea que la estructura este en un ambiente marino o estar sometida a la acción de sales y cloruros.

2.2. TIPOS DE CORROSIÓN

2.2.1 Corrosión por Sulfatos

Los sulfatos solubles, especialmente los de sodio, calcio y magnesio presentes en los suelos, en las aguas y son denominados "alcalinos" son los responsables de las destrucciones del concreto, el ataque es usualmente acompañado por una expansión debido a la formación de uno ó más productos de reacción. Soluciones al 0.5 % de sulfato de sodio, potasio o magnesio suelen atacar al concreto.

2.2.2 Corrosión por Sales

El cloruro de sodio (NaCl) más conocida como sal común es un compuesto químicos llamados sales y es el primordial constituyente del agua de mar, químicamente es inocuo al concreto, pero es un potente contribuidor a la corrosión del acero de refuerzo.

2.2.3 Corrosión por Aguas de Desagüe

Los desagües domésticos no tienen efectos corrosivos sobre un buen concreto y han sido verificados por el buen comportamiento en las tuberías de concreto usados en alcantarillados, pero en condiciones especiales y bajo ciertas combinaciones como bajas velocidades de flujo o altas temperaturas, podrían generar gas hidrogeno sulfuro (H_2S) como resultado de la acción oxidante de las bacterias anaeróbicas sobre estos compuestos de azufre inorgánicos presentes en el desagüe.

Si los desagües tienen más de 150 ppm. de sales solubles de sulfatos neutros podría ocurrir ataque por sulfatos, los que podrían contener estas cantidades serían los desagües industriales, porque los domésticos rara vez contienen esa cantidad de sales neutras.

2.2.4 Corrosión por Ácidos

La destrucción del concreto se produce porque los ácidos, después de la destrucción de la capa carbonatada forman sales solubles en el agua con el $Ca(OH)_2$ del concreto, sales que son arrastradas por el agua. La solubilidad del $CaCO_3$ es mayor en los ácidos que en las aguas blandas; esto se debe que la corrosión por ácidos propicie mayores estragos que la corrosión por lixiviación.

2.2.5 Corrosión del Acero de Refuerzo

Debido a su baja permeabilidad, su alta alcalinidad y alta resistencia eléctrica, el concreto tiene que proteger de corrosión a los elementos metálicos embebidos en él. Por eso el grado de protección proporcionado por este es función de su calidad, del espesor del recubrimiento y de su adecuado diseño en los procedimientos empleados en el proceso constructivo y del adecuado diseño de la estructura por las condiciones de servicio a las cuales va estar sometida. Principales casos de corrosión del acero:

2.2.5.1 Corrosión Uniforme.

El ataque se extiende en forma homogénea sobre toda la superficie metálica y la penetración media es igual en todos los

puntos. Esta es la forma más benigna de corrosión pues permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales corroídos.

2.2.5.2 Corrosión Localizada:

- Corrosión por picaduras: durante el picado, el ataque se localiza en puntos aislados de superficies metálicas pasivas, propagándose hacia el interior del metal en forma de canales cilíndricos. Este tipo de ataque generalmente resulta del ingreso del ión cloruro y es una de las formas más peligrosas bajo las cuales se puede presentar la corrosión.

- Corrosión en espacios confinados: ocurre cuando sobre la superficie del metal existe un espacio lo suficientemente resguardado que evita el acceso continuo del oxígeno a esa zona, pudiéndose crear celdas diferenciales de oxígeno que inducen a la corrosión de refuerzo.

- Corrosión bajo tensión: se presenta cuando un metal está sometido simultáneamente a la acción de un medio corrosivo y de tensiones mecánicas de tracción. Se forman fisuras que pueden ser intergranulares o transgranulares y que se propagan hacia el interior del metal, se puede llegar hasta la fractura del metal.

- Corrosión por corriente de interferencia: llamadas también vagabundas, erráticas o de fuga, pueden ser definidas como las corrientes que fluyen en una estructura y que no forman parte del circuito eléctrico. La corriente continua es la que tiene el efecto más pronunciado sobre la corrosión.

2.3 FACTORES QUE AFECTAN Y DESENCADENAN LA CORROSIÓN

Se denomina así a aquel conjunto de circunstancias que inducen la despasivación del acero en el concreto. La corrosión solo se provoca si el pH baja hasta valores ácidos (<5) por lo que serán pues factores que afectan o desencadenan todos aquellos que den lugar a una neutralización del medio alcalino propio del concreto. Como el caso de las fisuras y coqueras, que supongan la ausencia de contacto entre el acero y el hormigón.

Existen varios factores que afectan, desencadenan o producen ambos efectos en el proceso de corrosión de las armaduras. De tal manera que: la dosificación, la compacidad y la homogeneidad del concreto, así como el espesor de cubrimiento del hormigón, el estado superficial de la armadura y la humedad ambiental son los factores desencadenantes que con más frecuencia dan lugar a la corrosión de la armadura son: presencia de cangrejas en contacto con la armadura, altas tensiones mecánicas en el acero, corrientes erráticas o de interferencia, contacto galvánico entre dos metales, iones despasivantes, CO_2 atmosféricos o cualquier líquido que neutralice la alcalinidad, lixiviación por aguas blandas y las fisuras, presentando estos últimos, ambos efectos.

2.3.1 Relacionadas al Concreto

2.3.1.1 Compacidad y Homogeneidad.

Es quizás lo más importante en cuanto a resistencia del concreto a la penetración de los agentes agresivos externos. Es inversamente proporcional a la porosidad, por lo que entre más alta sea la compacidad, mayor protección tendrá la armadura a la carbonatación y al ataque de los cloruros, que son los agentes más agresivos. La compacidad es función de la cantidad y calidad de los materiales y de su proporción. Aún así, cumpliendo con lo anterior, el transporte, la colocación y el mal mezclado afectan grandemente la homogeneidad del concreto.

2.3.1.2 Dosificación del Concreto.

El concreto debe ser sólido, homogéneo, compacto, resistente y poco poroso. Entre los aspectos que se deben garantizar para lograr las condiciones anteriores están: la manera de proporcionar los agregados y su calidad, de tal manera que se asegure el menor volumen de vacíos; la influencia del agua en la consistencia del concreto fresco, la influencia de la relación agua-cemento, el grado de hidratación del cemento y la incorporación de aditivos en el cemento.

2.3.1.3 Coqueros y Fisuras.

Camino rápido de llegada de los agresivos.

Fisuras en concreto.- Las fisuras en elementos de concreto es de recurrencia diaria y no existe obra realizada en concreto que no presente esta patología, lo importante es saberlas reconocer, prevenir su aparición, saber cómo resanarlas cuando se presenten y en algunos casos inducir las para que aparezcan antes de realizar los acabados.

Coquera en el concreto.- Son los huecos que se forman en el concreto debido a que éste no fragua y endurece lo suficiente.

Normalmente se producen, bien por una mala vibración del concreto, por golpes en esquinas o por problemas con el encofrado.

Las consecuencias de estos problemas son una pérdida de estética, una disminución de la permeabilidad y de la durabilidad.

2.3.1.4 Espesor del Recubrimiento del Concreto

La protección que le brinde el concreto a la armadura dependerá el grado de impermeabilización que éste le proporcione, por lo que el espesor del recubrimiento es muy importante. El recubrimiento es la distancia entre la superficie exterior del concreto y la superficie exterior de las armaduras.

2.3.1.5 Iones Despasivantes

De los iones despasivantes, son los cloruros los que más afectan directamente la pasivación del refuerzo. Los iones sulfato intervienen en la degradación del concreto, lo cual puede permitir que la armadura se esponje al medio, produciéndose así su corrosión.

- a) Cloruros.- Provocan una disolución localizada de la capa pasiva, dando lugar a ataques puntuales (picaduras) que pueden reducir drásticamente la sección de trabajo del acero, en espacios de tiempo relativamente cortos.

Los cloruros pueden encontrarse en la masa del concreto por dos causas;

- i) Porque los contengan las materias primas (agua, cemento, arena, piedra), o
- ii) Porque penetren desde el exterior al estar situada la estructura en ambientes marinos o estar sometida a la acción de sales de deshielo.

En el cuanto a los cloruros que penetran desde el exterior es necesario diferenciar el caso de ambientes marinos, de aquellos donde se hace uso de las sales de deshielo, ya que sus proporciones relativas en el exterior del concreto pueden ser muy diferentes. Así, mientras el agua o ambiente marino contiene una cierta proporción constante de cloruros, en el caso de las sales de deshielo, su proporción exterior será proporcional a la cantidad de sales que se emplean al año debido a la frecuencia y duración de las heladas.

Tres son los aspectos relevantes a tener en cuenta en el caso de los cloruros que penetran desde el exterior:

- i. El tiempo que tardan en llegar hasta la armadura.
La proporción que induce la despasivación.
- ii. La velocidad de corrosión que provoca una vez desencadenada la corrosión.

- b) Sulfatos.

El ion sulfato (SO_4^{-2}) puede estar presente en las aguas residuales industriales en forma de solución diluida de ácido sulfúrico; en las aguas del subsuelo, pocas veces aparece el sulfato en forma iónica, siendo mucho más frecuentes sus sales, es decir, los sulfatos.

El ion sulfato forma sales, los sulfatos perjudiciales para el concreto se encuentran preferentemente en los terrenos arcillosos o en sus capas freáticas. De estas sales la más importantes son las siguientes: los sulfatos mas peligrosos para el cemento Portland son los amónicos, magnésicos y sódicos; los sulfatos potásico, cúprico y aluminico son menos peligrosos, mientras que los sulfatos baricos y el de plomo son insolubles y por lo tanto, inofensivos para el concreto.

Una de las causas de la nocividad de los sulfatos es el yeso que se forma al reaccionar el anión sulfato del agua con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ liberado por el cemento, el cual se deposita en los poros del concreto en donde se cristaliza con absorción de dos moléculas de agua. Este proceso de reacción y cristalización, que es acompañado de un incremento de volumen, ejerce una acción expansiva en los poros del concreto, especialmente en los de las capas superficiales y termina por lograr su desmoronamiento. Se ha indicado que este aumento de volumen es del 17.7%. Si existen además iones Mg^{++} , la formación de hidróxido magnésico produce un aumento de volumen del 19.6%, aproximadamente.

Causas:

Los tipos de cemento, áridos, dureza de las aguas, el clima, el curado de la pieza, además del uso de pigmentos, son factores a tener en cuenta si se pretende identificar el origen de las eflorescencias.

Las eflorescencias salinas se producen por:

Aplicación de morteros con humedades relativas altas.

Humedades capilares.

Utilización de aguas duras durante su amasado.

Aplicación de los morteros en días de lluvia y frío.

2.1.1.6 Carbonatación

La carbonatación es un proceso superficial ligado a las concentraciones de CO_2 presentes en el aire, a la presencia de humedad y a la temperatura ambiente.

El contenido de dióxido de carbono en aire oscila entre el 0.03%, alcanzando valores superiores al 0.10% en atmósferas agresivas.

El descenso del pH del concreto, provoca un ascenso de la velocidad de corrosión de las armaduras.

Efectos producidos en el material

Los efectos sistemáticos de la corrosión serán:

1. Aparición de tensiones radiales.
2. Fisuración del recubrimiento, en la dirección de la armadura.
3. Desprendimiento del recubrimiento
4. Armaduras al descubierto.

2.3.1.7 Humedad Ambiental

La presencia de agua es imprescindible para la corrosión en medios neutros y alcalino, pues interviene en el proceso catódico de reducción del oxígeno.

Además, el agua es necesaria para la movilidad de los iones a través del electrolito. En el concreto seco, la reactividad eléctrica es tan elevada que impide que la corrosión se produzca aun en ausencia de la capa pasivante sobre el acero, solo la existencia de una cierta cantidad mínima de humedad en los poros del concreto permitirá el desarrollo de los procesos corrosivos. Por lo tanto, cuando menor será el valor de la resistividad eléctrica y mas podrán ser, en principio las velocidades de corrosión.

2.3.1.8 Efecto Oxígeno

No es posible que el proceso de corrosión se desarrolle sin que llegue una mínima cantidad de oxígeno hasta las armaduras, es decir, es necesaria una cierta "aireación" de las mismas.

Cuando el concreto tiene los poros completamente saturados de agua, el oxígeno se tiene que disolver en ella antes de alcanzar las cercanías de la armadura. En cuanto el flujo de oxígeno es el factor controlante, ya que la cantidad que fluye es muy limitada, En todos los demás casos, el acceso de oxígeno siempre es suficiente para soportar la velocidad de corrosión que permita la resistividad del concreto.

2.3.1.9 Efecto Temperatura

La temperatura juega también un doble papel en los procesos de deterioro, por un lado, su incremento promociona la movilidad de las moléculas facilitando el transporte de sustancias; por otro, su disminución puede dar lugar a condensaciones que, a su vez, pueden producir incrementos locales importantes del contenido de humedad del material. Además, la cantidad absoluta de vapor de agua en la atmosfera varía con la temperatura. Existe un efecto opuesto entre humedad y temperatura, ya que al aumentar esta última se evapora humedad y cuando desciende, condensa agua líquida en los capilares.

CAPITULO III: ENSAYO DE CORROSIÓN EN MORTERO DE CEMENTO ENDURECIDO

3.1 ENSAYO DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO

3.1.1 Ensayo de Resistencia a la Comprensión

Según Norma ASTM C39, los especímenes sometidos a la prueba fueron probetas de 4" de diámetro por 8" de altura, se colocaron en dos capas apisonadas con 25 golpes cada una y luego se enrasa la superficie con ayuda de una espátula, pasadas las 24 horas se desmoldan las probetas y se procede al curado en una posa con agua durante 28 días, luego se ensayan.

Los ensayos de comprensión se realizaron a los morteros en las siguientes dosificaciones cemento/arena (C/A): 1:4, 1:3, 1:2, 1:1, utilizando 15 especímenes por dosificación.

Resistencia a la comprensión: $f'c = P/A$

Donde:

P = carga de rotura aplicada.

A = sección transversal.

$f'c$ = resistencia a la comprensión.

Este ensayo se llevo a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.1.2 Ensayo de Absorción

Según Norma ASTM C128, este ensayo servirá para calcular la cantidad de agua absorbida por el mortero en estado endurecido mediante un espécimen curado por veinte cuatro horas y luego secado al horno. La diferencia entre los pesos húmedos (después de curados y secados superficialmente con una franela) y seco (después de ser secados al horno) nos da la cantidad de agua en gramos que el mortero es capaz de absorber.

3.1.3 ENSAYO DE ATAQUE POR CLORUROS

El método utilizado en la presente Tesis es el método de humedecido y secado por pérdida de peso del Ingeniero José Luis Díaz Lazo, la descripción del método se desarrollara en el siguiente capítulo.

3.2 ENSAYO DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO

2.2.1 Ensayo de Fluidez NTP 334.057

En este ensayo se tiene por objetivo analizar cuál es el estado u comportamiento de nuestra muestra según la cantidad correspondiente de sus componentes sobre todo del agua, ya que de esta depende resaltar sus características principales tales como su estado de fluidez, trabajabilidad, plasticidad y segregación de la misma, como también cuan resistente será después de fraguar según la proporción de sus componentes..

Procedimiento

Tener todos los equipos a usar en estados húmedos o superficialmente secos a fin de que no quite humedad a la mezcla.

Pesamos la cantidad de cemento y arena, según corresponda, y medimos una cierta cantidad de agua con la ayuda de la probeta dependiendo de las proporciones para el ensayo de fluidez de flexión u compresión.

Verter el agua y agregar el cemento

Mezclar durante 30 segundos a velocidad lenta o velocidad 1.

Ir agregando la arena sin detenerse.

Después dejamos reposar la mezcla durante 15 segundos.

Mezclamos a velocidad rápida o velocidad 2 por un minuto.

El mortero es colocado a un molde de forma de cono en 2 capas con 25 golpes cada una con ayuda de una lámina metálica enrazamos la superficie de nuestro cono tratando de homogenizar la superficie.

Luego retiramos el cono y damos 15 golpes en 25 segundos, proseguimos tomando la medida de 4 diámetros de la muestra.

3.2.2 Ensayo de Peso Unitario NTP 400.017

Es el peso del mortero en un determinado volumen, y sirve para poder comparar con respecto a otros morteros y verificar que las proporciones de los materiales es correcta.

Procedimiento:

- ❖ Preparar la mezcla del mortero.
- ❖ Limpiar y humedecer un recipiente de $\frac{1}{2}$ pie³ de capacidad.
- ❖ Pesar el recipiente vacío.
- ❖ Llenar el recipiente con mortero en tres capas y compactar cada capa con 25 golpes por medio de una varilla de 60 cm. de longitud de $\frac{5}{8}$ " de diámetro enrasado con la misma varilla la última compactación.
- ❖ Pesar el recipiente con el mortero enrasado.
- ❖ El peso unitario compactado del mortero se obtiene dividiendo el peso de éste con el volumen del recipiente, expresado en kg/m³.

3.2.3 Ensayo de Tiempo de Fraguado

Cuando se mezcla cemento con agua se producen reacciones químicas que dan origen a cambios en la estructura de la pasta conservando esta mezcla su plasticidad durante un determinado tiempo, para luego perderla gradualmente y dar paso al endurecimiento de la pasta.

Así podemos definir el fraguado ó tiempo de fraguado como el periodo que requiere una mezcla de cemento y agua para adquirir una dureza previamente determinada, y se divide en dos tiempos:

- a) El fraguado inicial se caracteriza por un aumento de viscosidad y la temperatura de la mezcla.
- b) Fraguado final se caracteriza por la rigidez de la mezcla como consecuencia del aumento de la hidratación.

Procedimiento:

- ❖ Preparar la mezcla del mortero.
- ❖ Llenar el mortero en una sola capa hasta una altura mínima de 14 cm los dos moldes cilíndricos limpios y previamente humedecidos, los cuales tienen las siguientes dimensiones:

Diámetro = 17.7 cm (Norma N.T.P.339.082, diámetro = 15 cm)

Altura = 17.7 cm (Norma N.T.P.339.082 altura mínima = 15 cm)

- ❖ Dar un golpe con la varilla compactadora por cada 650 mm² de superficie, para dichos moldes corresponden 38 golpes en cada uno, luego de la compactación se golpea suavemente a los costados de los moldes para eliminar las burbujas de aire y luego enrasar.
- ❖ Antes de ensayar, se recomienda retirar con una jeringa el agua que haya subido a la superficie de la muestra; según el estado de endurecimiento del mortero, colocar en el aparato una aguja de tamaño apropiado y se pone ésta en contacto con el mortero, aplicando una fuerza vertical gradual y uniformemente hacia abajo hasta llegar a una penetración de 25mm, en un tiempo aproximado de 10 segundos.
- ❖ Apuntar la fuerza registrada, el área de la aguja de penetración y la hora de ensayo.
- ❖ Tener cuidado en eludir sitio en los cuales el mortero ha sido alterado de cualquier penetración anterior, debe ser al menos de dos veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15 mm., además se debe dejar caer una distancia libre entre la aguja y la pared del recipiente por lo menos 25 mm.
- ❖ Para muestras normales y temperaturas normales, el primer ensayo se debe hacer cuando haya transcurrido de 3 a 4 horas y los demás ensayos cada hora. La norma también recomienda para mezclas aceleradas o altas temperaturas hacer el primer ensayo cuando haya transcurrido de 1 a 2 horas y los demás ensayo a intervalos de 30 minutos.
- ❖ Hacer para cada ensayo de fraguado por lo menos seis penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellas serán tales que suministren punto adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento, las penetraciones deben alcanzar una resistencia de por lo menos 280 daN/cm² (280 kgf/cm²).
- ❖ La resistencia a la penetración se calcula en daN/cm² (kgf/cm²) como el coeficiente de la fuerza requerida que la aguja penetre 25 mm y el área de la superficie de contacto de la aguja.

3.2.4 Ensayo de Exudación NTP 334.121

La exudación es una propiedad del mortero al estado fresco, por la cual una parte del agua se separa de la masa hacia la superficie del mortero, la exudación es una condición normal del mortero, pero es importante evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. La cantidad de exudación esta influenciada por la cantidad de finos de los agregados y la finura del cemento, si mas fina es la molienda de éste y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor ya que se retiene el agua de la mezcla.

Procedimiento:

- ❖ Preparar la mezcla del mortero.
- ❖ Llenar un recipiente cilíndrico de $\frac{1}{2}$ pie³ de capacidad en tres capas, cada una de ellas debe ser compactada con 25 golpes, dejando una pulgada libre en la parte superior del recipiente, luego de compactar la última capa de la mezcla, nivelar y alisar la superficie, haciendo un pequeño orificio para facilitar la extracción del agua exudada.
- ❖ Colocar el recipiente sobre una plataforma niveladora o sobre un piso plano, libre de vibraciones y tapar el recipiente, manteniéndolo en el mismo lugar durante todo el ensayo.
- ❖ Extraer el agua que se haya acumulado en la superficie (con una jeringa o pipeta) a intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos, y a intervalos de 30 minutos de allí en adelante hasta que cese la exudación, se inclina la probeta cuidadosamente colocando un taco de madera aproximadamente de 5 cm de espesor debajo del recipiente.
- ❖ Vaciar el agua extraída en una probeta graduada, apuntando la lectura y la hora de extracción del agua exudada.
- ❖ Seguir el mismo procedimiento para cada extracción, anotando las cantidades de agua acumulada en la probeta.
- ❖ El volumen de agua de exudación se cálculo por unidad de superficie dividiendo el volumen en cm³ de agua de exudación durante un intervalo seleccionado y en área expuesta de la arena en cm².

CAPITULO IV: PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS Y NORMAS

4.1 MÉTODO DE ENSAYO

El método de ensayo utilizado en el presente estudio de tesis es el de corrosión acelerada y consiste en el humedecimiento, secado y por pérdida de peso, desarrollado por el Ing. José Luis Díaz Lazo (Tesis: "Corrosión del cemento por ataque del sulfato" UNI-FIC 1994). La metodología para el presente consiste en estudiar el proceso evolutivo de la corrosión en el mortero por ataque del cloruro de sodio (C/Na) usando el cemento Portland Tipo I, con las siguientes dosificaciones cemento/arena (C/A): 1:4, 1:3, 1:2, 1:1.

El método consistió en fabricar probetas de 4" pulgadas de diámetro por 8" pulgadas de altura, con varillas de acero de \varnothing 3/8" pulgadas de diámetro en su interior con una longitud de 2.5" pulgadas, siendo introducidas las probetas en un recipiente con solución de cloruro de sodio en concentración de 100 g/l.

Estas varillas de 3/8" pulgadas fueron colocadas a 1" y 2" de recubrimiento de mortero para cada dosificación señalados.

4.2 PROCEDIMIENTO DE ATAQUES DE MORTEROS CON CLORURO DE 100 gr/l.

Este ensayo se realiza teniendo como muestras pasta de cemento endurecida, para lo cual se emplearon los siguientes materiales:

- Material:
 - Cemento Portland Tipo I:
 - Arena
 - Agua Potable
 - Cloruro de Sodio.

- Equipos:

Los equipos son los siguientes:

- a) Moldes para probetas de 4" pulgadas de diámetro por 8" pulgadas de altura.
- b) Equipo de mezclado:

Una mezcladora de tipo epicíclico y se accionaba por medio de un motor eléctrico cuya potencia mínimo de 124 W (1/6) HP.

La paleta de mezclado es de un material resistente física y químicamente al ataque de las pastas.

El recipiente de mezclado también es de un material resistente al ataque físico químico a las pastas.

c) Balanza de pesado:

La balanza utilizada tiene una capacidad menor a 5000 gr., y con una sensibilidad de 0.10 gramos.

d) Secado a temperatura del ambiente.

e) Compactación normalizada.

➤ Dosificaciones:

En las muestras se uso el cemento El Sol, Portland Tipo I, con las siguientes dosificaciones cemento/arena (C/A): 1:4, 1:3, 1:2, 1:1.

➤ Solución de inmersión:

Solución de cloruro de sodio: 100 gr/l., la solución se preparo disolviendo la sal hidratada por litro de agua potable para la determinada concentración.

➤ Preparación de las muestras:

- ❖ Las muestras se prepararon en las relaciones cemento/arena (C/A): 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4.
- ❖ Se coloca la primera capa de la pasta hasta la mitad de la probeta.
- ❖ Se compacta con la varilla en 25 golpes uniformemente con el compactador normalizado.
- ❖ Se llena nuevamente la probeta la segunda mitad de la probeta.
- ❖ Se compacta esta segunda capa con 25 golpes nuevamente con el compactador normalizado.
- ❖ Luego de un tiempo, cuando se observe que la pasta adquiera consistencia se enrasa la parte superior de la probeta con una espátula.

- ❖ Trascurrido veinte cuatro horas se procede a desmoldear la probeta, teniendo cuidado de precaución de averiar las aristas de la muestra.
- ❖ El curado de la muestras se realizo después del desmoldeo en una poza de agua potable, durante 28 días como mínimo.

➤ Ensayo de corrosión

Este ensayo de corrosión acelerada tiene por finalidad determinar la resistencia a la corrosión de la varilla de acero, sometido al ataque del cloruro de sodio.

El procedimiento del ensayo se inicia sumergiendo las muestras en la solución establecida durante 24 horas, luego se registra su peso.

Seguidamente se seca a temperatura del ambiente durante 24 horas y se registra su peso, completando un ciclo, se continúa durante varios ciclos de ensayo.

A continuación se describirá las fases del procedimiento de ensayo en la solución de cloruro:

Fase inicial:

- a) Secado a temperatura del ambiente durante 24 horas.
- b) Pesado de la muestra seca.

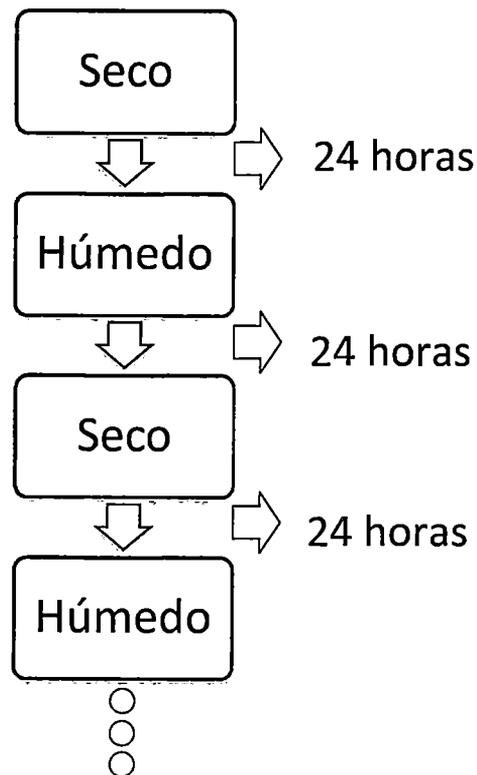
Fase de inmersión:

- a) Inmersión en la solución durante 24 horas.
- b) Pesado de la muestra húmeda, (primer ciclo).
- c) Secado a temperatura del ambiente durante 24 horas.
- d) Pesado de la muestra seca.
- e) Inmersión en la solución durante 24 horas.
- f) Pesado de la muestra húmeda, (segundo ciclo).
- g) Secado a temperatura del ambiente durante 24 horas.
- h) Pesado de la muestra seca.
- i) Inmersión en la solución durante 24 horas.
- j) Pesado de la muestra húmeda, (tercer ciclo).
- k) Secado a temperatura del ambiente durante 24 horas.
- l) Inmersión en la solución durante 24 horas.

- m) Pesado de la muestra húmeda, (cuarto ciclo).
- n) Etc.

4.3 EXPLICACION DEL ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO CON CLORURO DE SODIO AL 100 gr/l.

El ensayo se basa en ciclos repetitivos de humedecido y secado de 24 horas cada uno como lo indica el siguiente cuadro:



Para profundizar la investigación de la presente tesis, también se realizaron ensayos de humedecido y secado colocando la varilla de acero de $\varnothing 3/8$ " de diámetro y de 50 cm de longitud directamente en la solución de cloruro de sodio en concentración de 100 g/l. en el mismo número de ciclos de las probetas.

CAPÍTULO V

CUADRO DE RESULTADOS Y GRÁFICOS

TABLA N°5.1

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

MUESTRA : Arena de cantera " Valle Chillón"

PESO : 500 gr.

ENSAYO : Promedio

TAMÍZ		AGREGADO FINO				NORMA ASTM C-33	
Nº	mm.	PESO RETEN. (gr.)	% RETEN.	% RETEN. ACUM.	% ACUM. QUE PASA	LIMIT. IZQ.	LIMIT. DER.
3/8"	9.525					100	100
1/4"	6.350				100		
Nº 4	4.760	8.5	1.7	1.7	98.3	89	100
Nº 8	2.380	36.5	7.3	9.0	91.0	65	100
Nº 16	1.190	85.0	17.0	26.0	74.0	45	100
Nº 30	0.595	128.0	25.6	51.6	48.4	25	80
Nº 50	0.297	114.25	22.85	74.45	25.55	5	48
Nº 100	0.149	70.75	14.15	88.6	11.4	0	12
FONDO	0.074	57.0	11.4	100.0	0.0	0	0
SUMA =		500					
MÓDULO DE FINURA			=	2.51			

GRÁFICO N°5.1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

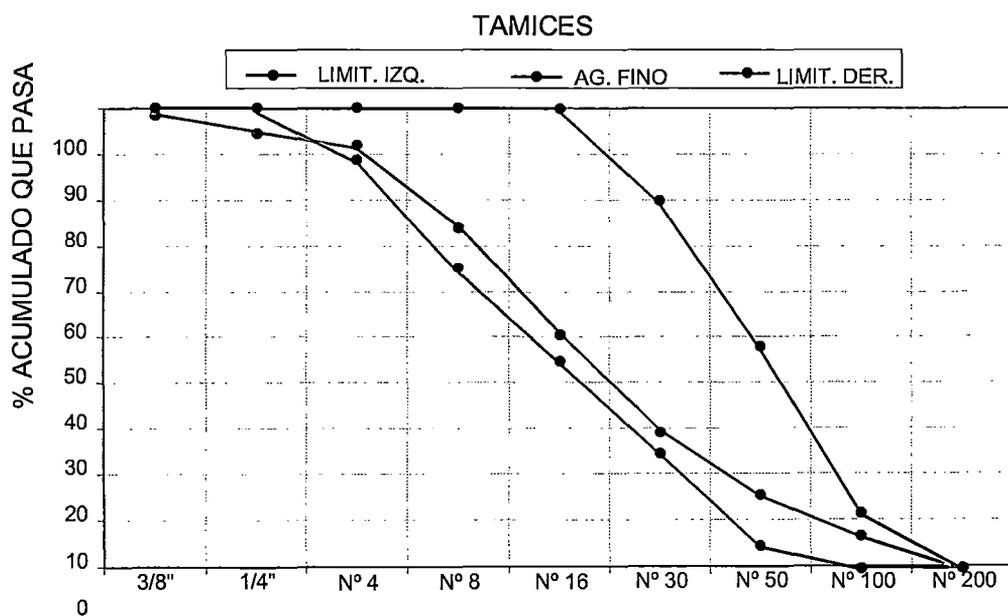


TABLA N°5.2

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

PROPIEDADES	ARENA
Peso Específico :	2.68 gr/cm ³
Peso Específico de Masa Superficialmente Seco	2.71 gr/cm ³
Peso Específico Aparente	2.74 gr/cm ³
Porcentaje de Absorción	0.76 %
Peso Unitario Suelto o Aparente	1.66 kg/m ³
Peso Compactado	1.94 kg/m ³
Contenido de Humedad	0.76 %
Módulo de Finura	2.51

NOTA: Para los cálculos 1 gr.<=> 1 cm³

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°5.3
ENSAYO DE FLUIDEZ

Dosificación	Porcentaje
1:1	105.68
1:2	105.43
1:3	107.89
1:4	109.65

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°5.4
TIEMPO DE FRAGUA

Dosificación	F. inicial	F. final
1:1	1h25min	2h45min
1:2	1h	2h30min
1:3	1h45min	2h22min
1:4	1h47min	2h15min

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.5
DATOS DE MORTERO PATRON, A/C: 1:1

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3644.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3643.6	-1.30	-0.04	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
2	3643.9	0.00	0.00	0.30	0.01	-0.03	0.00	0.00	0.00
3	3643.8	-0.10	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
4	3636.1	-7.70	-0.21	0.00	0.00	-0.24	0.00	0.00	0.00
5	3643.5	0.00	0.00	7.40	0.20	-0.04	0.00	0.00	0.00
6	3647.0	0.00	0.00	3.50	0.10	0.06	0.00	0.00	0.00
7	3646.5	-0.50	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
8	3648.3	0.00	0.00	1.80	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00
9	3649.4	0.00	0.00	1.10	0.03	0.12	0.00	0.00	0.00
10	3646.4	-3.00	-0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
11	3637.8	-8.60	-0.23	0.00	0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
12	3639.2	0.00	0.00	1.40	0.04	-0.16	0.00	0.00	0.00
13	3642.7	0.00	0.00	3.50	0.10	-0.06	0.00	0.00	0.00
14	3641.9	-0.80	-0.02	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00	0.00
15	3646.0	0.00	0.00	4.10	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00
16	3645.0	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	3643.2	-1.80	-0.05	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
18	3644.9	0.00	0.00	1.70	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
19	3646.7	0.00	0.00	1.80	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
20	3642.7	-4.00	-0.11	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3638.7	-4.00	-0.11	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.00
22	3650.1	0.00	0.00	11.40	0.31	0.14	0.00	0.00	0.00
23	3643.7	-6.40	-0.17	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
24	3643.1	-0.60	-0.02	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
25	3638.6	-4.50	-0.12	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.00
26	3623.6	-15.00	-0.41	0.00	0.00	-0.58	0.00	0.00	0.00
27	3648.7	0.00	0.00	25.10	0.68	0.10	0.00	0.00	0.00
28	3653.7	0.00	0.00	5.00	0.14	0.24	0.00	0.00	0.00
29	3645.6	-8.10	-0.22	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
30	3652.1	0.00	0.00	6.50	0.18	0.20	0.00	0.00	0.00
31	3653.6	0.00	0.00	1.50	0.04	0.24	0.00	0.00	0.00
32	3655.9	0.00	0.00	2.30	0.06	0.30	2.30	0.06	0.06
33	3605.0	-50.90	-1.39	0.00	0.00	-1.09	-50.90	-1.39	-1.32
34	3631.8	0.00	0.00	26.80	0.73	-0.36	26.80	0.73	-0.59
35	3619.5	-12.30	-0.34	0.00	0.00	-0.69	-12.30	-0.34	-0.93
36	3622.0	0.00	0.00	2.50	0.07	-0.62	2.50	0.07	-0.86
37	3606.0	-16.00	-0.44	0.00	0.00	-1.06	-16.00	-0.44	-1.30

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.6
DATOS DE MORTERO PATRON, A/C: 1:2

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3673.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3672.4	-1.30	-0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
2	3677.0	0.00	0.00	4.60	0.12	0.09	0.00	0.00	0.00
3	3675.5	-1.50	-0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
4	3669.4	-6.10	-0.16	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
5	3675.8	0.00	0.00	6.40	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00
6	3678.9	0.00	0.00	3.10	0.08	0.14	0.00	0.00	0.00
7	3678.7	-0.20	-0.01	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
8	3669.6	-9.10	-0.24	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
9	3680.2	0.00	0.00	10.60	0.29	0.17	0.00	0.00	0.00
10	3677.3	-2.90	-0.08	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
11	3666.4	-10.90	-0.29	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00
12	3672.7	0.00	0.00	6.30	0.17	-0.03	0.00	0.00	0.00
13	3675.5	0.00	0.00	2.80	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00
14	3684.7	0.00	0.00	9.20	0.25	0.30	0.00	0.00	0.00
15	3678.7	-6.00	-0.16	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
16	3678.8	0.00	0.00	0.10	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
17	3675.9	-2.90	-0.08	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
18	3677.4	0.00	0.00	1.50	0.04	0.10	0.00	0.00	0.00
19	3669.6	-7.80	-0.21	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
20	3676.5	0.00	0.00	6.90	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3673.1	-3.40	-0.09	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00
22	3683.5	0.00	0.00	10.40	0.28	0.26	0.00	0.00	0.00
23	3675.3	-8.20	-0.22	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
24	3677.4	0.00	0.00	2.10	0.06	0.10	0.00	0.00	0.00
25	3675.5	-1.90	-0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
26	3662.2	-13.30	-0.36	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.00	0.00
27	3679.5	0.00	0.00	17.30	0.47	0.16	0.00	0.00	0.00
28	3691.8	0.00	0.00	12.30	0.33	0.49	12.30	0.33	0.33
29	3682.5	-9.30	-0.25	0.00	0.00	0.24	-9.30	-0.25	0.08
30	3688.3	0.00	0.00	5.80	0.16	0.39	5.80	0.16	0.24
31	3686.2	-2.10	-0.06	0.00	0.00	0.34	-2.10	-0.06	0.18
32	3678.9	-7.30	-0.20	0.00	0.00	0.14	-7.30	-0.20	-0.02
33	3664.0	-14.90	-0.40	0.00	0.00	-0.26	-14.90	-0.40	-0.42
34	3665.7	0.00	0.00	1.70	0.05	-0.22	1.70	0.05	-0.37
35	3645.1	-20.60	-0.55	0.00	0.00	-0.77	-20.60	-0.55	-0.93
36	3651.0	0.00	0.00	5.90	0.16	-0.61	5.90	0.16	-0.77
37	3650.9	-0.10	0.00	0.00	0.00	-0.61	-0.10	0.00	-0.77

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.7
DATOS DE MORTERO PATRON, A/C: 1:3

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3729.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3730.5	0.00	0.00	1.20	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00
2	3730.8	0.00	0.00	0.30	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00
3	3729.8	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
4	3725.1	-4.70	-0.13	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
5	3730.7	0.00	0.00	5.60	0.15	0.04	0.00	0.00	0.00
6	3728.4	-2.30	-0.06	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00
7	3732.4	0.00	0.00	4.00	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00
8	3732.7	0.00	0.00	0.30	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00
9	3732.9	0.00	0.00	0.20	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00
10	3731.1	-1.80	-0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
11	3726.1	-5.00	-0.13	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00	0.00
12	3726.9	0.00	0.00	0.80	0.02	-0.06	0.00	0.00	0.00
13	3731.3	0.00	0.00	4.40	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00
14	3728.7	-2.60	-0.07	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00
15	3729.5	0.00	0.00	0.80	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
16	3730.3	0.00	0.00	0.80	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
17	3724.7	-5.60	-0.15	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
18	3728.7	0.00	0.00	4.00	0.11	-0.02	0.00	0.00	0.00
19	3727.2	-1.50	-0.04	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00
20	3729.9	0.00	0.00	2.70	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3725.2	-4.70	-0.13	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
22	3730.9	0.00	0.00	5.70	0.15	0.04	0.00	0.00	0.00
23	3727.8	-3.10	-0.08	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
24	3723.2	-4.60	-0.12	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	0.00
25	3724.3	0.00	0.00	1.10	0.03	-0.13	0.00	0.00	0.00
26	3711.8	-12.50	-0.33	0.00	0.00	-0.47	0.00	0.00	0.00
27	3732.0	0.00	0.00	20.20	0.54	0.07	0.00	0.00	0.00
28	3735.2	0.00	0.00	3.20	0.09	0.16	0.00	0.00	0.00
29	3730.7	-4.50	-0.12	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
30	3734.4	0.00	0.00	3.70	0.10	0.14	0.00	0.00	0.00
31	3736.2	0.00	0.00	1.80	0.05	0.18	0.00	0.00	0.00
32	3733.9	-2.30	-0.06	0.00	0.00	0.12	-2.30	-0.06	-0.06
33	3713.6	-20.30	-0.54	0.00	0.00	-0.42	-20.30	-0.54	-0.60
34	3711.8	-1.80	-0.05	0.00	0.00	-0.47	-1.80	-0.05	-0.65
35	3686.2	-25.60	-0.68	0.00	0.00	-1.15	-25.60	-0.68	-1.33
36	3693.9	0.00	0.00	7.70	0.21	-0.94	7.70	0.21	-1.13
37	3695.4	0.00	0.00	1.50	0.04	-0.90	1.50	0.04	-1.09

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.8
DATOS DE MORTERO PATRON, A/C: 1:4

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3681.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3676.8	-4.20	-0.11	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00
2	3675.8	-1.00	-0.03	0.00	0.00	-0.14	0.00	0.00	0.00
3	3676.3	0.00	0.00	0.50	0.01	-0.13	0.00	0.00	0.00
4	3668.3	-8.00	-0.22	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.00	0.00
5	3676.9	0.00	0.00	8.60	0.23	-0.11	0.00	0.00	0.00
6	3679.5	0.00	0.00	2.60	0.07	-0.04	0.00	0.00	0.00
7	3679.5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
8	3679.5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
9	3676.2	-3.30	-0.09	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	0.00
10	3678.0	0.00	0.00	1.80	0.05	-0.08	0.00	0.00	0.00
11	3675.3	-2.70	-0.07	0.00	0.00	-0.15	0.00	0.00	0.00
12	3674.9	-0.40	-0.01	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	0.00
13	3676.9	0.00	0.00	2.00	0.05	-0.11	0.00	0.00	0.00
14	3676.5	-0.40	-0.01	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	0.00
15	3677.4	0.00	0.00	0.90	0.02	-0.10	0.00	0.00	0.00
16	3678.1	0.00	0.00	0.70	0.02	-0.08	0.00	0.00	0.00
17	3675.0	-3.10	-0.08	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	0.00
18	3678.7	0.00	0.00	3.70	0.10	-0.06	0.00	0.00	0.00
19	3677.8	-0.90	-0.02	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00	0.00
20	3679.4	0.00	0.00	1.60	0.04	-0.04	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3675.0	-4.40	-0.12	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	0.00
22	3679.4	0.00	0.00	4.40	0.12	-0.04	0.00	0.00	0.00
23	3678.7	-0.70	-0.02	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00
24	3675.2	-3.50	-0.09	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	0.00
25	3674.9	-0.30	-0.01	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	0.00
26	3661.0	-13.90	-0.38	0.00	0.00	-0.54	0.00	0.00	0.00
27	3673.9	0.00	0.00	12.90	0.35	-0.19	12.90	0.35	0.35
28	3685.0	0.00	0.00	11.10	0.30	0.11	11.10	0.30	0.65
29	3681.6	-3.40	-0.09	0.00	0.00	0.02	-3.40	-0.09	0.56
30	3684.3	0.00	0.00	2.70	0.07	0.09	2.70	0.07	0.63
31	3682.1	-2.20	-0.06	0.00	0.00	0.03	-2.20	-0.06	0.57
32	3684.0	0.00	0.00	1.90	0.05	0.08	1.90	0.05	0.62
33	3643.5	-40.50	-1.09	0.00	0.00	-1.01	-40.50	-1.09	-0.47
34	3662.5	0.00	0.00	19.00	0.51	-0.50	19.00	0.51	0.04
35	3650.6	-11.90	-0.32	0.00	0.00	-0.82	-11.90	-0.32	-0.28
36	3652.9	0.00	0.00	2.30	0.06	-0.76	2.30	0.06	-0.22
37	3643.6	-9.30	-0.25	0.00	0.00	-1.01	-9.30	-0.25	-0.47

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.9
DATOS DE MORTERO MAS ACERO, A/C: 1:1

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3709.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3713.1	0.00	0.00	3.60	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
2	3711.3	-1.80	-0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
3	3709.0	-2.30	-0.06	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
4	3718.3	0.00	0.00	9.30	0.25	0.24	0.00	0.00	0.00
5	3717.0	-1.30	-0.03	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
6	3714.0	-3.00	-0.08	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
7	3717.9	0.00	0.00	3.90	0.10	0.23	0.00	0.00	0.00
8	3716.6	-1.30	-0.03	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00
9	3689.7	-26.90	-0.72	0.00	0.00	-0.53	0.00	0.00	0.00
10	3716.4	0.00	0.00	26.70	0.72	0.18	0.00	0.00	0.00
11	3724.5	0.00	0.00	8.10	0.22	0.40	0.00	0.00	0.00
12	3722.1	-2.40	-0.06	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00
13	3721.1	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
14	3717.2	-3.90	-0.10	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00
15	3718.9	0.00	0.00	1.70	0.05	0.25	0.00	0.00	0.00
16	3716.1	-2.80	-0.08	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00
17	3719.2	0.00	0.00	3.10	0.08	0.26	0.00	0.00	0.00
18	3718.5	-0.70	-0.02	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00
19	3719.3	0.00	0.00	0.80	0.02	0.26	0.00	0.00	0.00
20	3716.6	-2.70	-0.07	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3721.8	0.00	0.00	5.20	0.14	0.33	0.00	0.00	0.00
22	3718.2	-3.60	-0.10	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
23	3714.7	-3.50	-0.09	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
24	3722.9	0.00	0.00	8.20	0.22	0.36	0.00	0.00	0.00
25	3722.4	-0.50	-0.01	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00
26	3723.6	0.00	0.00	1.20	0.03	0.38	0.00	0.00	0.00
27	3724.6	0.00	0.00	1.00	0.03	0.40	0.00	0.00	0.00
28	3728.5	0.00	0.00	3.90	0.10	0.51	0.00	0.00	0.00
29	3728.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00
30	3730.9	0.00	0.00	2.40	0.06	0.57	0.00	0.00	0.00
31	3729.9	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.55	-1.00	-0.03	-0.03
32	3728.6	-1.30	-0.03	0.00	0.00	0.51	-1.30	-0.03	-0.06
33	3692.0	-36.60	-0.98	0.00	0.00	-0.47	-36.60	-0.98	-1.04
34	3690.8	-1.20	-0.03	0.00	0.00	-0.50	-1.20	-0.03	-1.07
35	3693.6	0.00	0.00	2.80	0.08	-0.43	2.80	0.08	-1.00
36	3687.1	-6.50	-0.17	0.00	0.00	-0.60	-6.50	-0.17	-1.17
37	3691.2	0.00	0.00	4.10	0.11	-0.49	4.10	0.11	-1.06

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.10
DATOS DE MORTERO MAS ACERO, A/C: 1:2

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3783.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3769.9	-13.90	-0.36	0.00	0.00	-0.36	0.00	0.00	0.00
2	3805.1	0.00	0.00	35.20	0.92	0.55	0.00	0.00	0.00
3	3798.5	-6.60	-0.17	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00
4	3797.4	-1.10	-0.03	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00
5	3796.1	-1.30	-0.03	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00
6	3791.1	-5.00	-0.13	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00
7	3769.9	-21.20	-0.55	0.00	0.00	-0.36	0.00	0.00	0.00
8	3800.3	0.00	0.00	30.40	0.79	0.43	0.00	0.00	0.00
9	3793.5	-6.80	-0.18	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
10	3796.9	0.00	0.00	3.40	0.09	0.34	0.00	0.00	0.00
11	3797.0	0.00	0.00	0.10	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00
12	3809.4	0.00	0.00	12.40	0.32	0.67	0.00	0.00	0.00
13	3807.0	-2.40	-0.06	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
14	3804.1	-2.90	-0.08	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00
15	3803.3	-0.80	-0.02	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00
16	3803.4	0.00	0.00	0.10	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00
17	3799.7	-3.70	-0.10	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
18	3801.3	0.00	0.00	1.60	0.04	0.46	0.00	0.00	0.00
19	3806.0	0.00	0.00	4.70	0.12	0.58	0.00	0.00	0.00
20	3803.8	-2.20	-0.06	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3806.9	0.00	0.00	3.10	0.08	0.60	0.00	0.00	0.00
22	3807.8	0.00	0.00	0.90	0.02	0.63	0.00	0.00	0.00
23	3806.8	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
24	3809.5	0.00	0.00	2.70	0.07	0.67	0.00	0.00	0.00
25	3815.6	0.00	0.00	6.10	0.16	0.83	0.00	0.00	0.00
26	3810.1	-5.50	-0.14	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00
27	3812.8	0.00	0.00	2.70	0.07	0.76	0.00	0.00	0.00
28	3816.8	0.00	0.00	4.00	0.10	0.86	0.00	0.00	0.00
29	3817.8	0.00	0.00	1.00	0.03	0.89	0.00	0.00	0.00
30	3819.9	0.00	0.00	2.10	0.05	0.94	0.00	0.00	0.00
31	3818.4	-1.50	-0.04	0.00	0.00	0.90	-1.50	-0.04	-0.04
32	3817.4	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.88	-1.00	-0.03	-0.07
33	3774.6	-42.80	-1.11	0.00	0.00	-0.24	-42.80	-1.11	-1.18
34	3779.4	0.00	0.00	4.80	0.13	-0.11	4.80	0.13	-1.05
35	3778.5	-0.90	-0.02	0.00	0.00	-0.14	-0.90	-0.02	-1.08
36	3784.8	0.00	0.00	6.30	0.16	0.03	6.30	0.16	-0.91
37	3774.0	-10.80	-0.28	0.00	0.00	-0.26	-10.80	-0.28	-1.20

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.11
DATOS DE MORTERO MAS ACERO, A/C: 1:3

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3745.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3742.6	-2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3747.5	0.00	0.00	4.90	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00
3	3743.7	-3.80	-0.10	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
4	3745.8	0.00	0.00	2.10	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00
5	3743.2	-2.60	-0.07	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
6	3743.1	-0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
7	3743.2	0.00	0.00	0.10	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
8	3747.5	0.00	0.00	4.30	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00
9	3739.6	-7.90	-0.21	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00	0.00
10	3749.1	0.00	0.00	9.50	0.25	0.17	0.00	0.00	0.00
11	3746.7	-2.40	-0.06	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
12	3749.6	0.00	0.00	2.90	0.08	0.19	0.00	0.00	0.00
13	3751.8	0.00	0.00	2.20	0.06	0.24	0.00	0.00	0.00
14	3748.9	-2.90	-0.08	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
15	3751.2	0.00	0.00	2.30	0.06	0.23	0.00	0.00	0.00
16	3748.4	-2.80	-0.07	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
17	3749.2	0.00	0.00	0.80	0.02	0.17	0.00	0.00	0.00
18	3757.3	0.00	0.00	8.10	0.21	0.39	0.00	0.00	0.00
19	3752.1	-5.20	-0.14	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
20	3751.9	-0.20	-0.01	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3759.7	0.00	0.00	7.80	0.21	0.45	0.00	0.00	0.00
22	3748.0	-11.70	-0.31	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
23	3759.9	0.00	0.00	11.90	0.31	0.46	0.00	0.00	0.00
24	3762.2	0.00	0.00	2.30	0.06	0.52	0.00	0.00	0.00
25	3758.3	-3.90	-0.10	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00
26	3762.1	0.00	0.00	3.80	0.10	0.52	0.00	0.00	0.00
27	3763.8	0.00	0.00	1.70	0.04	0.56	0.00	0.00	0.00
28	3768.1	0.00	0.00	4.30	0.11	0.67	0.00	0.00	0.00
29	3766.1	-2.00	-0.05	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00
30	3771.2	0.00	0.00	5.10	0.13	0.76	0.00	0.00	0.00
31	3771.3	0.00	0.00	0.10	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00
32	3769.9	-1.40	-0.04	0.00	0.00	0.72	-1.40	-0.04	-0.04
33	3735.4	-34.50	-0.91	0.00	0.00	-0.19	-34.50	-0.91	-0.95
34	3728.1	-7.30	-0.19	0.00	0.00	-0.38	-7.30	-0.19	-1.14
35	3727.2	-0.90	-0.02	0.00	0.00	-0.41	-0.90	-0.02	-1.17
36	3732.6	0.00	0.00	5.40	0.14	-0.26	5.40	0.14	-1.02
37	3734.6	0.00	0.00	2.00	0.05	-0.21	2.00	0.05	-0.97

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5.12
DATOS DE MORTERO MAS ACERO, A/C: 1:4

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
0	3713.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3716.7	0.00	0.00	3.60	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
2	3719.9	0.00	0.00	3.20	0.09	0.18	0.00	0.00	0.00
3	3709.5	-10.40	-0.28	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00
4	3717.8	0.00	0.00	8.30	0.22	0.13	0.00	0.00	0.00
5	3713.6	-4.20	-0.11	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
6	3713.8	0.00	0.00	0.20	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
7	3716.7	0.00	0.00	2.90	0.08	0.10	0.00	0.00	0.00
8	3720.4	0.00	0.00	3.70	0.10	0.19	0.00	0.00	0.00
9	3721.9	0.00	0.00	1.50	0.04	0.23	0.00	0.00	0.00
10	3718.6	-3.30	-0.09	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
11	3721.8	0.00	0.00	3.20	0.09	0.23	0.00	0.00	0.00
12	3737.9	0.00	0.00	16.10	0.43	0.66	0.00	0.00	0.00
13	3724.7	-13.20	-0.35	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
14	3717.3	-7.40	-0.20	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
15	3726.8	0.00	0.00	9.50	0.25	0.36	0.00	0.00	0.00
16	3717.8	-9.00	-0.24	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
17	3714.0	-3.80	-0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
18	3724.1	0.00	0.00	10.10	0.27	0.29	0.00	0.00	0.00
19	3718.8	-5.30	-0.14	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
20	3719.3	0.00	0.00	0.50	0.01	0.17	0.00	0.00	0.00

CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO.
BACHILLER: LUIS HERNANDO RIMARACHÍN SÁNCHEZ.

Ciclos de Ensayo	Peso (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Aumento de Peso (gr)	Aumento de Peso (%)	Peso Acumulado (%)	Variación de Peso (gr)	Pérdida de Material (%)	Pérdida de Material Acumulado
21	3727.3	0.00	0.00	8.00	0.21	0.38	0.00	0.00	0.00
22	3715.7	-11.60	-0.31	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
23	3724.3	0.00	0.00	8.60	0.23	0.30	0.00	0.00	0.00
24	3730.5	0.00	0.00	6.20	0.17	0.46	0.00	0.00	0.00
25	3729.5	-1.00	-0.03	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
26	3729.4	-0.10	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00
27	3729.0	-0.40	-0.01	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00
28	3738.3	0.00	0.00	9.30	0.25	0.67	0.00	0.00	0.00
29	3733.9	-4.40	-0.12	0.00	0.00	0.55	-4.40	-0.12	-0.12
30	3735.9	0.00	0.00	2.00	0.05	0.61	2.00	0.05	-0.06
31	3736.9	0.00	0.00	1.00	0.03	0.63	1.00	0.03	-0.04
32	3735.2	-1.70	-0.05	0.00	0.00	0.59	-1.70	-0.05	-0.08
33	3705.3	-29.90	-0.80	0.00	0.00	-0.21	-29.90	-0.80	-0.88
34	3702.2	-3.10	-0.08	0.00	0.00	-0.29	-3.10	-0.08	-0.96
35	3696.9	-5.30	-0.14	0.00	0.00	-0.43	-5.30	-0.14	-1.10
36	3703.3	0.00	0.00	6.40	0.17	-0.26	6.40	0.17	-0.93
37	3691.8	-11.50	-0.31	0.00	0.00	-0.57	-11.50	-0.31	-1.24

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°5.2
ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración : 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 4"
Relación: c/a= 1:1

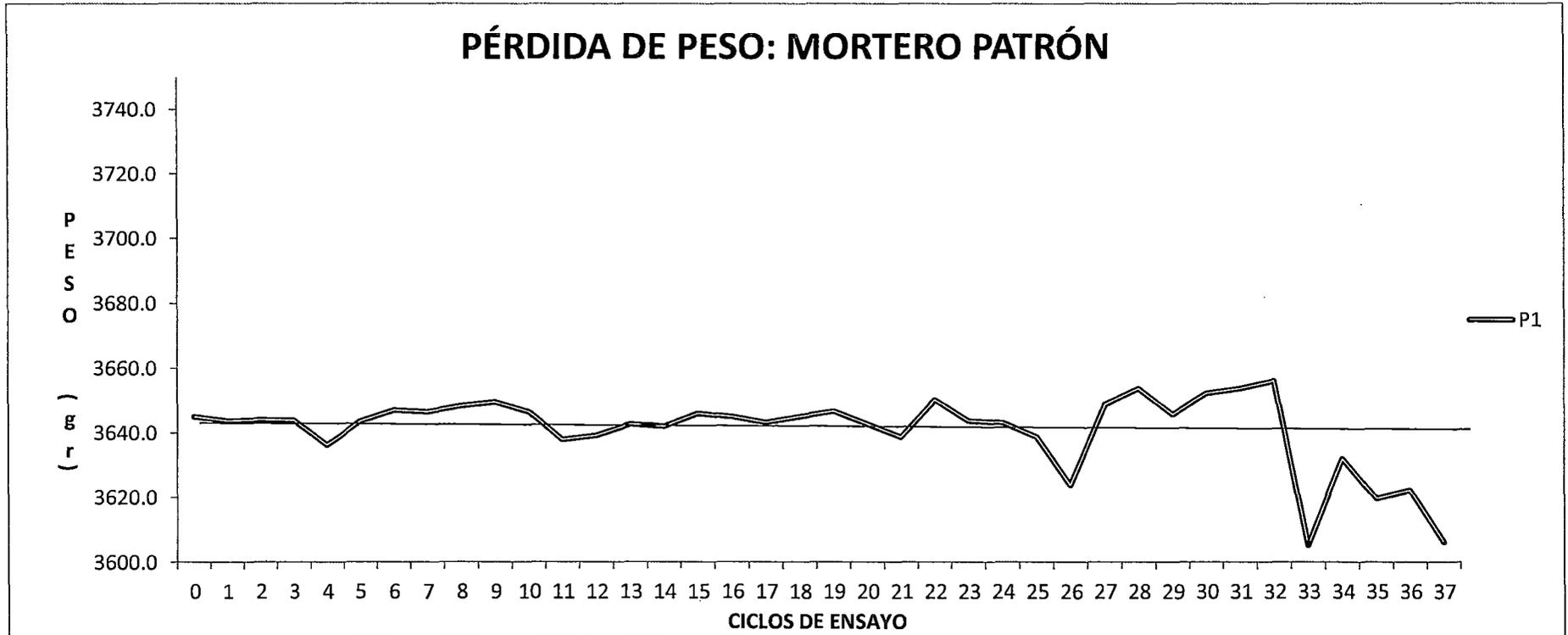


Gráfico N°5.3

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:2

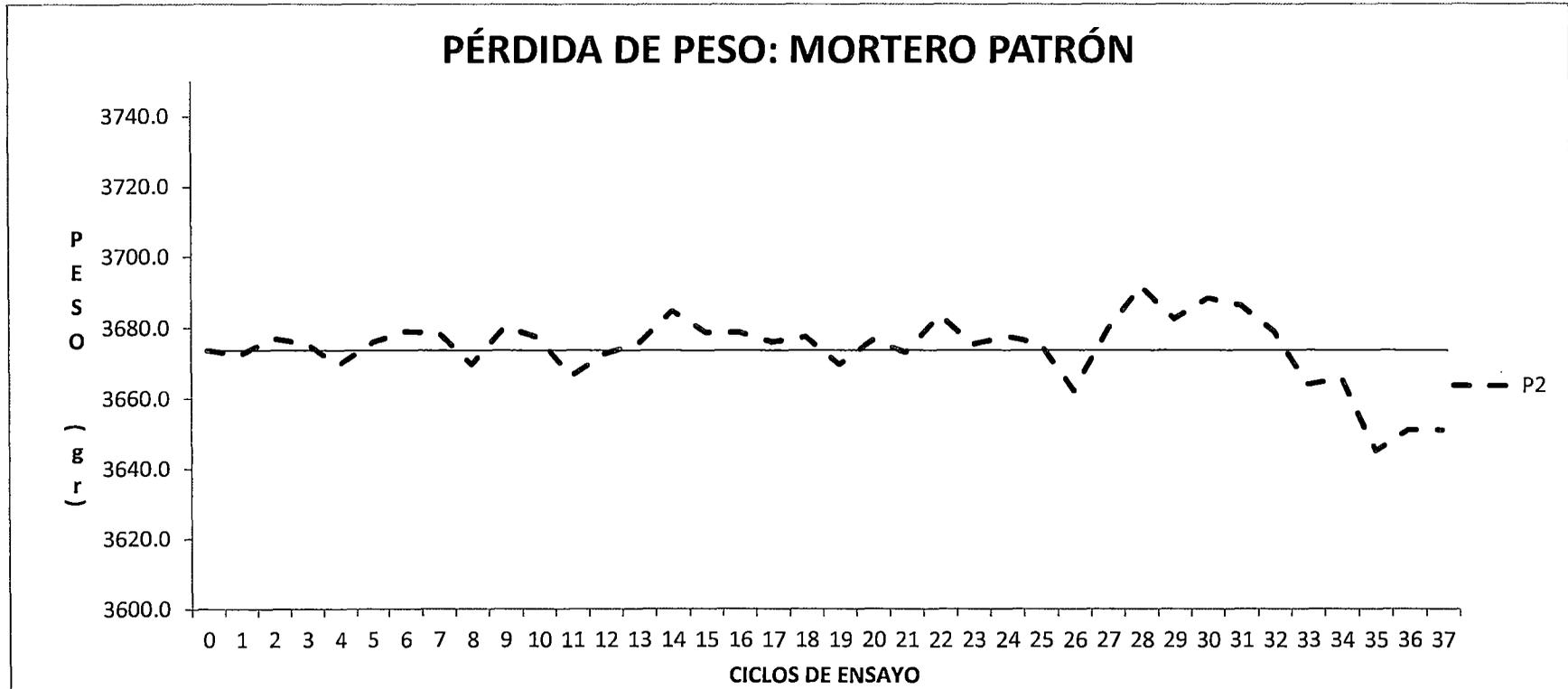


Gráfico N°5.4

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:3

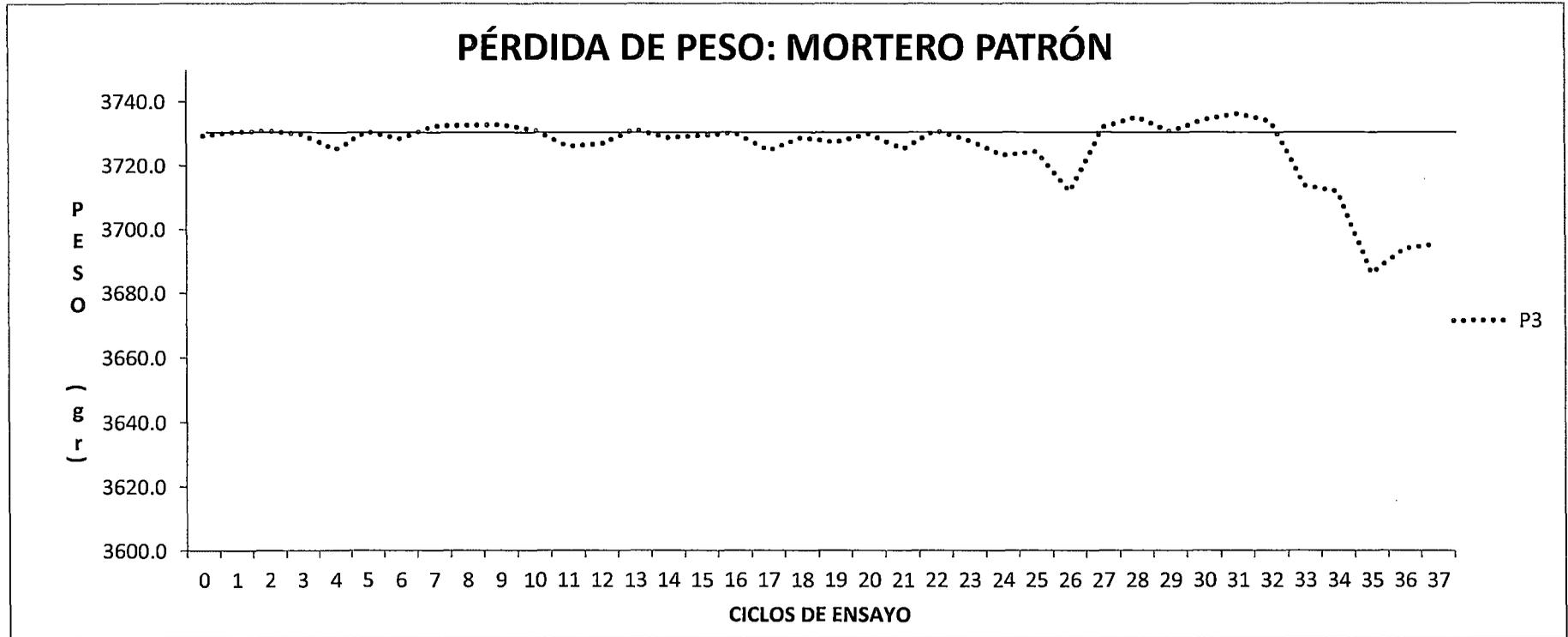


Gráfico N°5.5

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:4

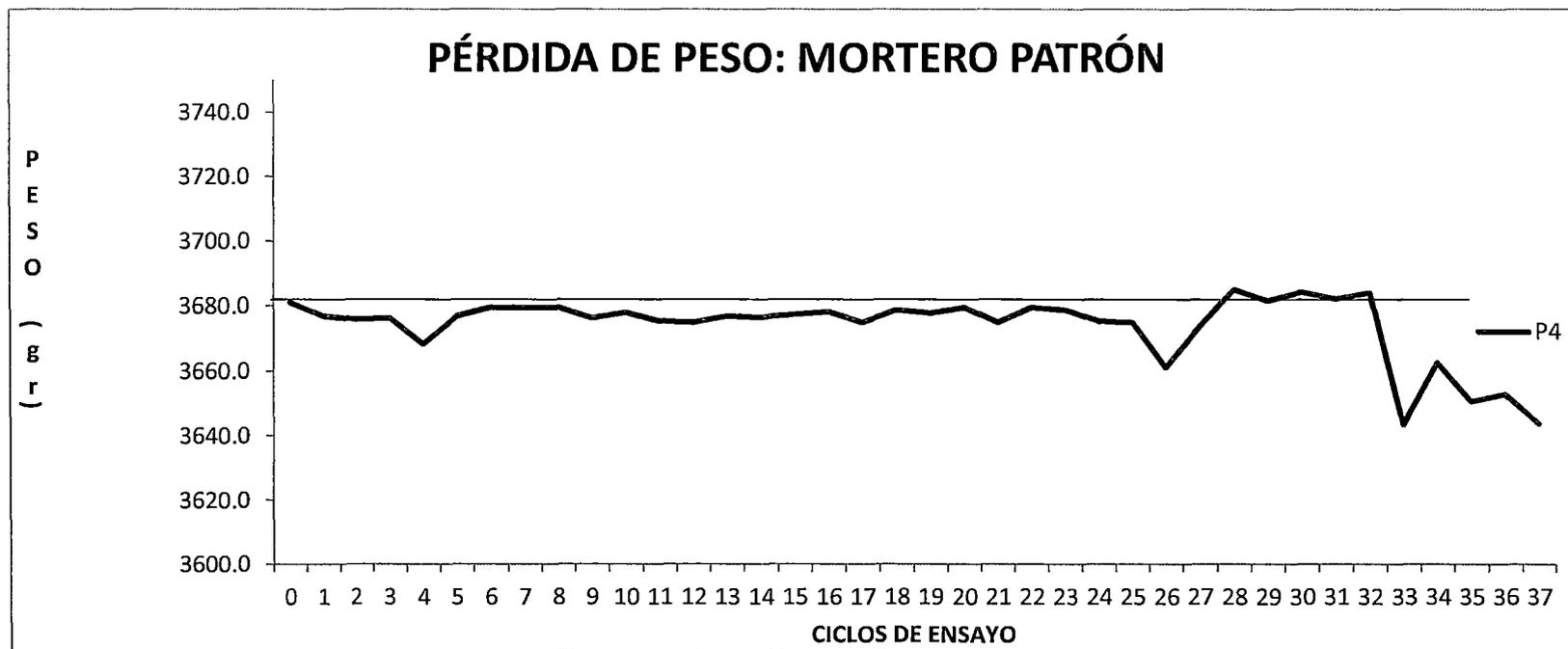


Gráfico N°5.6

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:1

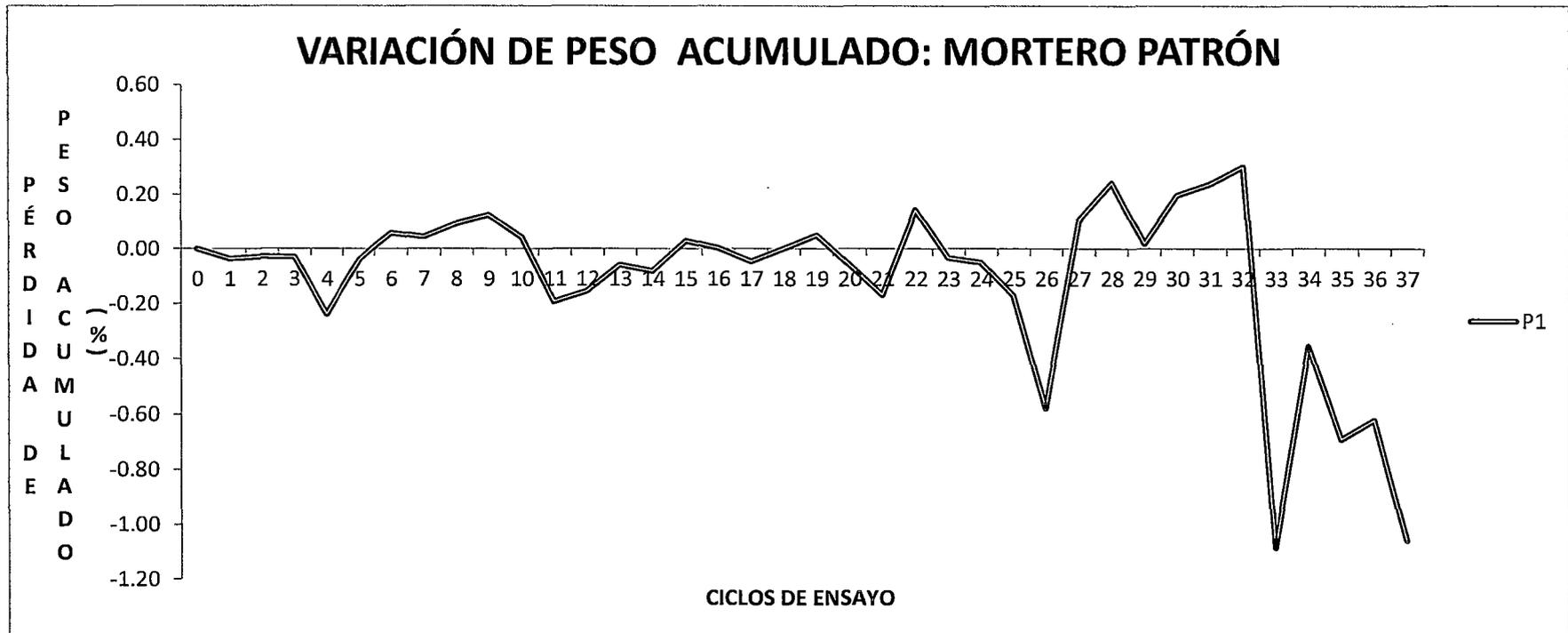


Gráfico N°5.7

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:2

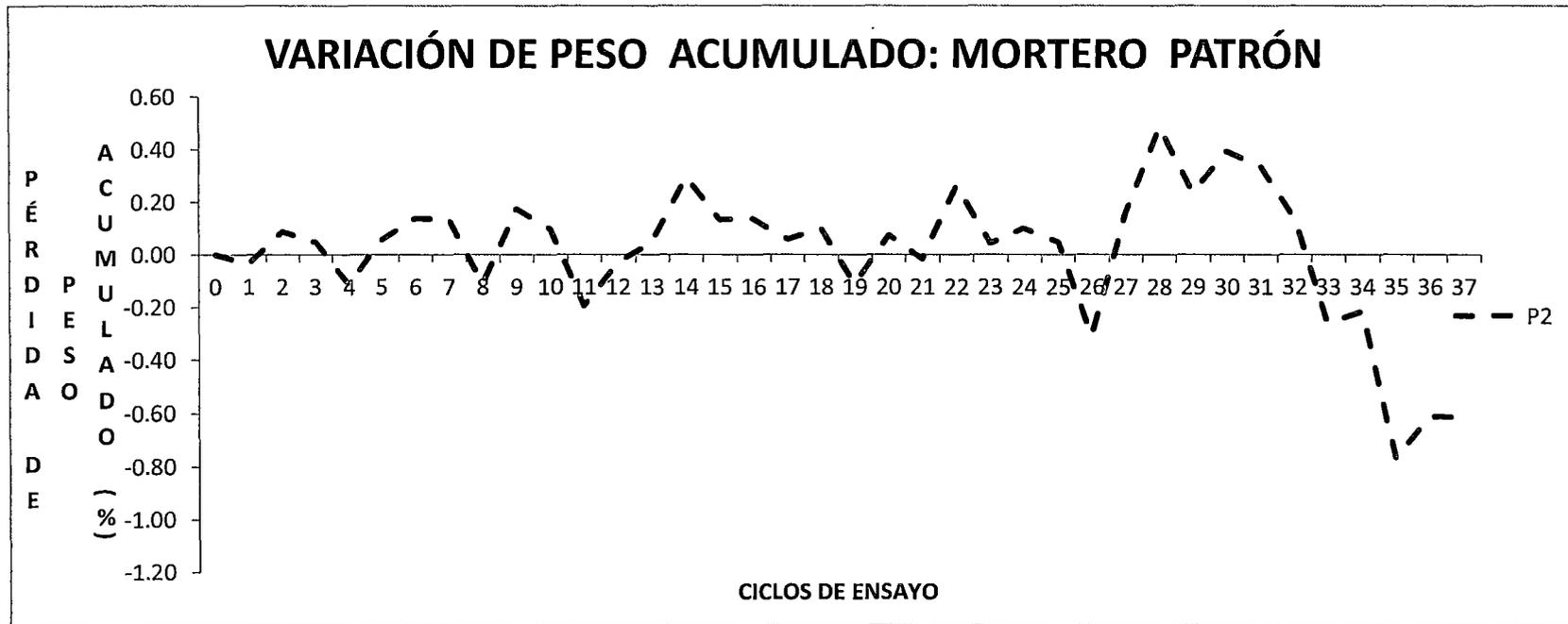


Gráfico N°5.8

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:3

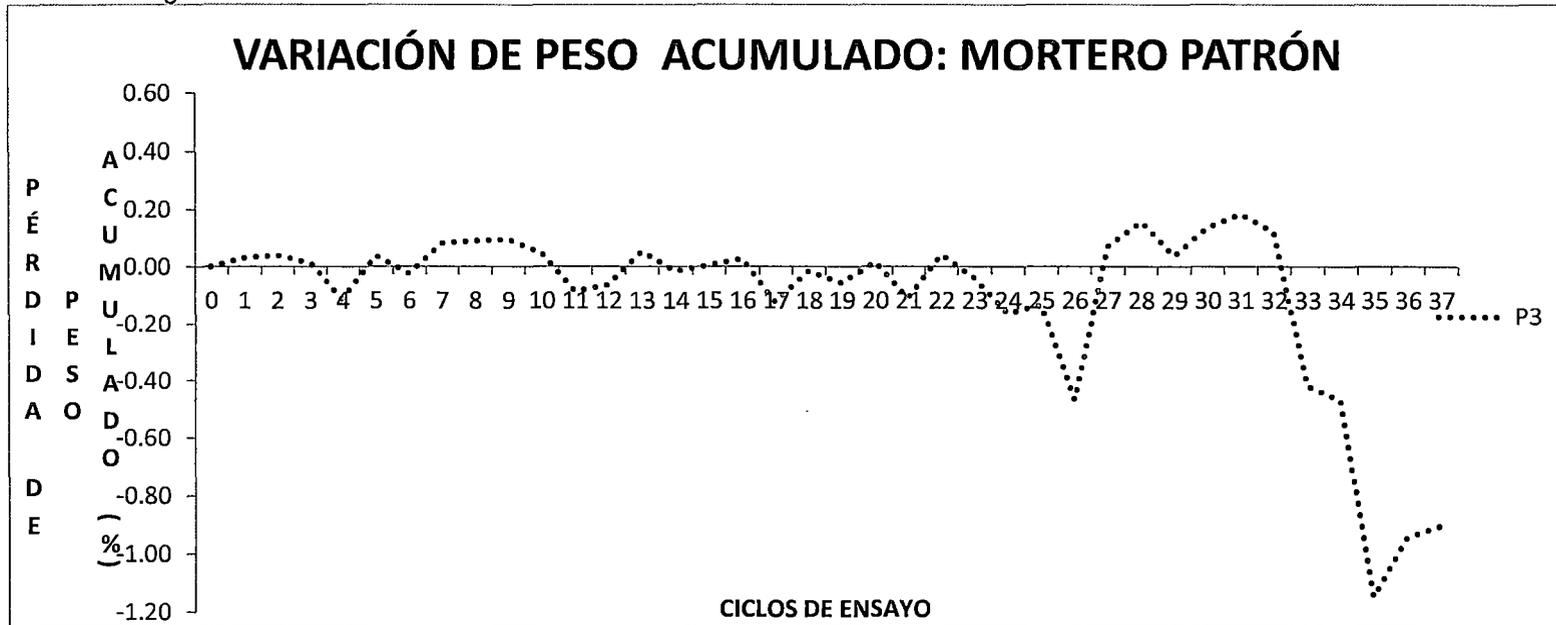


Gráfico N°5.9

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:4

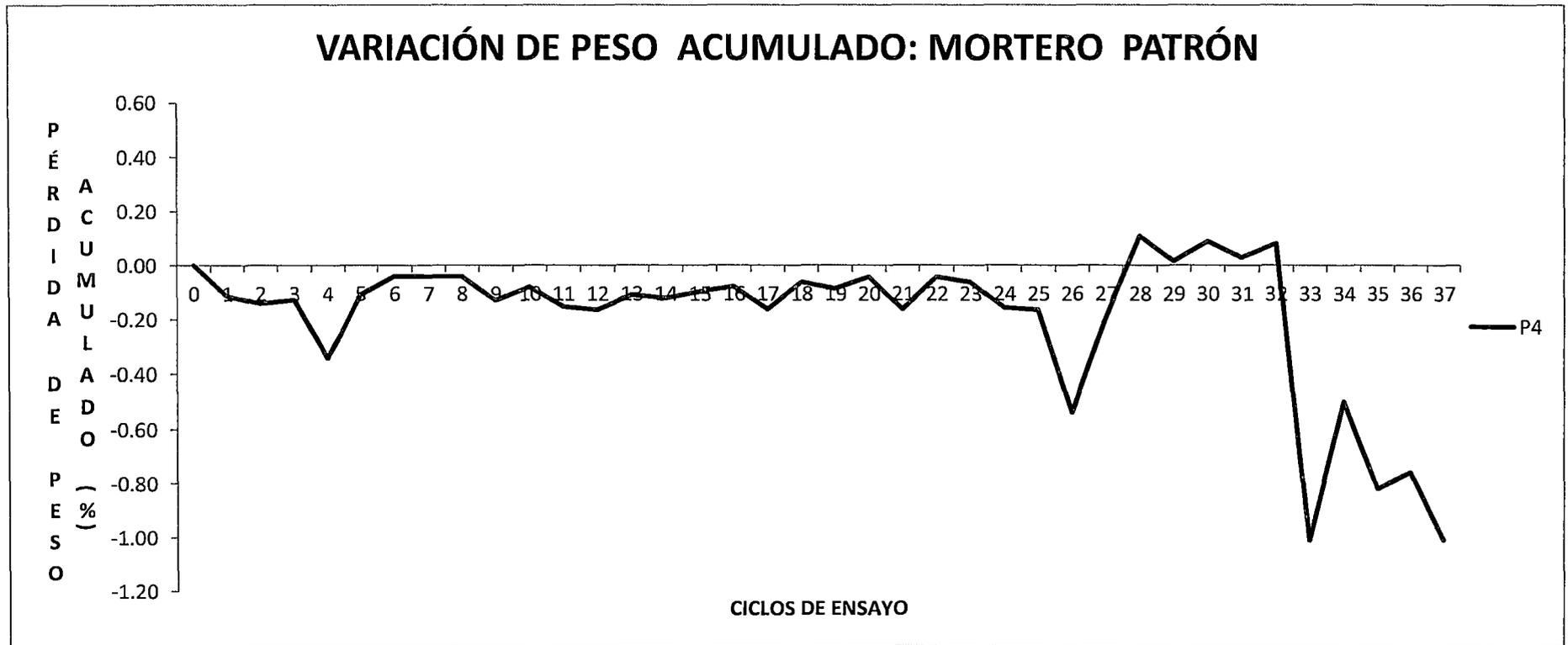


Gráfico N°5.10

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:1

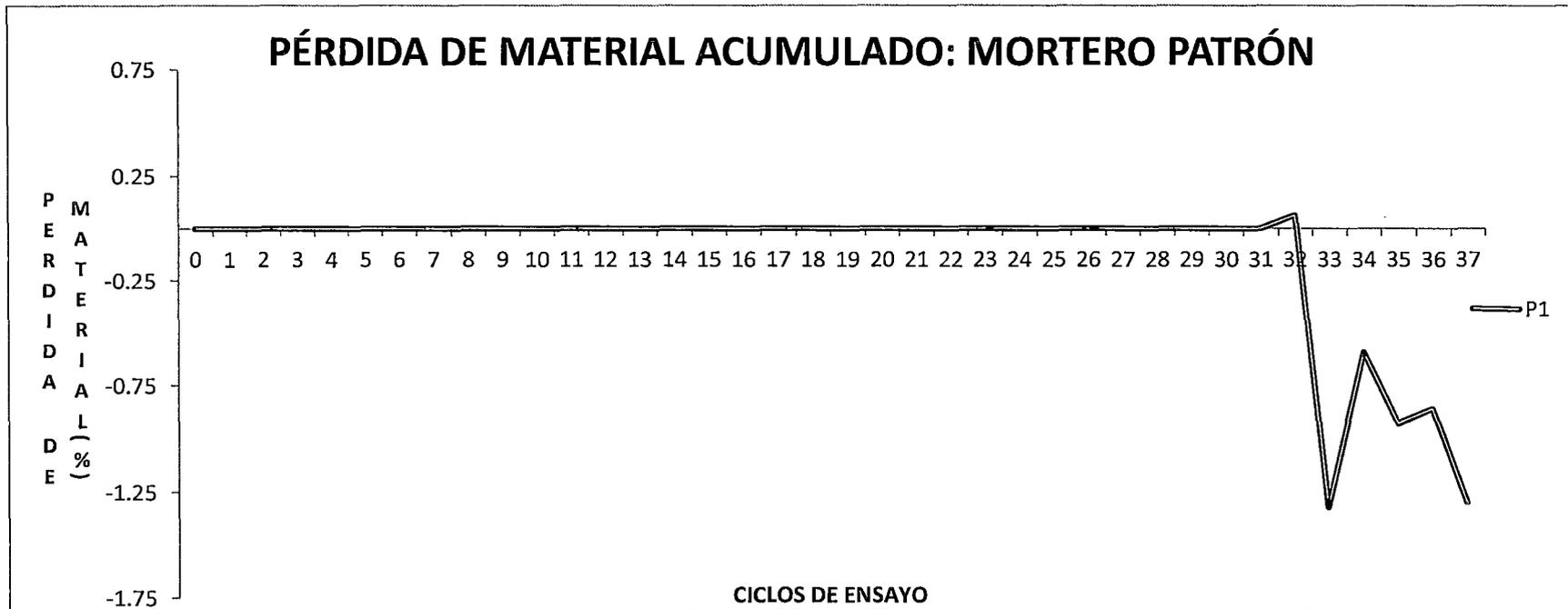


Gráfico N°5.11

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:2

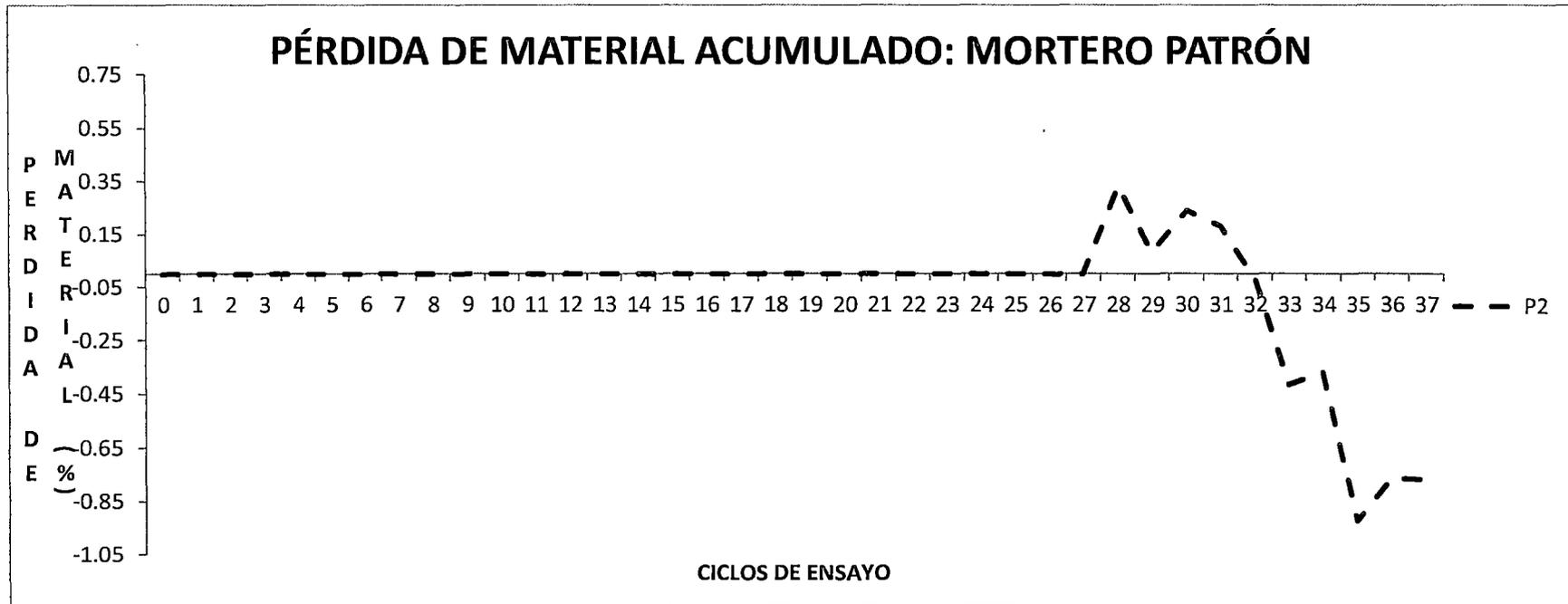


Gráfico N°5.12

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración : 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:3

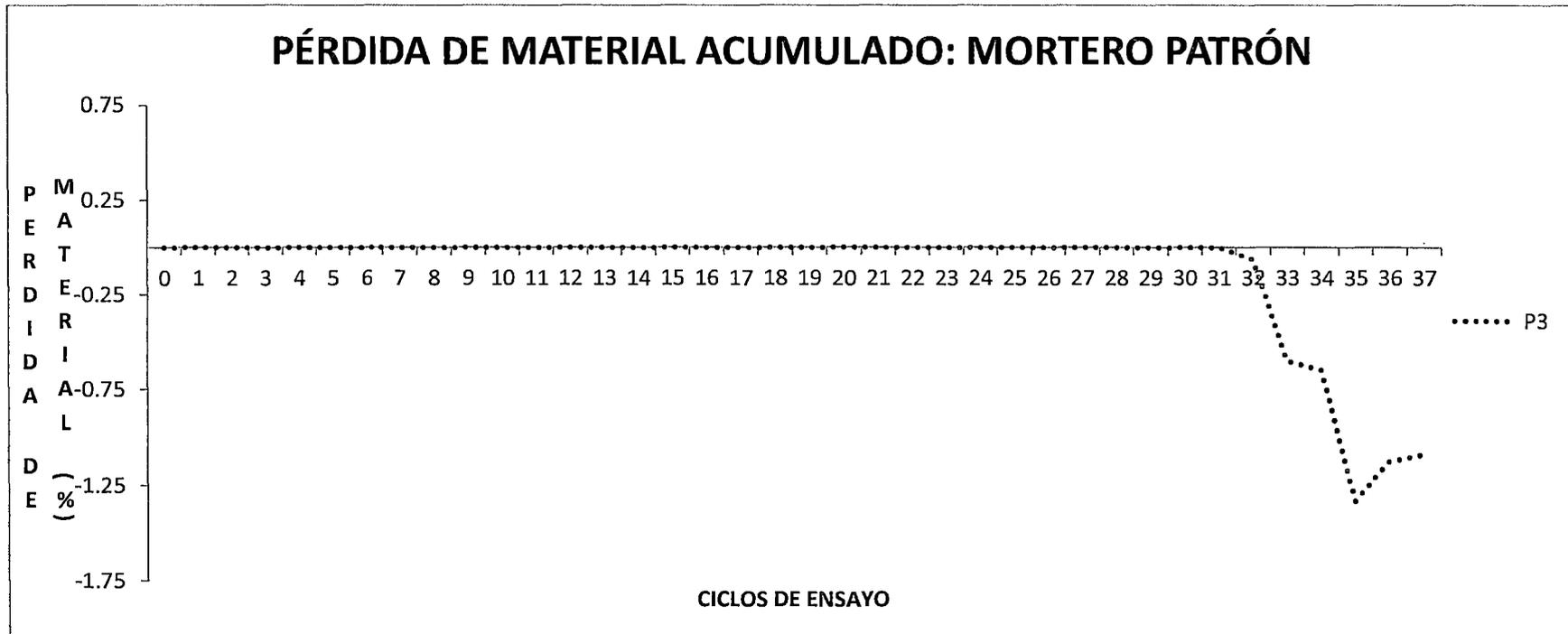


Gráfico N°5.13

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración : 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:4

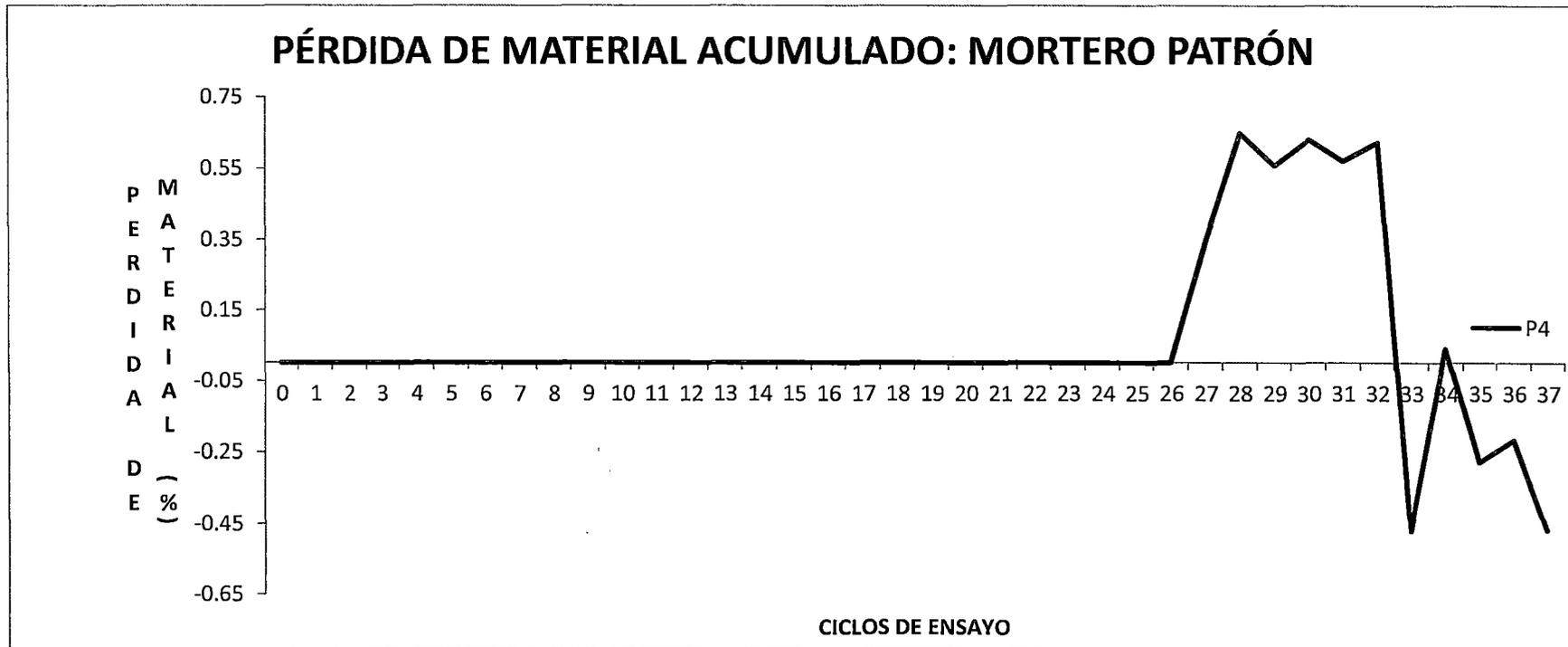


Gráfico N°5.14

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"

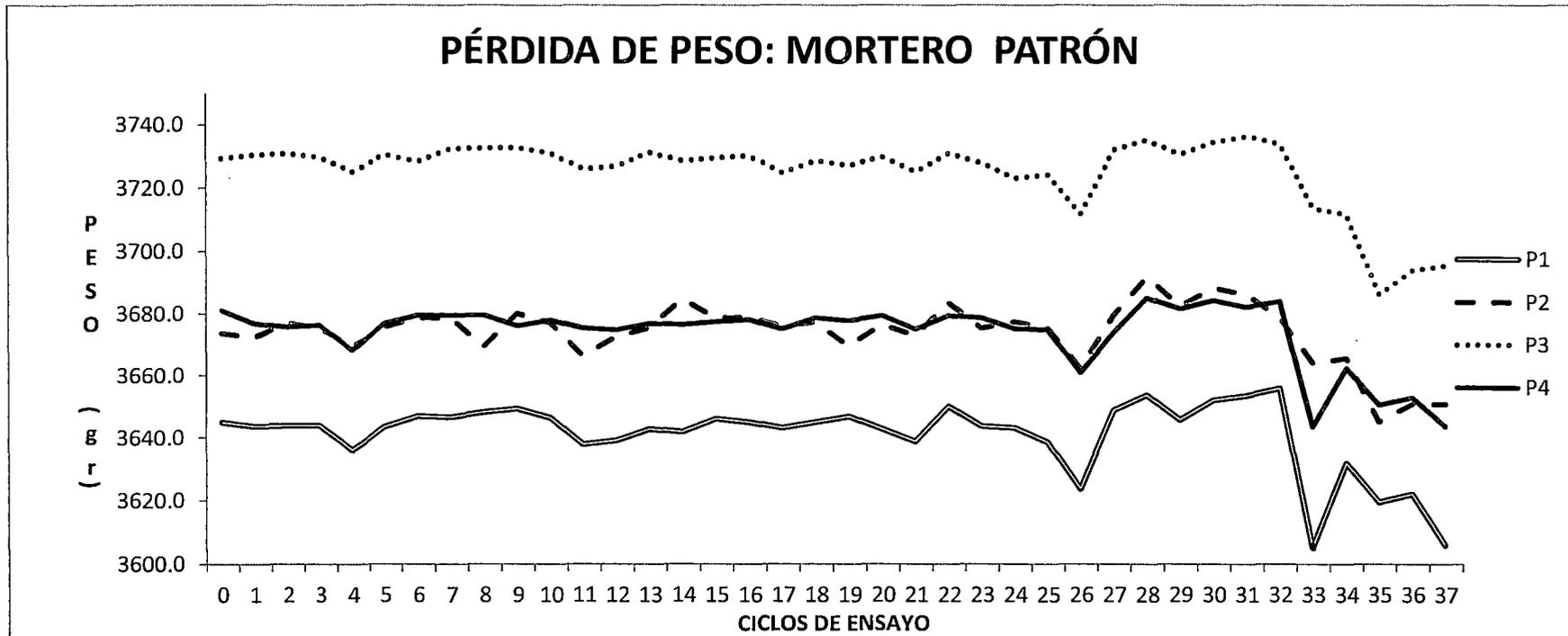


Gráfico N°5.15

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"

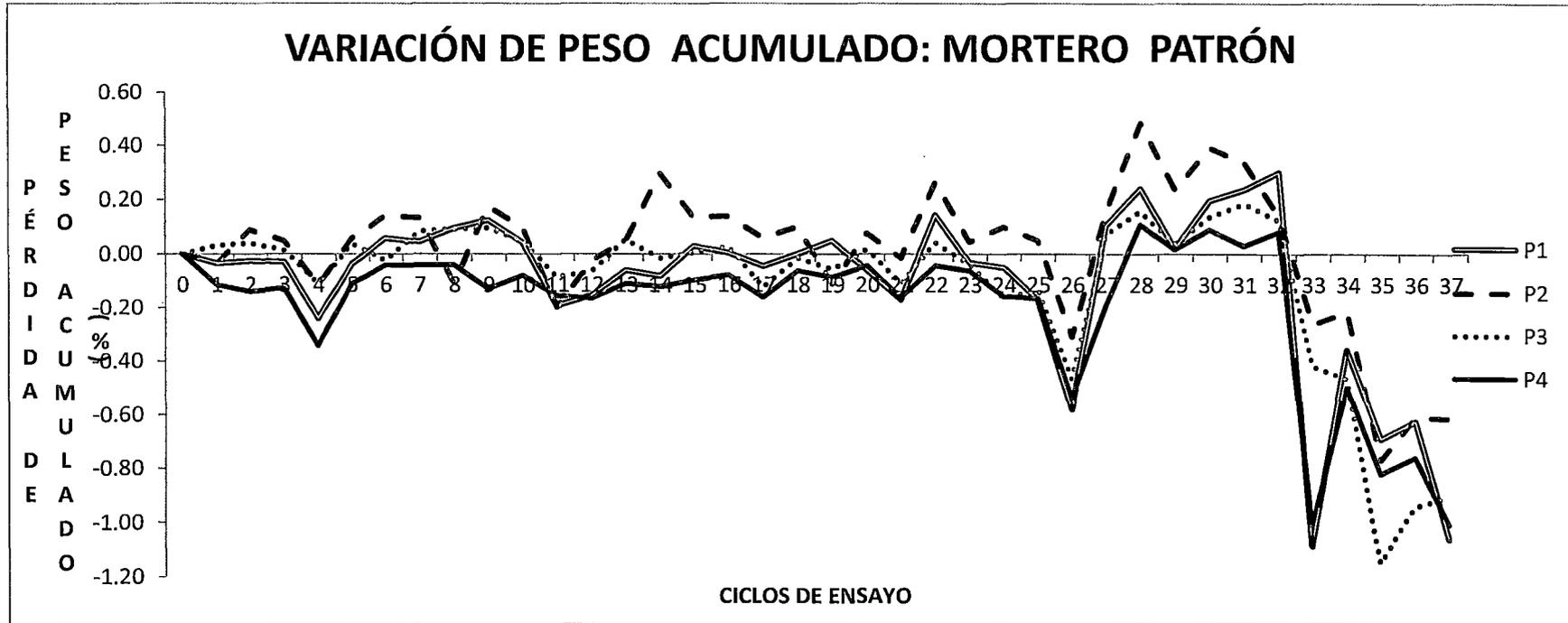


Gráfico N°5.16

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"

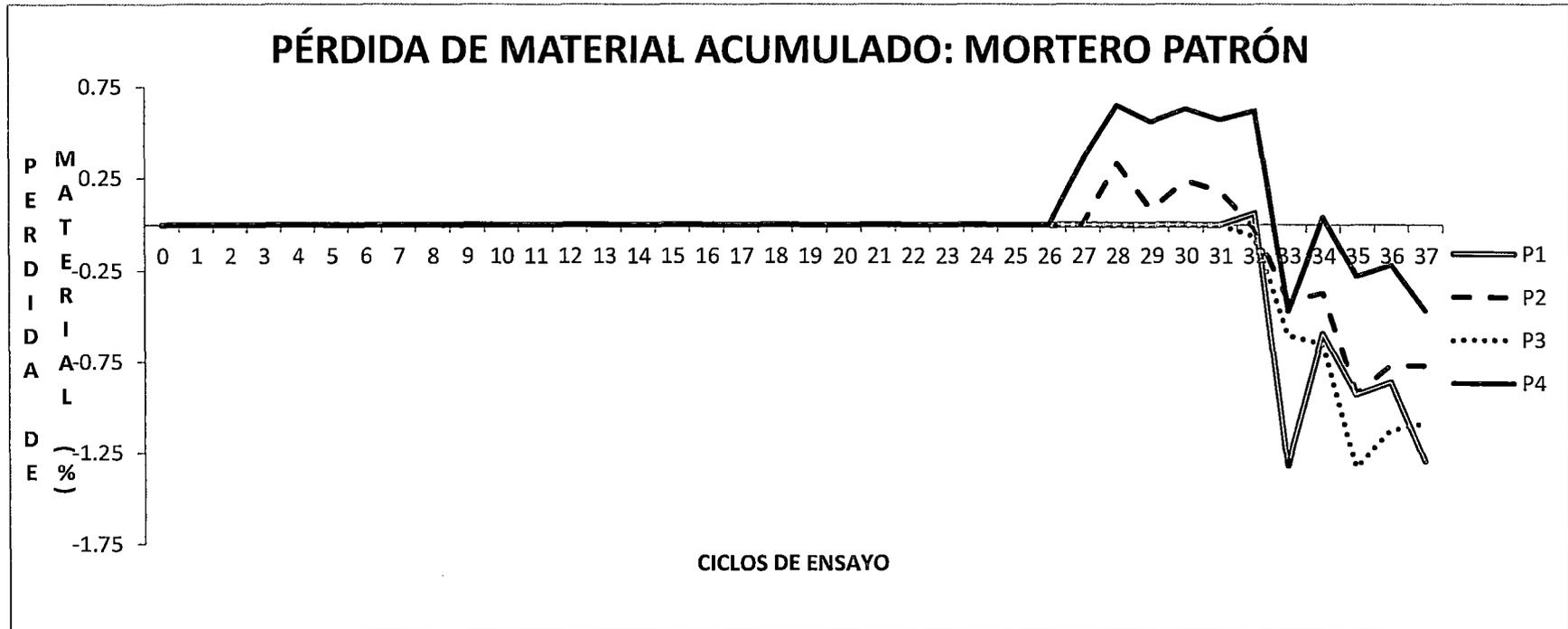


Gráfico N°5.17

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:1

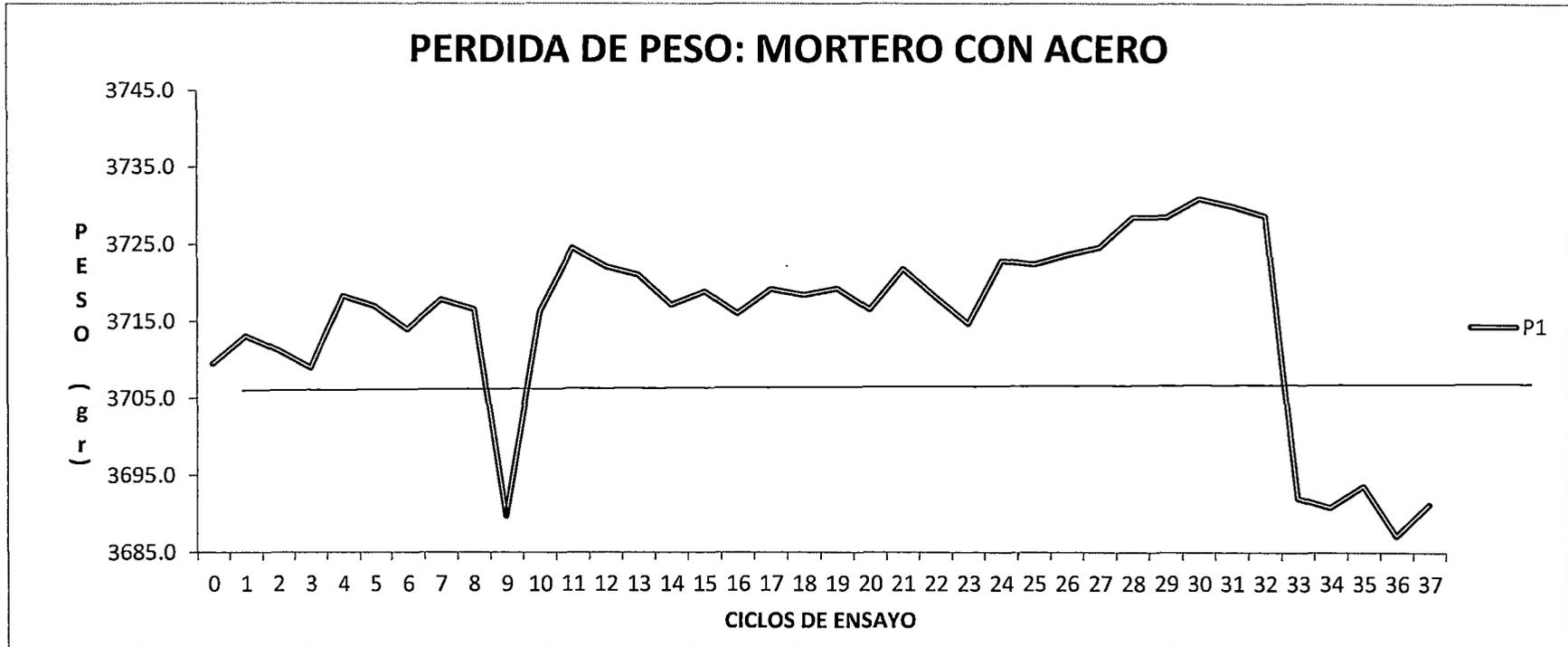


Gráfico N°5.18

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:2

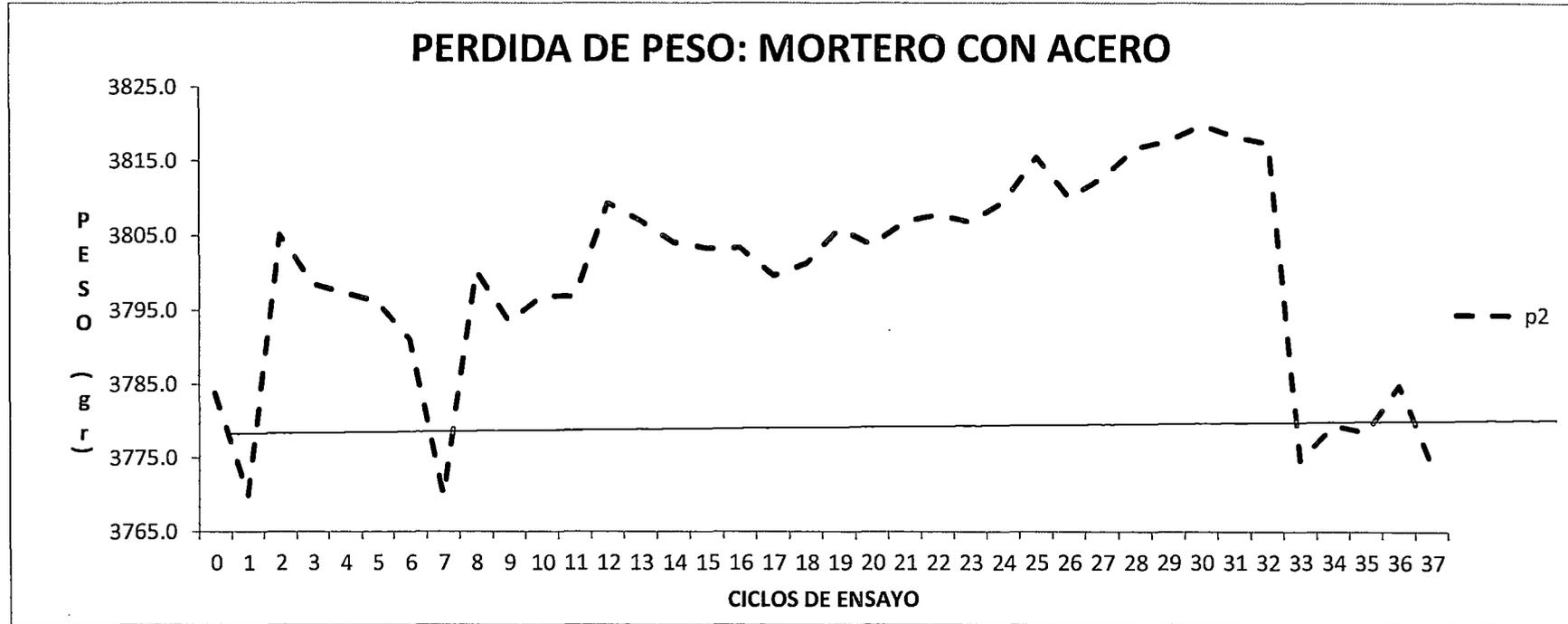


Gráfico N°5.19

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:3

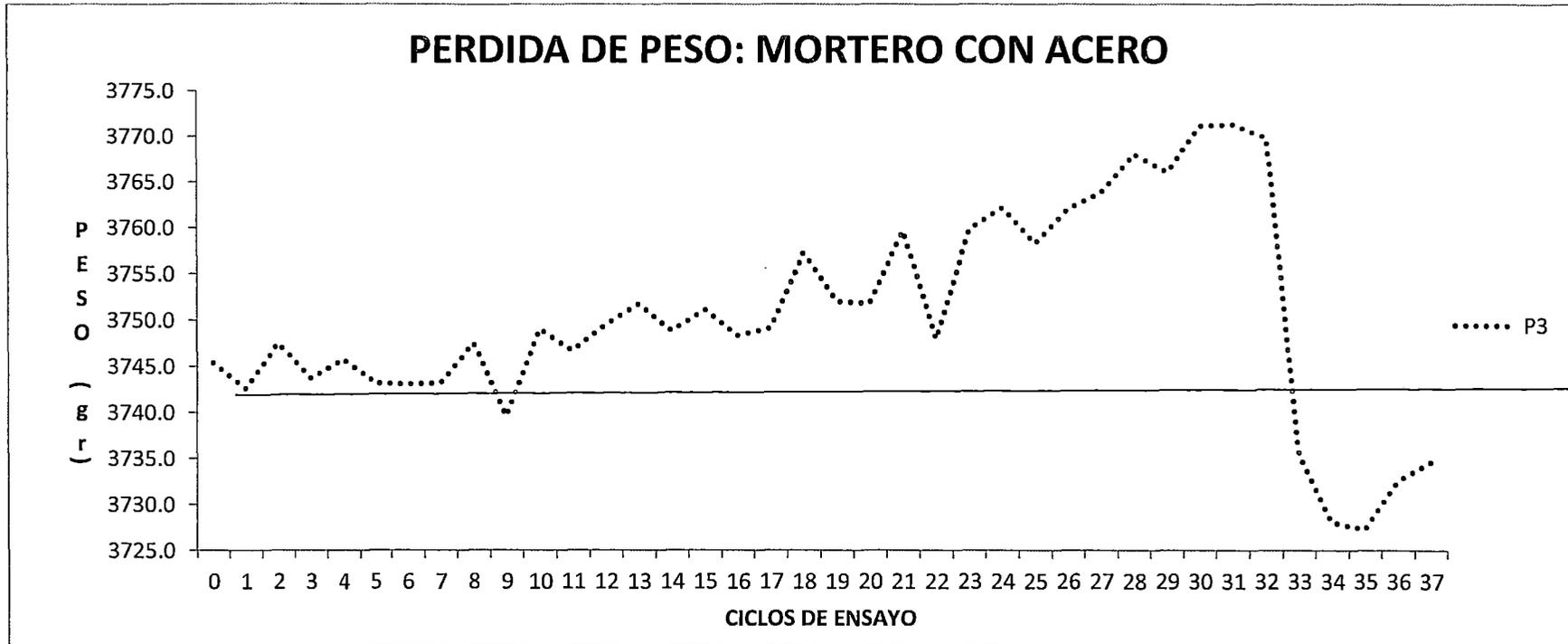


Gráfico N°5.20

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:4

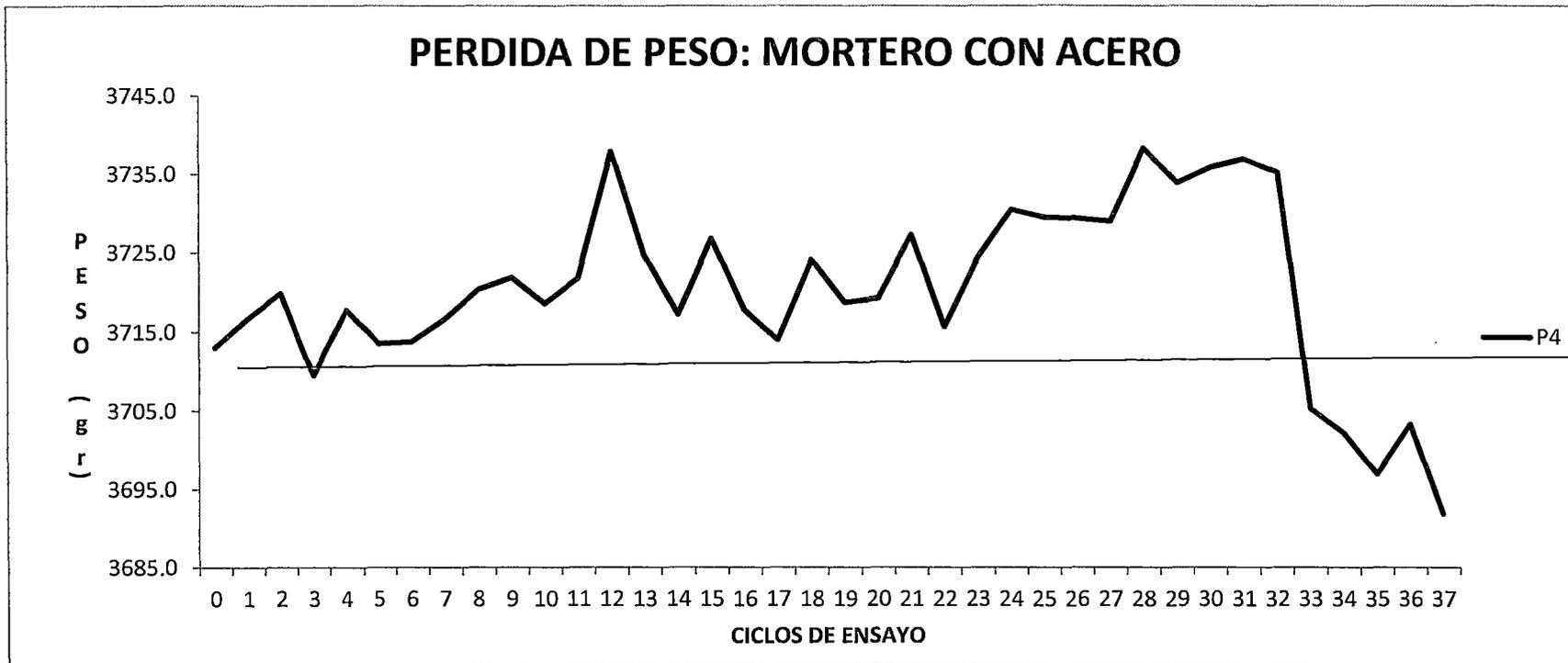


Gráfico N°5.21

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:1

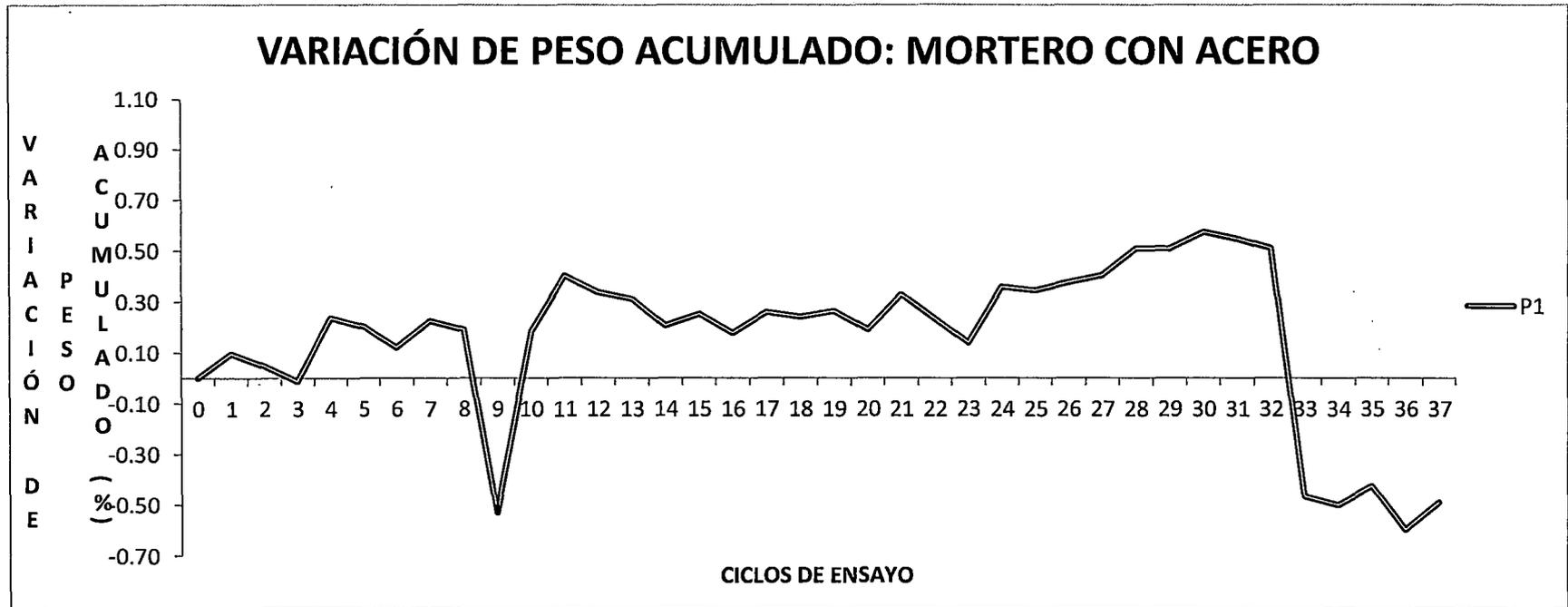


Gráfico N°5.22

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:2

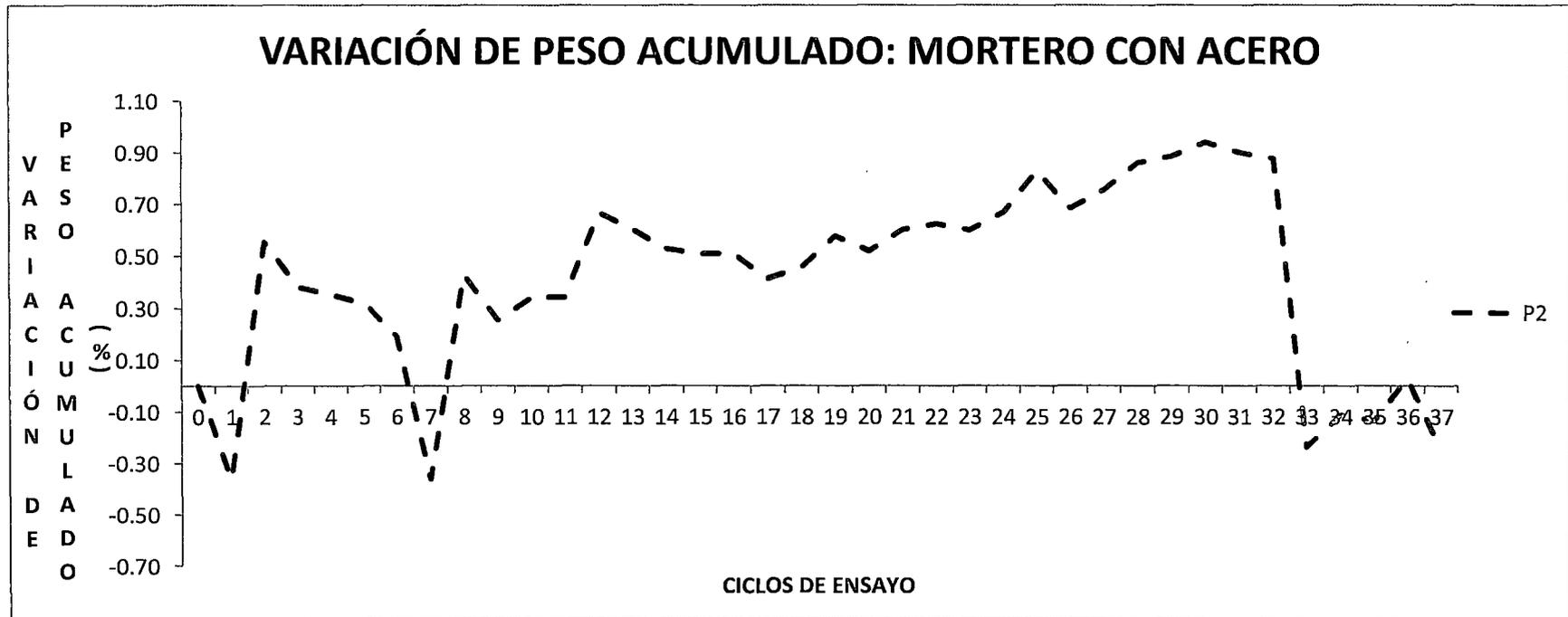


Gráfico N°5.23

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:3

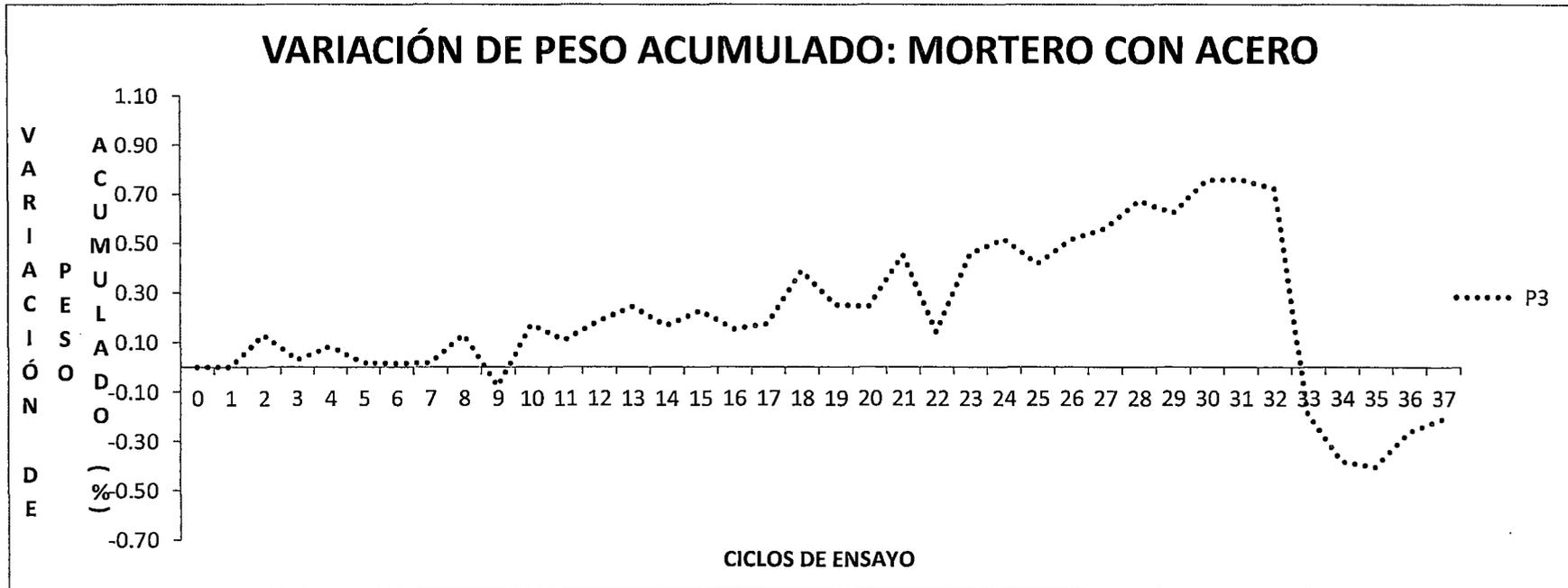


Gráfico N°5.24

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:4

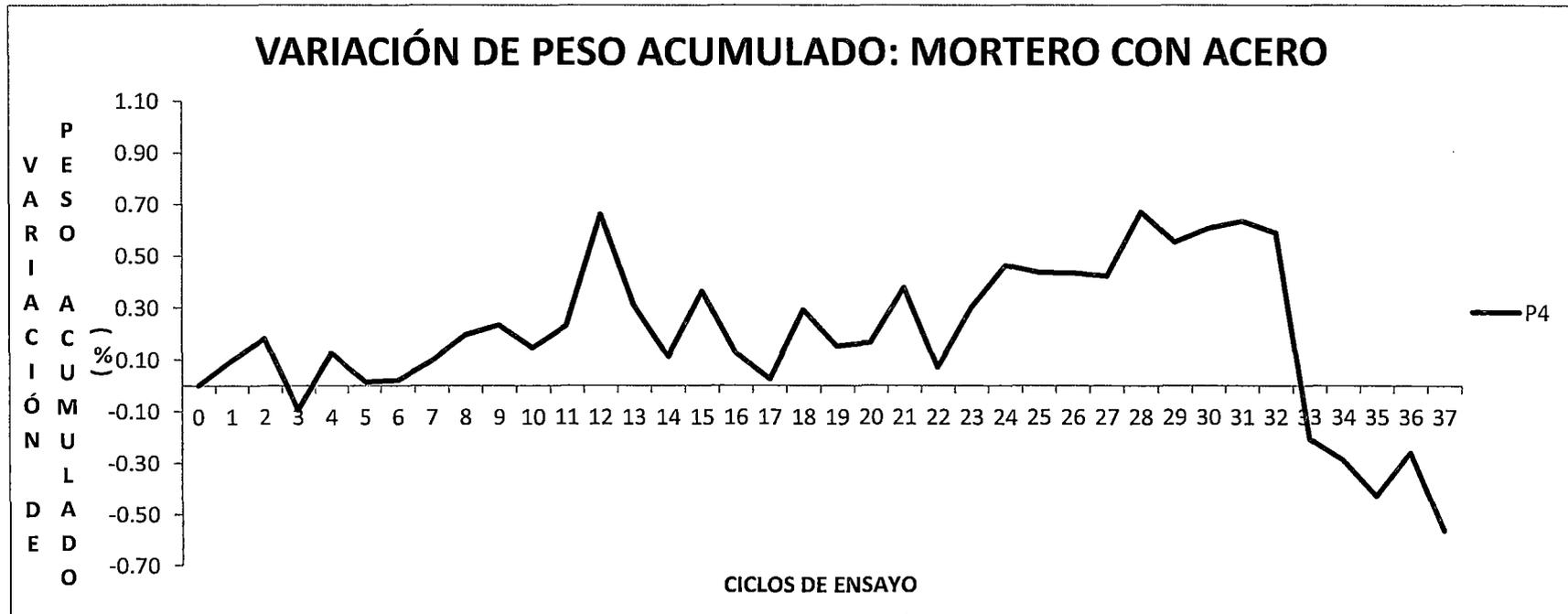


Gráfico N°5.25

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:1

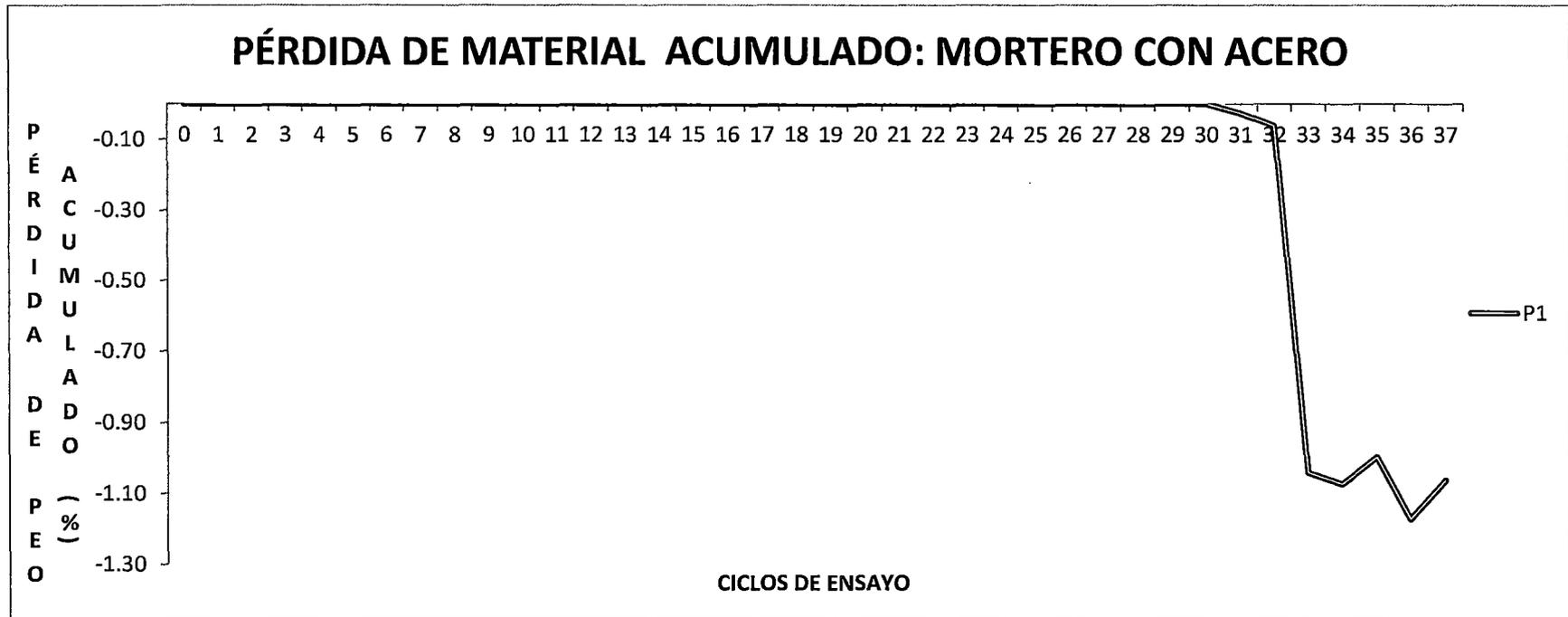


Gráfico N°5.26

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:2

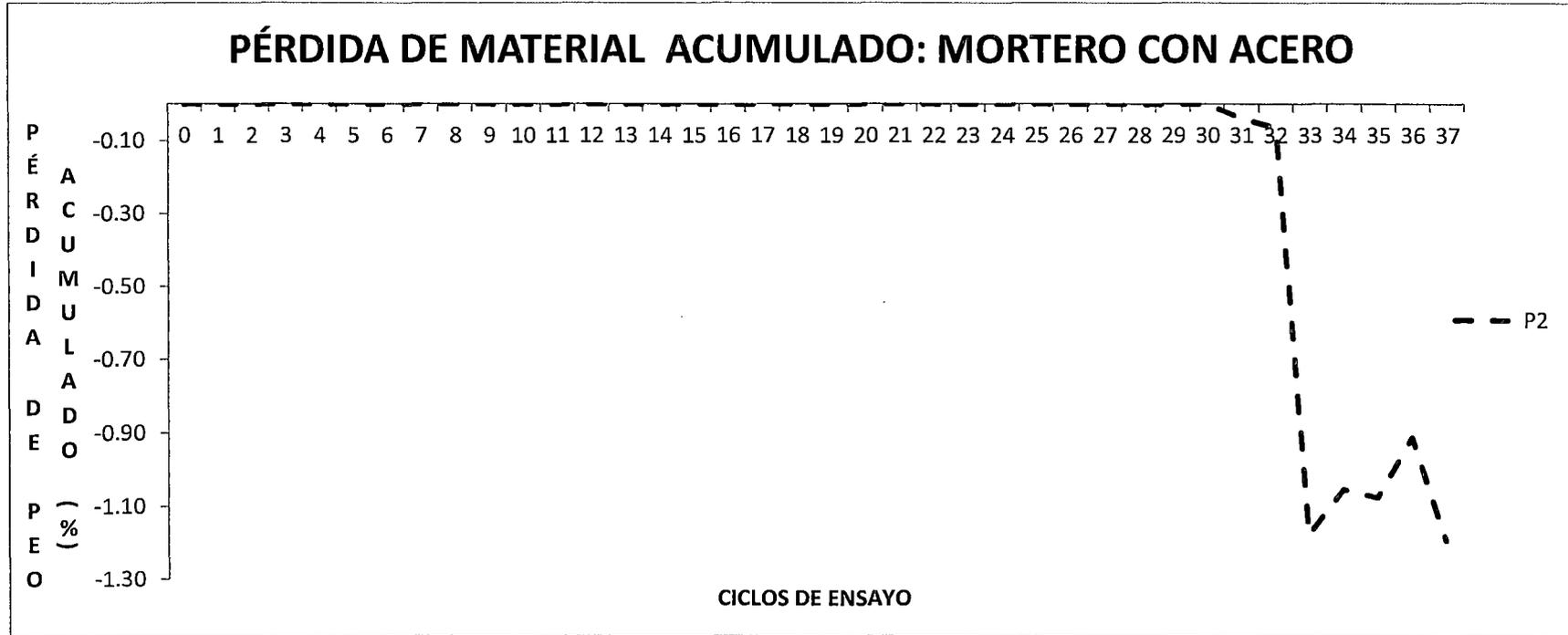


Gráfico N°5.27

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:3

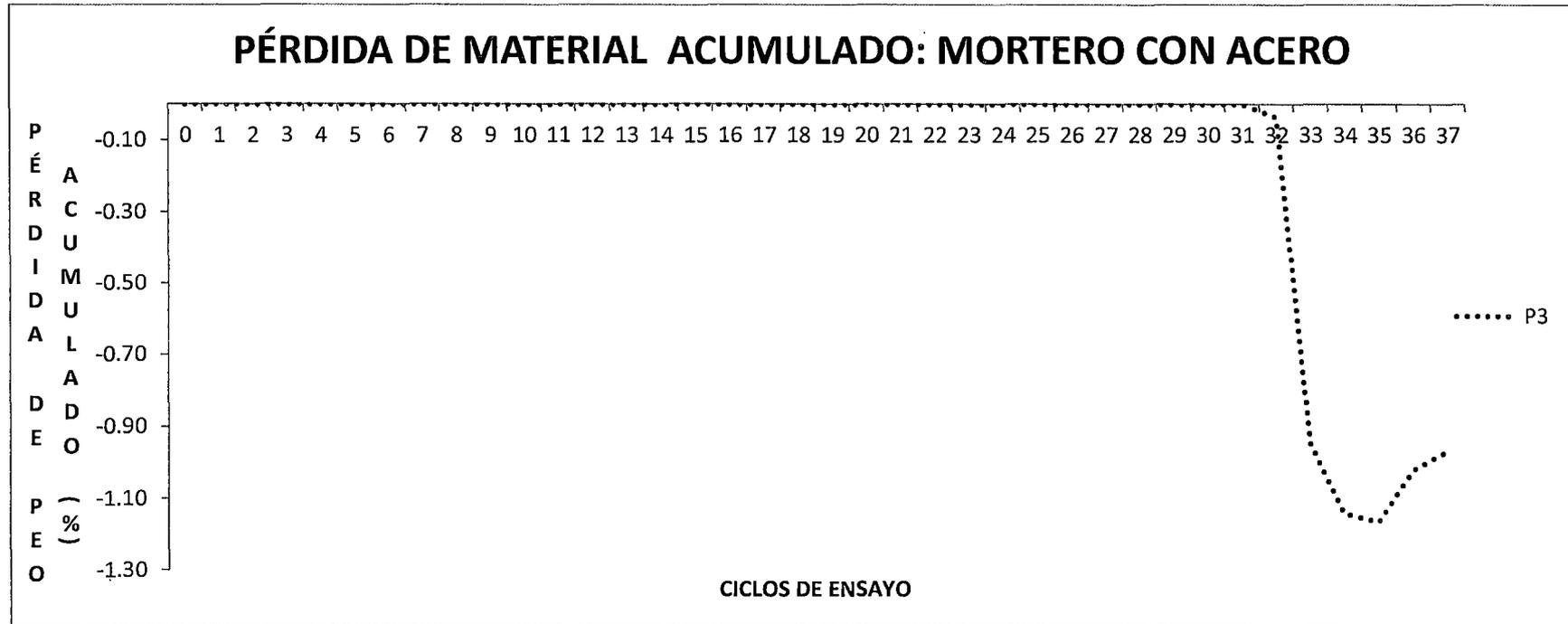


Gráfico N°5.28

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"
Relación: c/a= 1:4

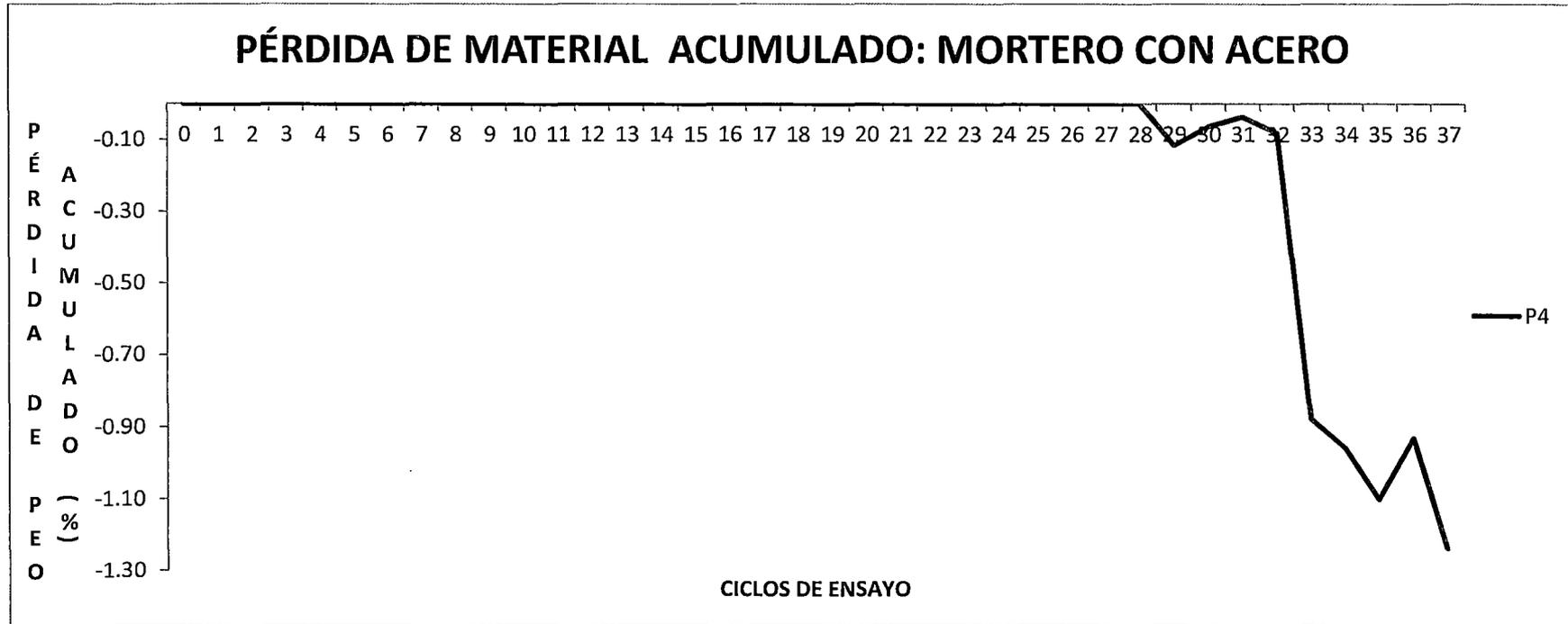


Gráfico N°5.29

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"

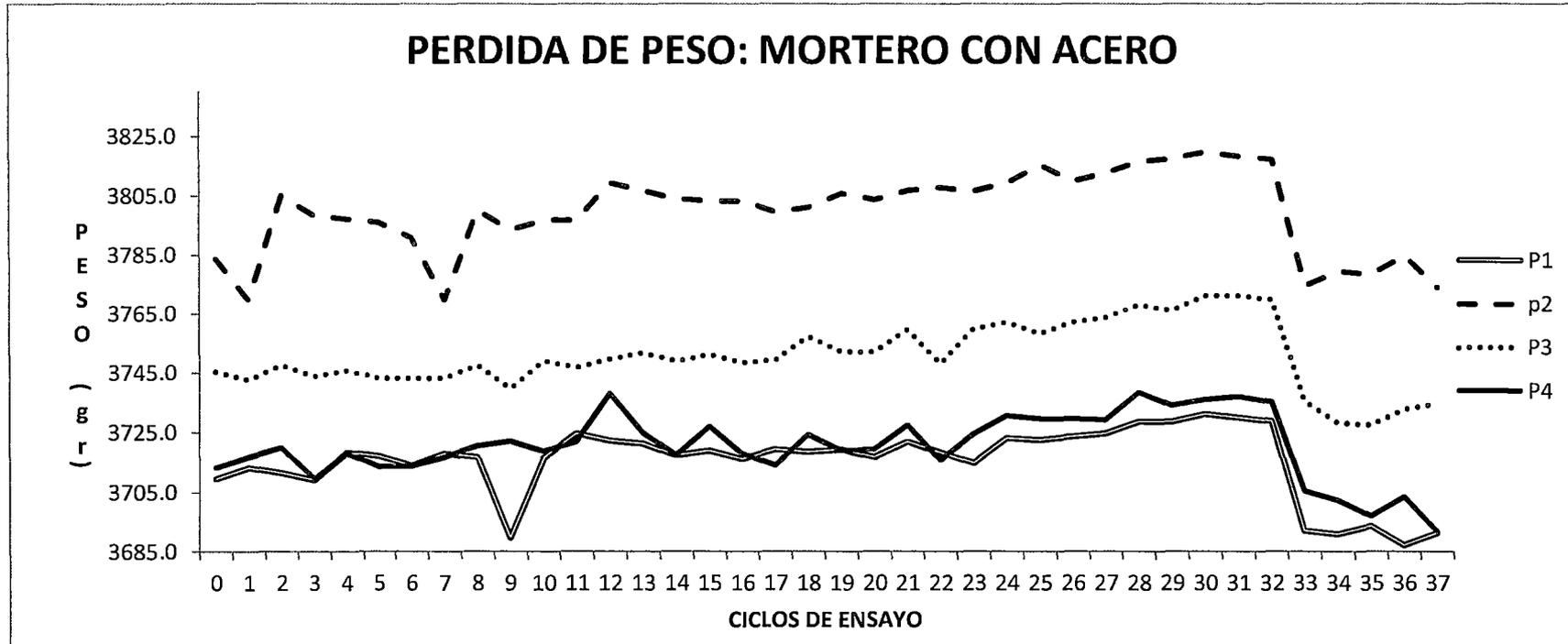


Gráfico N°5.30

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lt.

Probeta: 4" x 8"

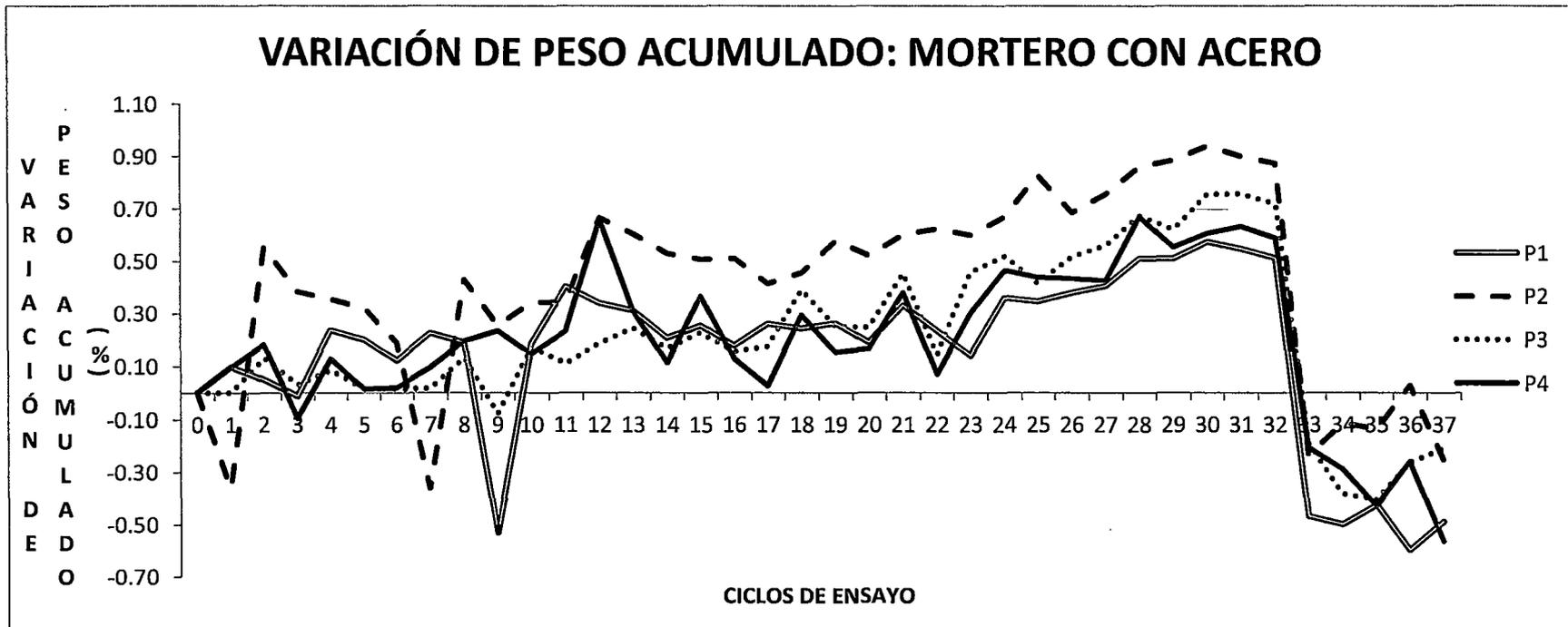
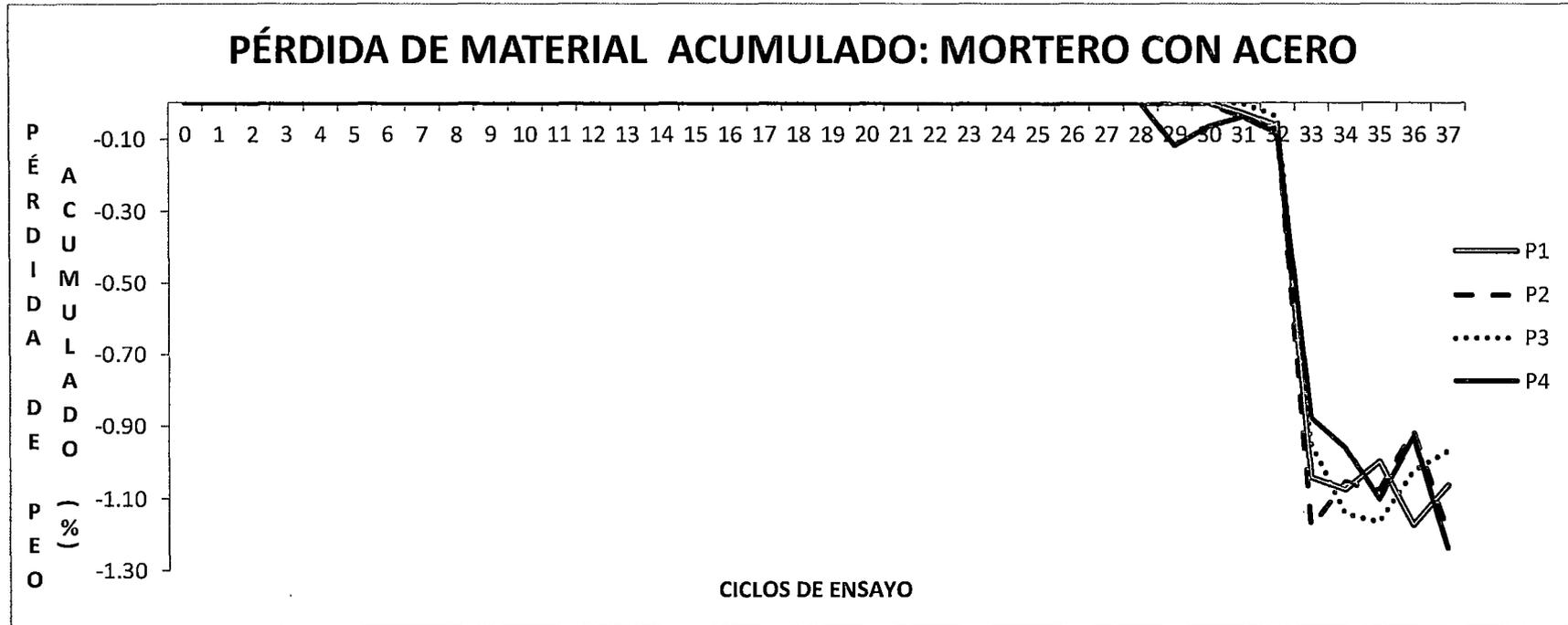


Gráfico N°5.31

ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Solución : Cloruro de Sodio
Cemento : Sol Tipo I
Concentración: 100 gr/lit.

Probeta: 4" x 8"



CAPÍTULO VI: ANALISIS DE LOS RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente estudio de investigación tiene como objeto acelerar el proceso corrosivo de las muestras de mortero con armadura por acción del cloruro de sodio en solución de 100gr/lit y se uso cemento tipo Portland tipo I – Sol y se realizaron cuatro diseños de mezcla, tanto para el mortero mezcla patrón como para mortero mas acero, cuya relaciones cemento/arena (C/A) fueron las siguientes: 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4; dichas probetas se elaboraron con el mismo tratamiento de las probetas para evaluar la resistencia, ósea fueron fabricadas, desmoldeadas y curadas por espacio de 28 días.

En resumen las muestras son extraídas de la poza que contiene la solución de cloruro de sodio en concentración de 100 gr/lit y pesadas todas las muestras para luego secarlas al ambiente natural y nuevamente pesadas cada muestra, lo que hace un ciclo; el método del proceso corrosivo por ataque del cloruro de sodio esta explicado detalladamente en el capitulo cuatro.

6.2 ENSAYO ACELERADO DE CORROSIÓN, MORTERO PATRÓN

A.1 PERDIDA DE PESO POR CICLOS

De los gráficos N°5.2, N° 5.3, N° 5.4 y N°5.5 para los cuatro relaciones cemento/ arena (C/A) se observa el aumento y disminución de peso en relación de los ciclos, esto se debe a que las muestras acumulan sales en su interior del mortero, esta acumulación de sales originan fisuras en el material debido a la cristalización de las sales y esto produce la variación de peso en cada ciclo que van corroyendo a las muestras.

Se observa que los máximos pesos acontecen en diferentes ciclos, pues no existe ninguna analogía en la ocurrencia.

De los gráficos anteriores observamos para la relación:

P: 1 que en el ciclo 32 con un peso de 3655.9 obtiene el máximo peso que representa el (0.33 %), para el P: 2 es en el ciclo 32 con un peso de 3691.8 (0.52%), para el P: 3 es en el ciclo 31 con un peso de 3736.2 (0.15 %) y para el P: 4 es en ciclo 28 con peso equivalente a 3685.0 (0.22%).

A.2 VARIACIÓN DE PESO ACUMULADO

De los gráficos N°5.6, N° 5.7, N° 5.8 y N° 5.9 se observa el aumento y disminución de peso en relación de los ciclos, esto se debe a que las muestras acumulan sales en su interior del mortero, esta acumulación de sales originan fisuras en el material debido a la cristalización de las sales y esto produce la variación de peso en cada ciclo que van corroyendo a las muestras.

Se observa que los máximos pesos acontecen en diferentes ciclos, pues no existe ninguna analogía en la ocurrencia, a continuación se detalla los pesos máximos en los ciclos que acontece.

De los gráficos anteriores observamos para la relación:

P: 1 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 33, con un peso acumulado de 0.30% y el porcentaje mínimo es de -1.09% en el ciclo 34, el porcentaje acumulado promedio para la relación P: 1 es de 0.08% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

P: 2 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 29, con un peso acumulado de 0.49% y el porcentaje mínimo es de -0.77% en el ciclo 36, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:2 es de -0.03% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

P:3 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 32, con un peso acumulado de 0.18% y el porcentaje mínimo es de -1.15% en el ciclo 36, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:3es de -0.09% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

P: 4 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 29, con un peso acumulado de 0.11% y el porcentaje mínimo es de -1.15% en el ciclo 34, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:4 es de -0.17% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

Esto se debe a que en las muestras hay acumulación de las sales en el interior y posteriormente una variación de peso, estas perdidas se deben a la cristalización de las sales que producen tensiones que hacen colapsar a las muestras.

A.3 PÉRDIDA DE MATERIAL ACUMULADO

De los gráficos N°5.10, N° 5.11, N° 5.12 y N° 5.13 se observa el aumento y disminución de peso en relación de los ciclos, esto se debe a que las muestras acumulan sales en su interior del mortero, esta acumulación de sales originan

fisuras en el material debido a la cristalización de las sales y esto produce la variación de peso en cada ciclo que van corroyendo a las muestras.

Se observa que los máximos pesos acontecen en diferentes ciclos, pues no existe ninguna analogía en la ocurrencia, a continuación se detalla los pesos máximos en los ciclos que acontece.

Del gráfico 5.14 se observa las cuatro relaciones cemento arena que en el ciclo treinta y dos comienza a perder peso notoriamente.

6.3 ENSAYO ACELERADO DE CORROSIÓN, MÁS ACERO

A.1 PERDIDA DE PESO POR CICLOS

De los gráficos N°5.17, N° 5.18, N° 5.19 y N° 5.20 se observa el aumento y disminución de peso en relación de los ciclos, esto se debe a que las muestras acumulan sales en su interior del mortero, esta acumulación de sales originan fisuras en el material debido a la cristalización de las sales y esto produce la variación de peso en cada ciclo que van corroyendo a las muestras.

Se observa que los máximos pesos acontecen en diferentes ciclos, pues no existe ninguna analogía en la ocurrencia, a continuación se detalla los pesos máximos en los ciclos que acontece.

De los gráficos anteriores observamos para la relación:

P: 1 que en el ciclo 30 con un peso de 3730.9 obtiene el máximo peso que representa el (0.58%), para el P: 2 es en el ciclo 30 con un peso de 3819.9 (0.95%), para el P: 3 es en el ciclo 30 con un peso de 3771.2 (0.69%) y para el P: 4 es en ciclo 28 con peso equivalente a 3738.3 (0.68%).

A.2 VARIACIÓN DE PESO ACUMULADO

De los gráficos N° 5.21, N°5.22, N°5.23 y N° 5.24 se observa el aumento y disminución de peso en relación de los ciclos, esto se debe a que las muestras acumulan sales en su interior del mortero, esta acumulación de sales originan fisuras en el material debido a la cristalización de las sales y esto produce la variación de peso en cada ciclo que van corroyendo a las muestras.

Se observa que los máximos pesos acontecen en diferentes ciclos, pues no existe ninguna analogía en la ocurrencia, a continuación se detalla los pesos máximos en los ciclos que acontece.

De los gráficos anteriores observamos para la relación:

P: 1 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 31, con un peso acumulado de 0.57% y el porcentaje mínimo es de -0.60% en el ciclo 37, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:1 es de 0.17% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

P: 2 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 31 con un peso acumulado de 0.94 % y el porcentaje mínimo es de -0.36% en los ciclos 2 y 8, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:2 es de 0.43% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

P: 3 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 32, con un peso acumulado de 0.76% y el porcentaje mínimo es de -0.41% en el ciclo 36, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:3 es de 0.24% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

P: 4 el máximo peso acumulado corresponde al ciclo 29, con un peso acumulado de 0.67% y el porcentaje mínimo es de -0.43% en el ciclo 36, el porcentaje acumulado promedio para la relación P:4 es de .22% que representa la acumulación de las sales en el interior de las muestras.

Esto se debe a que en las muestras hay acumulación de las sales en el interior y posteriormente una variación de peso, estas pérdidas se deben a la cristalización de las sales que producen tensiones que hacen colapsar a las muestras.

A.3 PÉRDIDA DE MATERIAL ACUMULADO

De los gráficos N°5.25, N° 5.26, N° 5.27, y N° 5.28 se observa el aumento y disminución de peso en relación de los ciclos, esto se debe a que las muestras acumulan sales en su interior del mortero, esta acumulación de sales originan fisuras en el material debido a la cristalización de las sales y esto produce la variación de peso en cada ciclo que van corroyendo a las muestras.

Se observa que los máximos pesos acontecen en diferentes ciclos, pues no existe ninguna analogía en la ocurrencia, a continuación se detalla los pesos máximos en los ciclos que acontece.

Del gráfico N°5.29 se observa las cuatro relaciones cemento/ arena (C/A) que en el ciclo treinta y dos comienza a perder peso notoriamente.

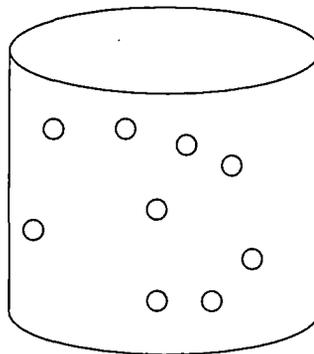
6.4 RASGOS FISICOS SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS MUESTRAS DURANTE EL PROCESO DE ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO

Durante el proceso de Humedecido y Secado y pérdida de peso se presentan rasgos en las superficies de las muestras y es aleatorio en los ciclos de ensayo, estos rasgos no se producen sino hasta el sétimo ciclos en todas las relaciones c/a y que detallaremos a continuación:

6.3.1 Probetas patrón

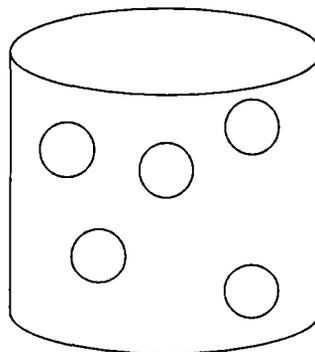
Ciclo 5- 10

Se observan pequeños poros.



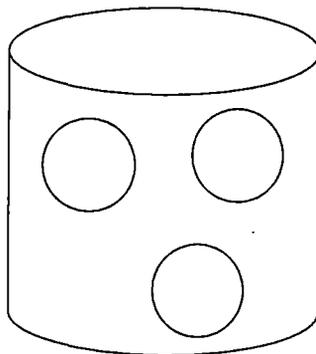
Ciclo 11 -30

Comienza a parecer mas poros y los primeros se agrandan más.



Ciclo 32 – 37

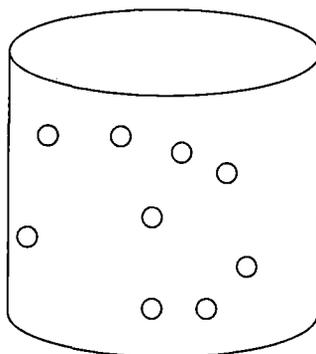
Los poros van aumentando en cantidad y cada vez más grandes.



6.3. Probetas mas acero

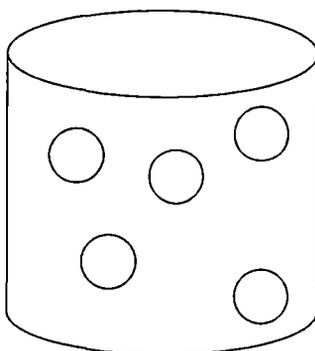
Ciclo 5- 10

Se observan pequeños poros.



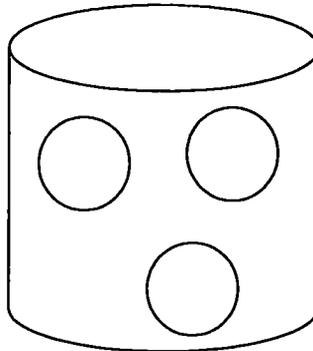
Ciclo 11 -30

Comienza a parecer mas poros y los primeros se agrandan más.



Ciclo 32 – 37

Los poros van aumentando en cantidad y cada vez más grandes.



6.5 ENSAYO ACELERADO DE CORROSIÓN: ACERO DIRECTAMENTE EN SOLUCIÓN DE CLORURO DE SODIO 100 gr/l.

En este ensayo sí se pueden observar una oxidación superficial de las varillas de acero al cabo de los 37 ciclos.

Además, se realizaron ensayos de tracción en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería dando los siguientes resultados:

	Ensayo (kg/cm ²)	Límite de Fluencia (kg/cm ²)	Porcentaje (%)
Patrón	4400	4200	104.8
Muestra	3380	4200	80.5
Muestra	3380	4400	76.8

Como puede observar la reducción del límite de fluencia con respecto al:

- ❖ Diferencia de patrón respecto a la muestra = 28.0%

- ❖ Diferencia respecto al Límite de Fluencia de la Norma = 24.3%

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tesis “**Corrosión del Mortero de Cemento con Armadura, por Ataque del Cloruro de Sodio**”, se desarrolló con los siguientes materiales:

- Cemento Pórtland Tipo I “Sol”, producido por Cementos Lima S.A.
 - Agregado fino de la cantera “Valle del Chillón”.
 - Cloruro de Sodio.
- Ensayos del mortero en estado fresco:
- ✓ Ensayo de Fluidéz.
 - ✓ Ensayo del Peso Unitario.
 - ✓ Ensayo de Exudación.
 - ✓ Ensayo del Tiempo de Fragua.
- Ensayos del mortero en estado endurecido:
- ✓ Ensayo de Resistencia a la Compresión.
 - ✓ Ensayo de Absorción.
- Ensayo de ataque por cloruros:
- a) Mediante el método de Humedecido y Secado en solución 100 gr/lt, de cloruro de sodio, en las dosificaciones cemento/arena (C/A): 1:4, 1:3, 1:2, 1:1.
 - b) Ensayo del acero de diámetro 3/8”:
 - En solución de 100 gr/lt. de cloruro de sodio.
 - Ensayo de tracción.

7.1 CONCLUSIONES

- 1) El cloruro de sodio ataca al mortero en un proceso de humedecido y secado por la acumulación de sales en los poros, luego se cristalizan y

- expanden provocando la rotura de los poros, formando fisuras y superficies ásperas por pérdida del material.
- 2) El acero de $\varnothing 3/8$ " ensayado, tiene una reducción de resistencia lo que significa que tiene picaduras por acción del cloruro de sodio, que se refleja en la pérdida de tracción en el orden del 28.0% con respecto al modulo de fluencia de la varilla y con respecto al modulo de fluencia normativo ($f_y=4200\text{kg/cm}^2$ corresponde el 24.3%).
 - 3) La pérdida de peso por destrucción de la probeta se inicio en forma muy visible en el ciclo veinte cinco en todas las dosificaciones establecidas hasta el ciclo treinta y siete donde se aprecia notoriamente (0.58 % - 0.95%).
 - 4) La varilla de acero (3/8") ensayado en todos los casos presenta un proceso de oxidación superficial no denotando un mayor cambio en su superficie.
 - 5) La protección del mortero aplicado en los ensayos (1" y 2") ha demostrado que no hay corrosión y que con una pulgada de espesor es aparente protección.
 - 6) La superficie del mortero en las probetas sufre asperezas visibles o evidentes para todas las dosificaciones cemento/arena (C/A).
 - 7) En todas las dosificaciones de cemento/arena (C/A) ocurre un proceso de acumulación de sal y luego una pérdida de material del mortero hasta que se produce la fisura del espécimen.
 - 8) A mayor relación cemento/arena (C/A), se observa una mayor acumulación de sales, luego se produce la fisura del mortero a menos ciclos de ensayo.

7.2 RECOMENDACIONES

1. De los resultados de los ensayos efectuados nos indica que existe una penetración de las sales por permeabilidad en el mortero y permite que este llegue al acero, por lo que se recomienda hacer extensible esta investigación al mortero para reducir la permeabilidad.
2. Se recomienda realizar los ensayos del acero con varillas de $1/2$ " y $5/8$ ", para determinar fehacientemente la posibilidad de algún grado de expansión de la varilla por oxidación y corrosión.

3. Se recomienda también hacer el estudio con otras sustancias agresivas al mortero y al acero y posibilitar la posible solución a estos problemas.
4. Se recomienda hacer ensayos de tracción del acero embebidos en mortero y concreto sumergidos en sustancias agresivas.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- Alviz Palomino, Wilbert, "Estudio por Corrosión del Cemento por Ataque de Sulfatos y Agua de Mar", Tesis FIC - UNI - Lima - Perú - 1999.
- 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 FIC - UNI - Lima - Perú - 2000.
- 3.- BASF – The Chemical Company, Cloruros y Aditivos, Boletín Técnico.
- 4.- Biczok, La Corrosión del Hormigón y su Protección, FIC - UNI - Lima - Perú - 1981.
- 5.- Choque Díaz, René Raúl, "Efectos del Fenómeno de Corrosión en las Estructuras de Concreto Armado", Tesis FIC - UNI - Lima - Perú - - 2005.
- 6.- Díaz Lazo, José Luis, "Corrosión del Cemento por Ataque de Sulfatos"- Tesis FIC - UNI - Lima - Perú - - 1994.
- 7.- Guerra Motta, Julio, "Efecto del Cloruro de Sodio sobre las Propiedades del Concreto", Tesis FIC - UNI - Lima - Perú - 1981.
- 8.- 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 FIC - UNI - Lima - Perú - 2001.
- 9.- Príncipe Liu, Betty Jessica, "Proceso de Corrosión en un medio Marino", Tesis FIC-UNI – Lima - Perú - - 1992.
- 10.- Quintanilla Mavila, José Luis, "Estudio de la Corrosión d de la Pasta de Cemento por Acción del Ácido Sulfúrico", Tesis FIC - UNI - Lima - Perú - 1995.

- 11.- Requena Soto, Elías Filiberto, "Efectos del Cloruro de Calcio sobre las Propiedades del Concreto", Tesis FIC - UNI - Lima - Perú - 1966.

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICO

SOLICITANTE: RIMARACHIN SANCHEZ LUIS

REGISTRO: LQ11-568

PROYECTO: "CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO"

TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA

FECHA DEL INFORME: 06 DE DICIEMBRE DEL 2011

ANALISIS DE:	SULFATOS (SO ₄) ²⁻ ASTM E 275:2001 NTP:339.178 2002 ppm	SALES SOLUBLES TOTALES MTC E 219.2000 ASTMD 1888 ppm
TIPO DE MUESTRA: ARENA GRUESA	1 576	1 723

CARMEN M. REYES CUBAS
ING. ANALISTA DEL LABORATORIO
Lab. Químico de la FIC-UNI

ROSA V. ALTAMIRANO MEDINA
ING. JEFA DEL LABORATORIO
Lab. Químico de la FIC-UNI



El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
 A : LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ
 Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 12-600
 Recibo N° :
 Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
1	1-1	04/01/2012	25/02/2012	80	51,700	645
2	1-2	04/01/2012	25/02/2012	80	52,900	660
3	1-3	04/01/2012	25/02/2012	80	55,800	697
4	1-4	04/01/2012	25/02/2012	80	52,200	652
5	1-5	04/01/2012	25/02/2012	80	55,500	693
6	1-6	04/01/2012	25/02/2012	80	53,000	662
7	1-7	04/01/2012	25/02/2012	80	54,900	685
8	1-8	04/01/2012	25/02/2012	80	54,400	679
9	1-9	04/01/2012	25/02/2012	80	54,100	675
10	1-10	04/01/2012	25/02/2012	80	49,000	612
11	1-11	04/01/2012	25/02/2012	80	44,800	559
12	1-12	04/01/2012	25/02/2012	80	47,100	588

4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr.T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 REPUBLICA DEL PERU
 LABORATORIO N° 1
 ENsayo DE MATERIALES
 JEFATURA
 Ms. Ing. ANA TORRE CARRILLO
 Jefe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
A : **LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ**
Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 12-600
Recibo N° :
Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
1	1-13	04/01/2012	25/02/2012	80	54,000	674
2	1-14	04/01/2012	25/02/2012	80	28,000	350
3	1-15	04/01/2012	25/02/2012	80	54,900	685

4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr.T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
 A : LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ
 Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 12-600
 Recibo N° :
 Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

Nº	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
1	2-16	05/01/2012	27/02/2012	80	46,800	584
2	2-17	05/01/2012	27/02/2012	80	48,200	602
3	2-18	05/01/2012	27/02/2012	80	47,200	589
4	2-19	05/01/2012	27/02/2012	80	40,700	508
5	2-20	05/01/2012	27/02/2012	80	35,200	439
6	2-21	05/01/2012	27/02/2012	80	45,300	566
7	2-22	05/01/2012	27/02/2012	80	52,100	650
8	2-23	05/01/2012	27/02/2012	80	50,500	630
9	2-24	05/01/2012	27/02/2012	80	45,000	562
10	2-25	05/01/2012	27/02/2012	80	51,000	637
11	2-26	05/01/2012	27/02/2012	80	49,900	623
12	2-27	05/01/2012	27/02/2012	80	53,800	672

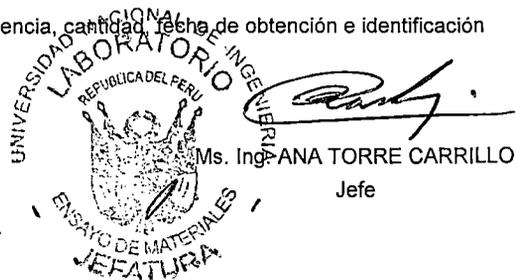
4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr. T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
 A : **LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ**
 Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 12-600
 Recibo N° :
 Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

Nº	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
1	2-28	05/01/2012	27/02/2012	80	49,700	620
2	2-29	05/01/2012	27/02/2012	80	51,600	644
3	2-30	05/01/2012	27/02/2012	80	48,900	610

4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr.T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 LABORATORIO N° 1
 REPUBLICA DEL PERU
 Ms. Ing. ANA TORRE CARRILLO
 Jefe
 ENSAYO DE MATERIALES
 JEFATURA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
A : **LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ**
Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 12-600
Recibo N° :
Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
1	3-31	07/01/2012	28/02/2012	80	36,900	461
2	3-32	07/01/2012	28/02/2012	80	39,400	492
3	3-33	07/01/2012	28/02/2012	80	41,100	513
4	3-34	07/01/2012	28/02/2012	80	35,600	444
5	3-35	07/01/2012	28/02/2012	80	20,100	251
6	3-36	07/01/2012	28/02/2012	80	39,300	491
7	3-37	07/01/2012	28/02/2012	80	36,700	458
8	3-38	07/01/2012	28/02/2012	80	34,300	428
9	3-39	07/01/2012	28/02/2012	80	36,000	449
10	3-40	07/01/2012	28/02/2012	80	37,600	469
11	3-41	07/01/2012	28/02/2012	80	35,000	437
12	3-42	07/01/2012	28/02/2012	80	34,800	434

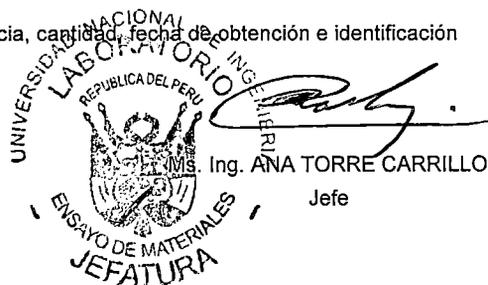
4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr.T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
A : LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ
Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 12-600
Recibo N° :
Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
1	3-43	07/01/2012	28/02/2012	80	35,100	438
2	3-44	07/01/2012	28/02/2012	80	35,900	448
3	3-45	07/01/2012	28/02/2012	80	38,400	479

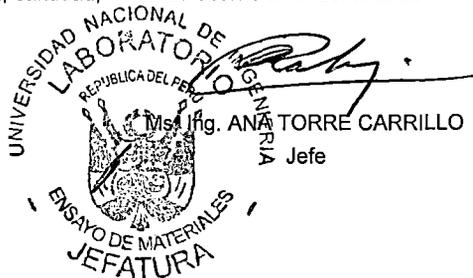
4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr.T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
 A : **LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ**
 Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 12-600
 Recibo N° :
 Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

Nº	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
1	4-46	07/01/2012	28/02/2012	80	30,500	381
2	4-47	07/01/2012	28/02/2012	80	27,300	341
3	4-48	07/01/2012	28/02/2012	80	30,200	377
4	4-49	07/01/2012	28/02/2012	80	32,500	406
5	4-50	07/01/2012	28/02/2012	80	30,900	386
6	4-51	07/01/2012	28/02/2012	80	31,600	395
7	4-52	07/01/2012	28/02/2012	80	29,600	370
8	4-53	07/01/2012	28/02/2012	80	29,900	373
9	4-54	07/01/2012	28/02/2012	80	30,800	385
10	4-55	07/01/2012	28/02/2012	80	32,400	404
11	4-56	07/01/2012	28/02/2012	80	31,200	390
12	4-57	07/01/2012	28/02/2012	80	33,700	421

4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr.T.M.T.

V.H.J.

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales
A : LUIS H. RIMARACHIN SANCHEZ
Obra : CORROSION DEL CEMENTO CON ARMADURAS, POR ATAQUE DEL CLORURO DE SODIO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 12-600
Recibo N° :
Fecha de Emisión : 06/03/12

1.0 DE LA MUESTRA : Probetas de concreto cilíndricas

2.0 DEL EQUIPO : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1
SNM Certificado de Calibración LFP - 300 - 2011

3.0 RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
1	4-58	07/01/2012	28/02/2012	80	31,300	391
2	4-59	07/01/2012	28/02/2012	80	33,200	414
3	4-60	07/01/2012	28/02/2012	80	33,600	419

4.0 OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante

Hecho por: Ing. J. Basurto

Tecnico: Sr. T.M.T.

V.H.J.

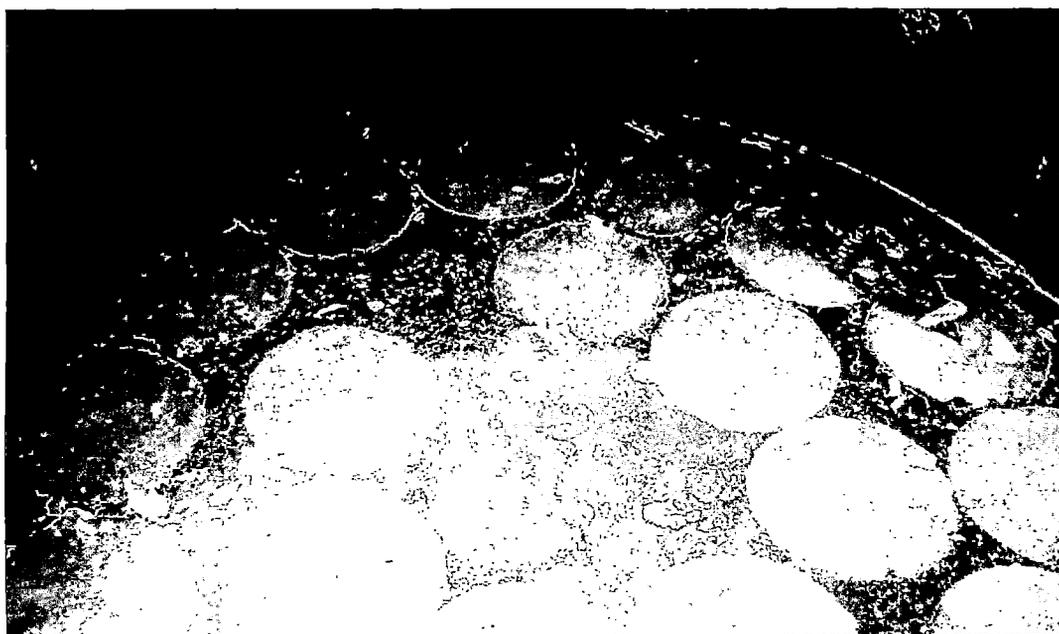
NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna.



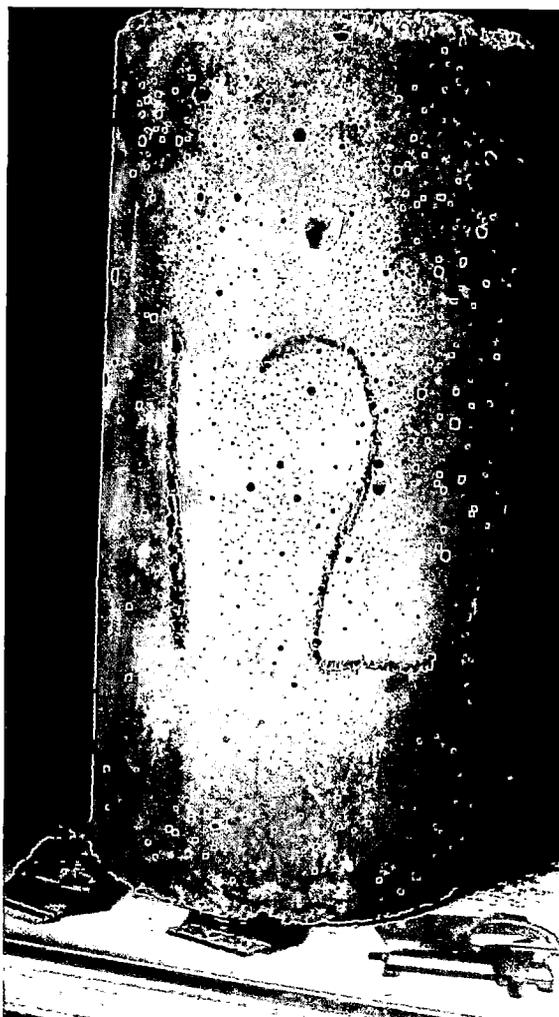
FOTOS



Elaboracion de Probetas



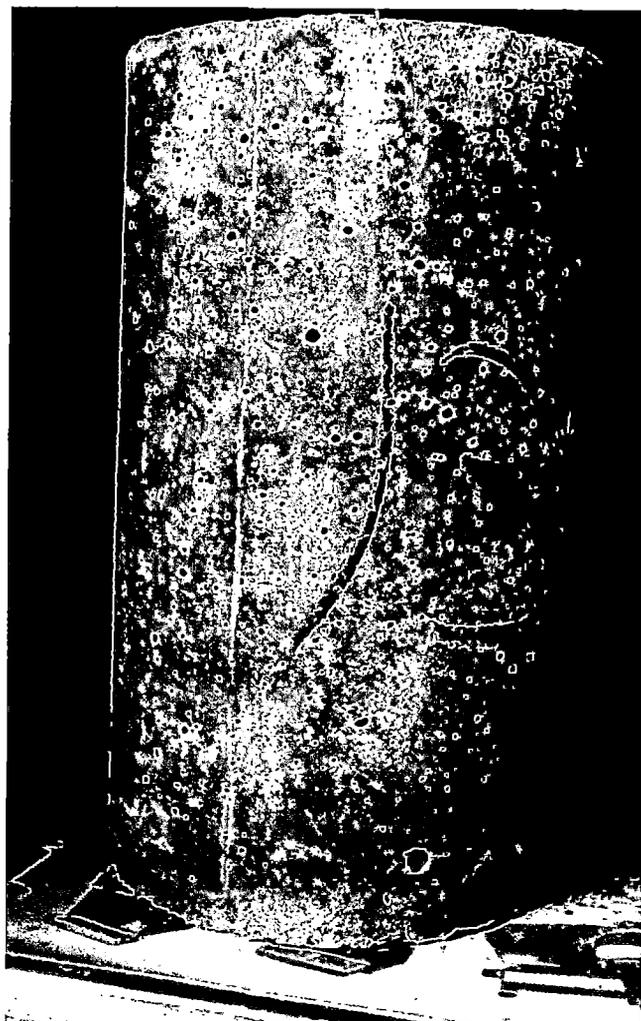
Probetas en Curado



Probetas patrón en decimo ciclo, relacion 1:2



Probetas patrón en decimo ciclo, relacion 1:1



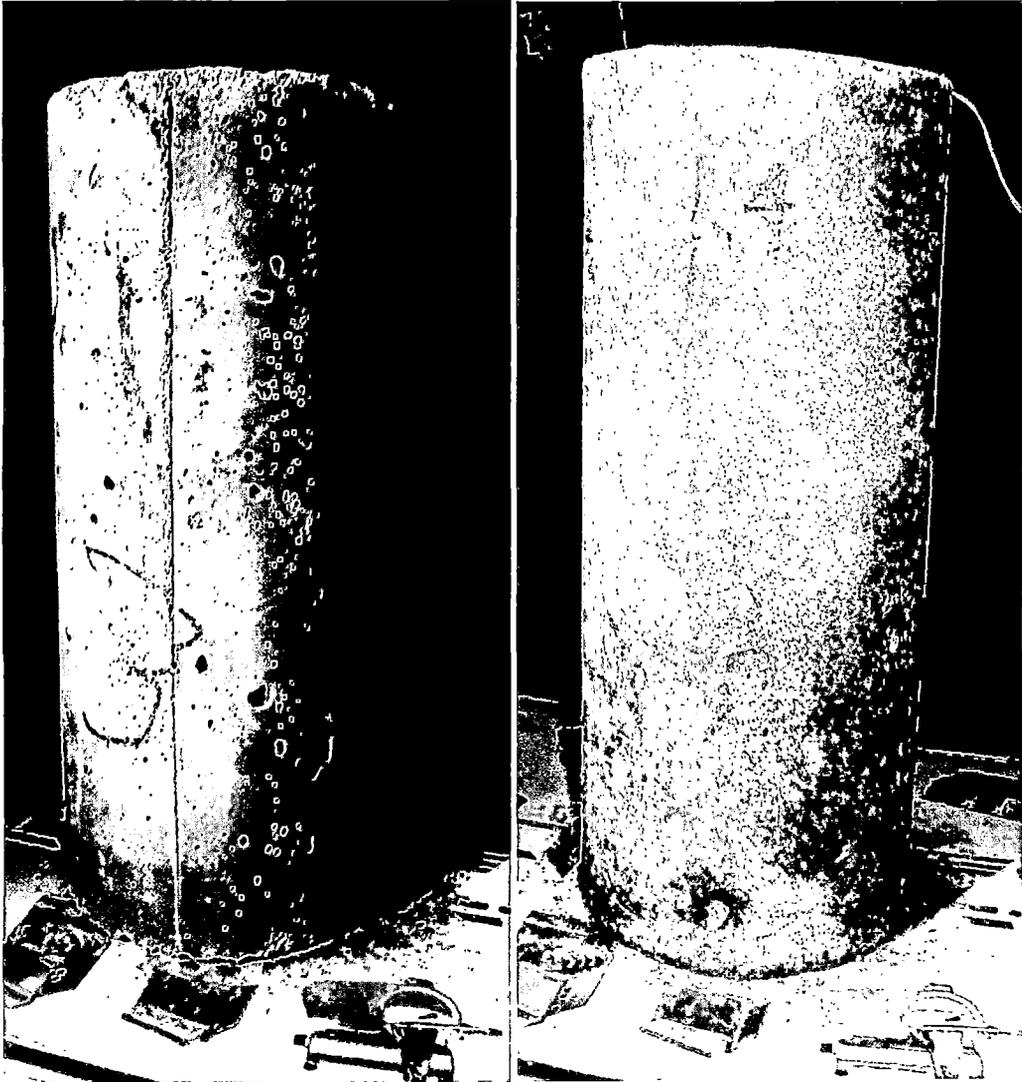
Probetas patrón en el decimo ciclo relacion: 1:3 y 1:4



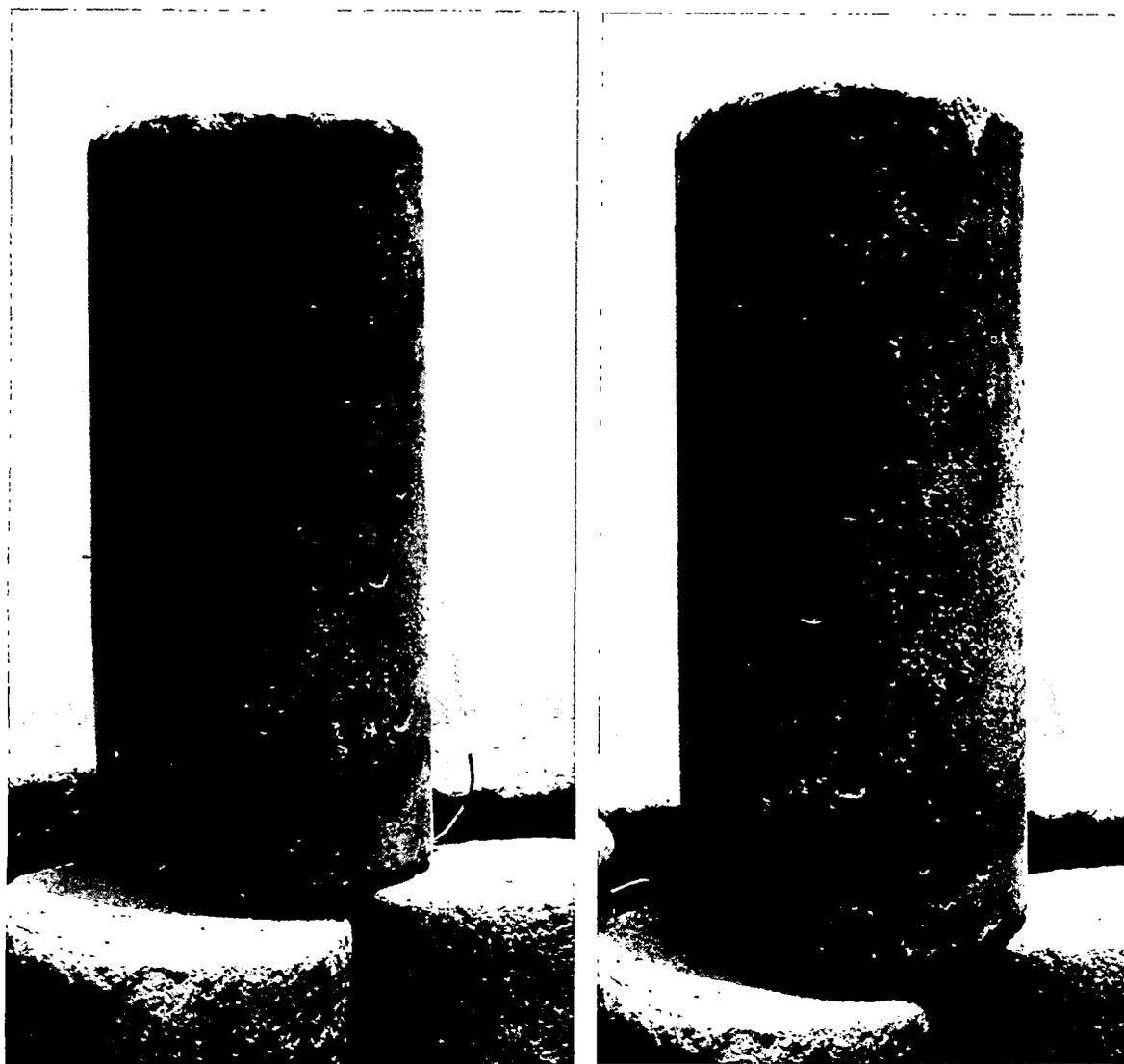
Probetas con acero en el onceavo ciclo relacion: 1:1



Probetas con acero en el onceavo ciclo relacion: 1:2



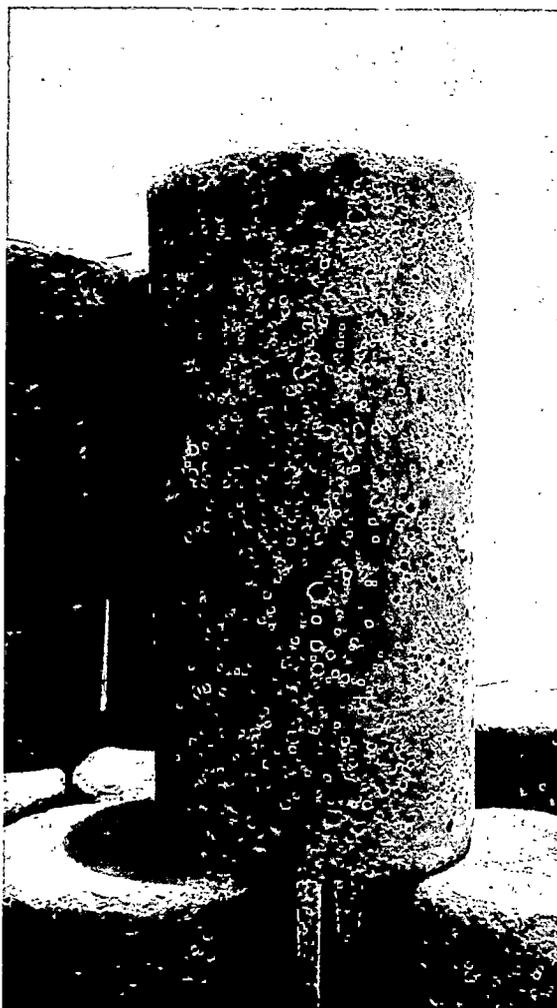
Probetas con acero en el decimo ciclo relacion: 1:3 y 1:4



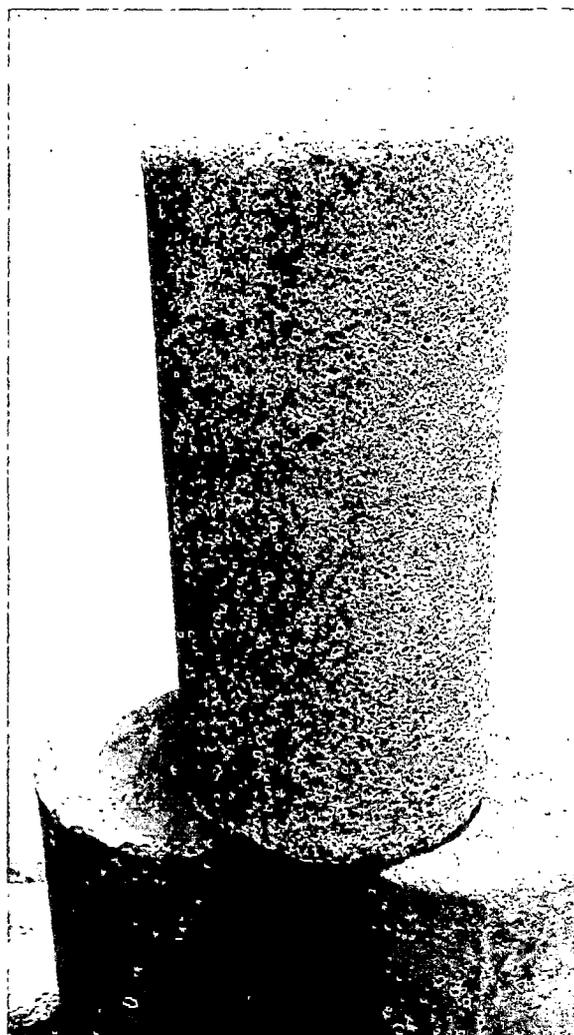
Probetas con acero en el 37° ciclo relacion: 1:1 y 1:2



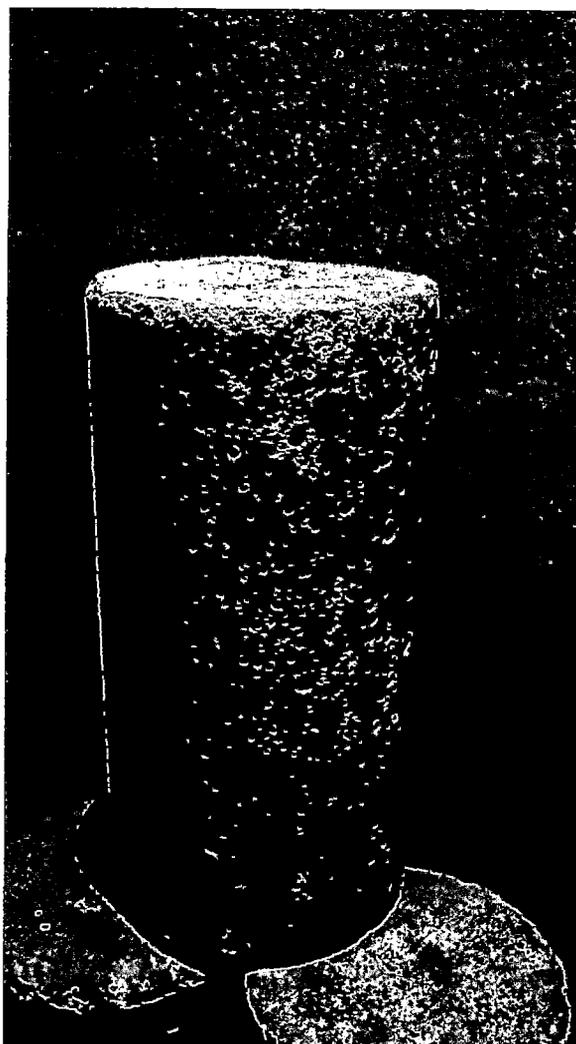
Probetas con acero en el 37º ciclo relacion: 1:3



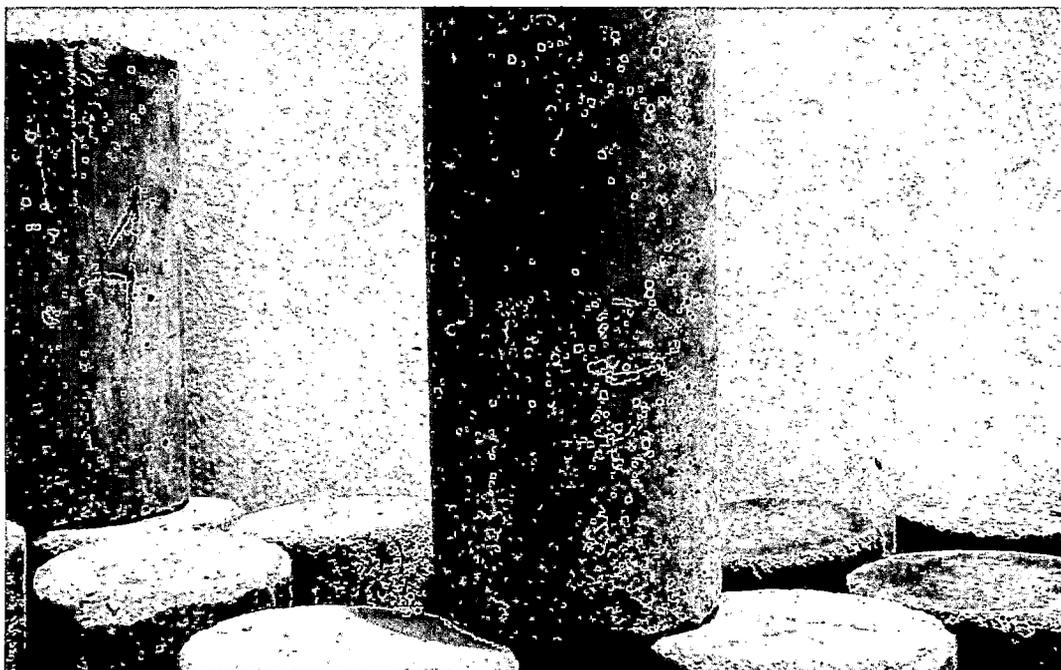
Probetas con acero en el 37° ciclo relacion: 1:4



Probetas patrón en el 37° ciclo relacion: 1:1



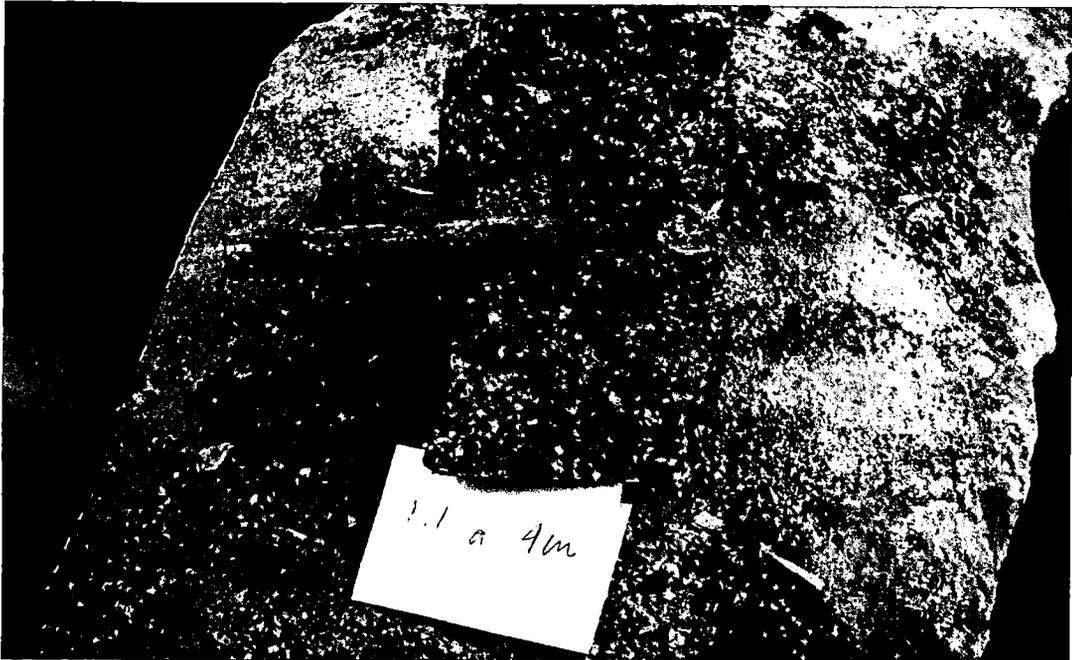
Probetas patrón en el 37° ciclo relacion: 1:2



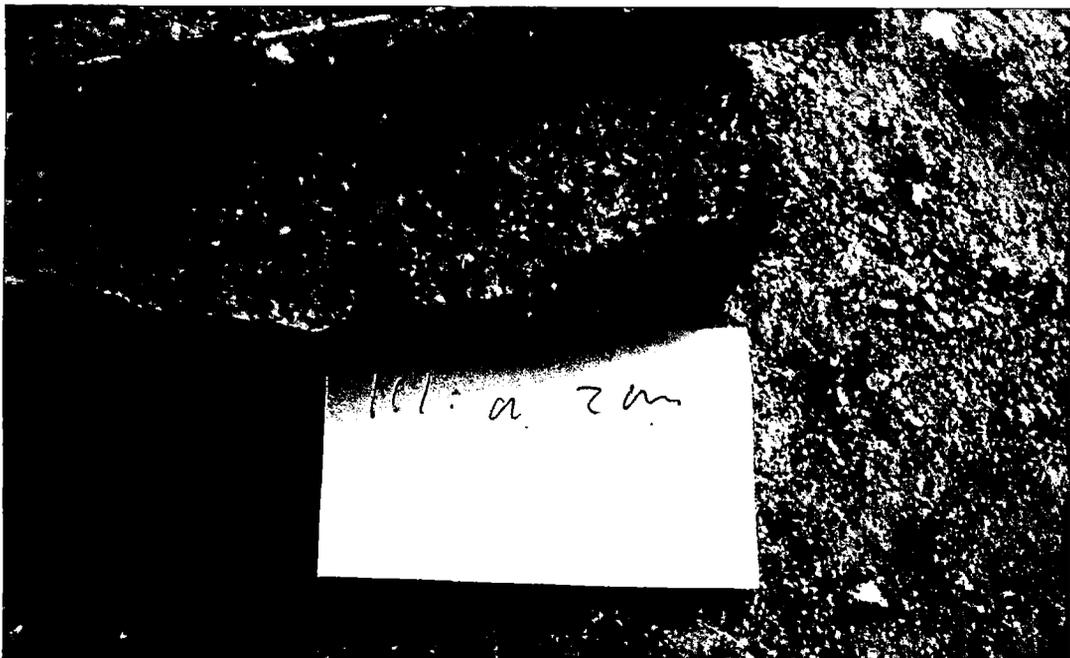
Probetas patrón en el 37° ciclo relacion: 1:3



Probetas patrón en el 37° ciclo relacion: 1:4



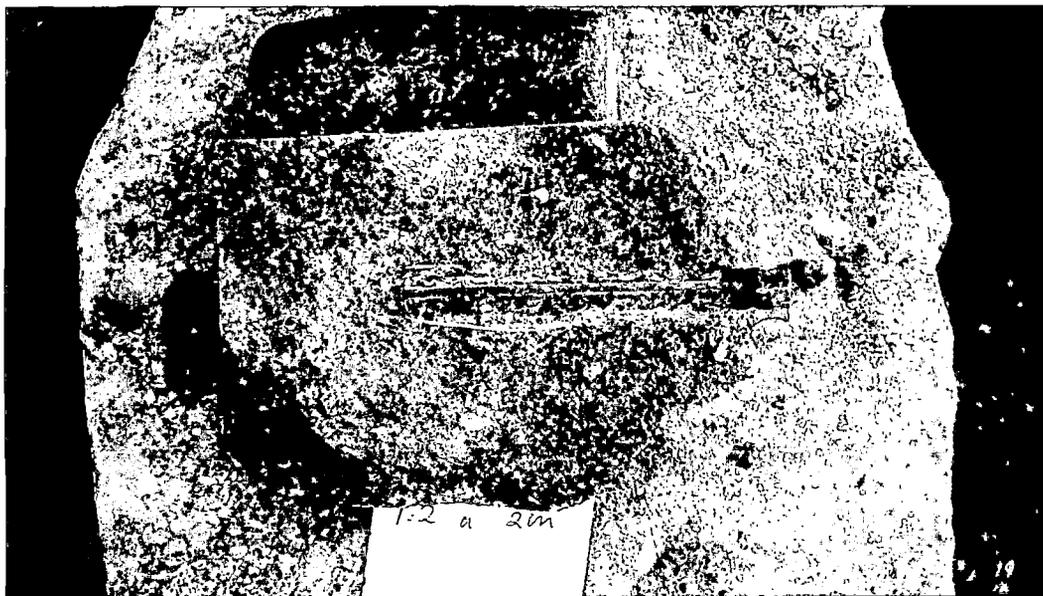
Relación 1:1 a 4 cm de espesor de mortero



Relación 1:2 a 2 cm de espesor de mortero



Relación 1:2 a 4 cm de espesor de mortero



Relación 1:2 a 2 cm de espesor de mortero



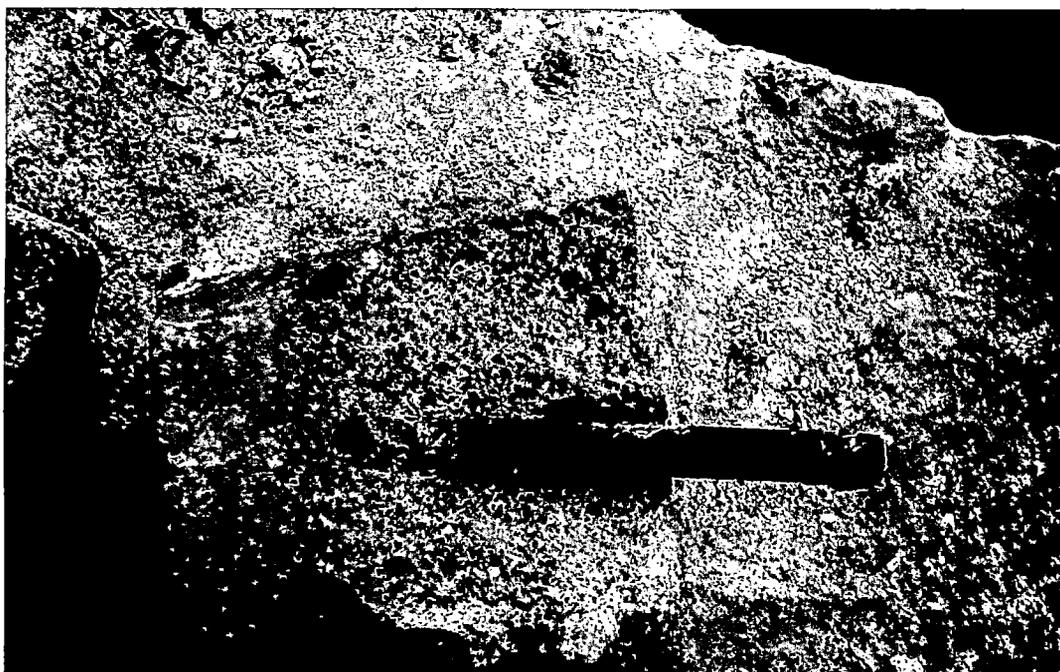
Relación 1:3 a 4cm de espesor de mortero



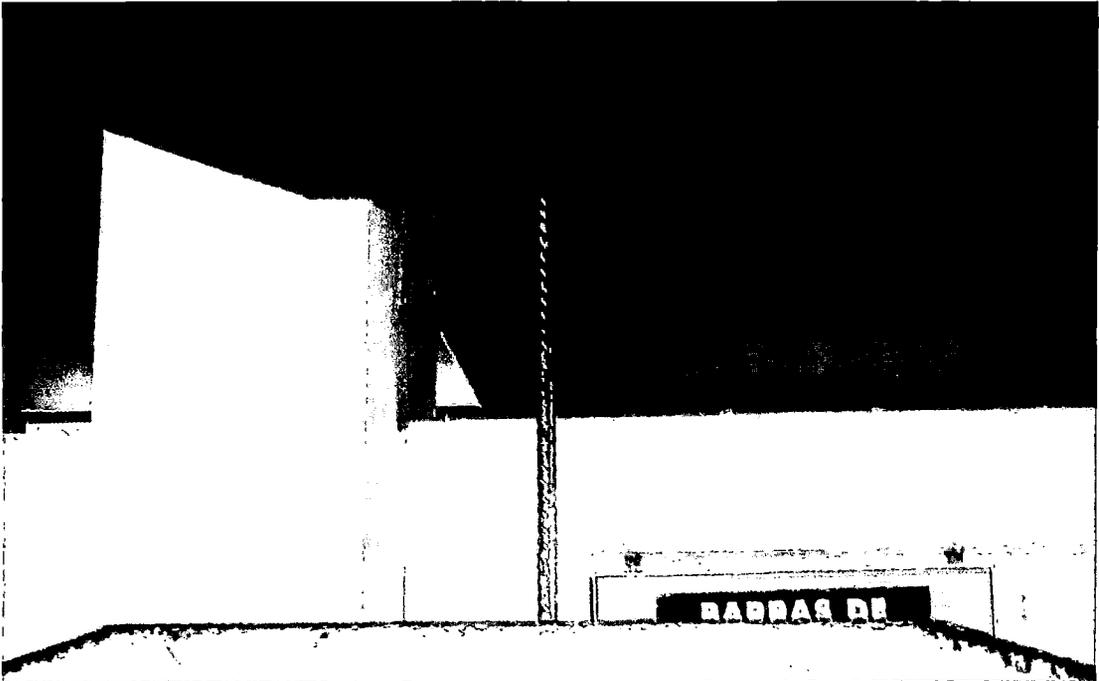
Relación 1:3 a 2 cm de espesor de mortero



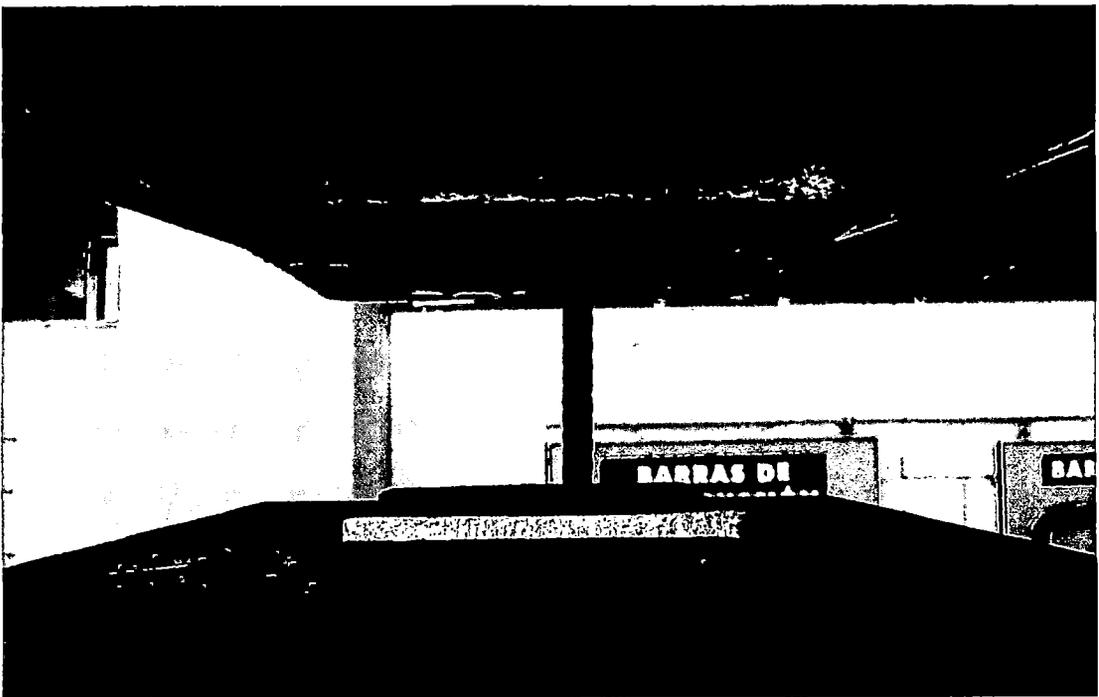
Relación 1:4 a 4 cm de espesor de mortero



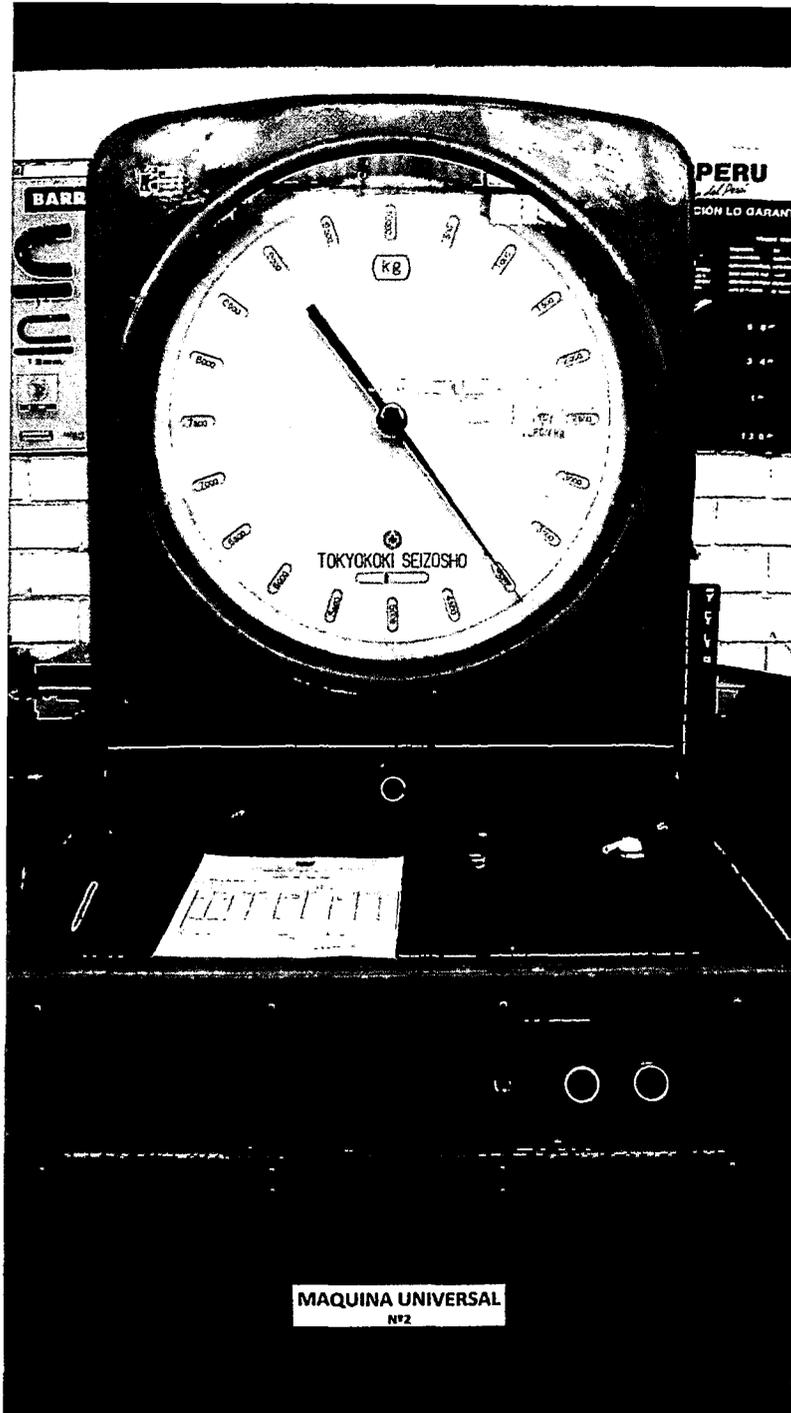
Relación 1:4 a 2 cm de espesor de mortero



Varilla patrón



Varilla luego de 37 ciclos



Maquina universal