

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EFECTOS EN EL CONCRETO ARMADO DE MEDIANA A
ALTA RESISTENCIA CON CEMENTO PORTLAND TIPO II
POR ACCIÓN DEL CLORURO FÉRRICO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

JHON JAIME ROJAS ROMAN

ASESOR

ING. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELÚ

Lima- Perú

2021

ÍNDICE

TESIS	1
ÍNDICE	2
ÍNDICE DE GRÁFICOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FOTOS	7
ÍNDICE DE ANEXOS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
PRÓLOGO	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 GENERALIDADES.....	12
1.1.1. ANTECEDENTES	12
1.2 PROBLEMÁTICA	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1. Objetivo General.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos.....	13
1.4 HIPÓTESIS	13
1.4.1. Hipótesis General	13
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	14
CAPITULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	14
2.1 DEFINICIONES BÁSICAS	14
2.2 CONCRETO.....	14
2.2.1 Agua	15
2.2.2 Agregados	15
2.2.3 Cemento Portland.....	15
2.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO	16
2.4 DETERIORO DEL CONCRETO	17
2.5 CLORURO FÉRRICO	18
2.6 USOS DEL CLORURO FÉRRICO EN CONCENTRACIÓN AL 40%	18
CAPITULO III. ENSAYOS.....	19
3.1 ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	19
3.1.1 Peso Unitario	19
3.1.2 Ensayo de Consistencia del Concreto.....	20
3.1.3 Exudación.....	21

3.1.4	Proceso de fraguado.....	22
3.1.5	Fluidez	23
3.2	PRUEBA EN ESTADO ENDURECIDO	25
3.2.1	Resistencia a la compresión	25
3.3	ENSAYOS DE ACERO CORRUGADO	26
3.3.1.	Ensayo de máxima tensión	26
3.4	ENSAYOS DEL AGREGADO FINO	26
3.4.1	Absorción.....	26
3.4.2	Peso Específico	26
3.4.3	Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado	27
3.4.4	Granulometría.....	28
3.4.5	Contenido de humedad.....	28
3.4.6	Cantidad no retenida por la malla N°200.....	29
3.5	ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO	29
3.5.1.	Absorción.....	29
3.5.2	Peso específico	29
3.5.3	Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado	30
3.5.4	Granulometría.....	31
3.5.5	Módulo de Fineza	31
3.5.6	Contenido de Humedad	31
CAPITULO IV. PROCESO DEL ENSAYO		31
4.1	MÉTODO DE ENSAYO.....	31
4.1.1.	DISEÑO DE MEZCLA	32
4.2	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	35
4.3	PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE CORROSIÓN.....	35
CAPÍTULO V. RESULTADOS DEL ENSAYO.....		39
5.1	GRÁFICO DE PESO VS CICLOS DE ENSAYO.....	39
5.2	GRÁFICA DE PESO ACUMULADO	43
5.3	ASPECTOS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS	46
5.4	VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	49
5.4	VALORES DEL ENSAYO A TRACCIÓN EN LAS VARILLAS DE ACERO.....	49
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....		50
6.1	MÁXIMO VALOR DEL PESO.....	50
6.2	MÍNIMO VALOR DEL PESO	50
6.3	RANGOS DE LOS VALORES DEL PESO	51

6.4 VARIABILIDAD DE PESO AGLOMERADO.....	51
6.5 DÉFICIT DE MATERIAL AGLOMERADO	52
6.6 ASPECTO FÍSICO DE LAS PRUEBAS EN EL ENSAYO	52
6.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	53
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1.</i> Peso Unitario Vs. Diseño de mezcla.....	19
<i>Gráfico 2.</i> Consistencia del concreto de cada diseño de mezcla.....	21
<i>Gráfico 3.</i> Exudación vs. Diseño de mezcla.....	22
<i>Gráfico 4.</i> Fragua final Vs. Diseño de Mezcla.....	23
<i>Gráfico 5.</i> Fluidez Vs. Diseño de mezcla.....	24
<i>Gráfico 6.</i> Resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla.....	26
<i>Gráfico 7:</i> Curva de Concreto (A/C: 0.45).....	40
<i>Gráfico 8.</i> Curva de Concreto (A/C: 0.50).....	41
<i>Gráfico 9:</i> Curva de Concreto (A/C: 0.55).....	42
<i>Gráfico 10.</i> Curva de Concreto (A/C: 0.45).....	43
<i>Gráfico 11:</i> Curva de Concreto (A/C: 0.50).....	44
<i>Gráfico 12:</i> Curva de Concreto (A/C: 0.55).....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Rango de valores del peso</i>	51
Tabla 2. <i>DATOS OBTENIDOS PARA LA RELACION AGUA/CEMENTO 0.45</i> ..	59
Tabla 3. <i>DATOS OBTENIDOS PARA LA RELACION AGUA/CEMENTO 0.50</i> ..	61
Tabla 4. <i>DATOS OBTENIDOS PARA LA RELACION AGUA/CEMENTO 0.55</i> ..	63
Tabla 5. <i>TABLA DE DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ANTES DEL ENSAYO</i>	80
Tabla 6. <i>TABLA DE DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POSTERIOR DEL ENSAYO</i>	82

ÍNDICE DE FOTOS

<i>Foto 1.</i> Pesado de muestras.....	36
<i>Foto 2.</i> Peso de probeta (a/c: 0.45)	37
<i>Foto 3.</i> Peso de probeta (a/c: 0.50)	37
<i>Foto 4.</i> Peso de probeta (a/c: 0.55)	38
<i>Foto 5.</i> Muestra ensayada	46
<i>Foto 6.</i> Muestra ensayada	47
<i>Foto 7.</i> Muestra ensayada	48
<i>Foto 8.</i> PESADO DE AGREGADO GRUESO EN EL LEM – FIC UNI.....	65
<i>Foto 9.</i> PESADO DEL CEMENTO EN EL LEM – FIC UNI.....	66
<i>Foto 10.</i> PESADO DE AGREGADO FINO EN EL LEM - FIC UNI.....	67
<i>Foto 11.</i> PESADO DEL AGUA EN EL LEM – FIC UNI.....	68
<i>Foto 12.</i> MEZCLA DE LOS MATERIALES EN EL LEM - FIC UNI	69
<i>Foto 13.</i> PROBETAS DE CONCRETO ELABORADAS EN EL LEM - FIC UNI..	70
<i>Foto 14.</i> CÁMARA DE CURADO EN EL LEM - FIC UNI.....	71
<i>Foto 15.</i> Ciclo N°1 de las Probetas durante el Ensayo.....	72
<i>Foto 16.</i> Ciclo N°2 de las Probetas durante el Ensayo.....	73
<i>Foto 17.</i> Ciclo N°3 de las Probetas durante el Ensayo.....	74
<i>Foto 18.</i> Ciclo N°4 de las Probetas durante el Ensayo.....	75
<i>Foto 19.</i> Ciclo N°5 de las Probetas durante el Ensayo.....	76
<i>Foto 20.</i> Ciclo N°10 de las Probetas durante el Ensayo.....	77
<i>Foto 21.</i> Ciclo N°20 de las Probetas durante el Ensayo.....	78
<i>Foto 22.</i> Ciclo N°30 de las Probetas durante el Ensayo.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Datos de Ensayo por Corrosión Acelerada	59
Anexo 2. Registro Fotográfico de la Elaboración de las Probetas.....	65
Anexo 3. Registro Fotográfico de las Probetas durante el Ensayo.....	72
Anexo 4. Tabla de Resistencias pre ensayo	80
Anexo 5. Tabla de Resistencias post ensayo.....	82
Anexo 6. Informe del Laboratorio de Ensayo de Materiales	83
Anexo 7. Ficha Técnica del Cloruro Férrico en Concentración 40%.....	89

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo conocer los efectos en el concreto armado de alta resistencia utilizando cemento portland tipo II por efecto del Cloruro Férrico, debido a que muchas estructuras de concreto armado (tanques de almacenamiento) se encuentran expuestas a este químico, usado en el proceso de la potabilización del agua.

Para conocer los efectos que podrían generarse se realizaron probetas de concreto de dimensiones 4" x 8", contando en su interior con una varilla de acero corrugado (3/8") de 10 cm de largo y ubicado en el eje de la probeta, asimismo cumpliendo con las siguientes relaciones de $a/c = 0.45, 0.50, 0.55$.

Posteriormente, las probetas y el acero se supeditaron al método de corrosión acelerada detallado en la tesis de investigación que lleva por título "Corrosión del cemento por ataque de Sulfatos" del Ing. José Luis Díaz Lazo.

Posterior al método anteriormente mencionado, se determinaron los efectos, siendo, con el prioritario, las modificaciones de peso en las probetas utilizadas en el ensayo, también se registraron otros efectos como las propiedades mecánicas y físicas en referencia a las probetas utilizadas previo al ensayo.

No obstante, a través del presente estudio se podrá ser considerada como una orientación para profundizar el conocimiento a los investigadores, también para los constructores al momento de exponer el concreto armado ante el cloruro férrico y tener en consideración los efectos generados.

Palabras clave: Cemento Portland, Cloruro Férrico, estructuras de concreto, concreto armado

ABSTRACT

The objective of this thesis is to know the effects on high-strength reinforced concrete using type II portland cement due to the effect of Ferric Chloride, because many reinforced concrete structures (storage tanks) are exposed to this chemical, used in the water purification process.

To know the effects that could be generated, concrete specimens of 4 "x 8" dimensions were made, with inside a corrugated steel rod (3/8 ") 10 cm long and located in the axis of the specimen. also complying with the following relationships of $a / c = 0.45, 0.50, 0.55$.

Subsequently, the specimens and the steel were subjected to the accelerated corrosion method detailed in the research thesis entitled "Corrosion of cement due to sulfate attack" by Ing. José Luis Díaz Lazo.

After the aforementioned method, the effects were determined, with the priority being the weight modifications in the specimens used in the test, other effects were also recorded, such as mechanical and physical properties in reference to the specimens used prior to the test.

However, through this study, it can be considered as an orientation to deepen the knowledge of researchers, also for builders when exposing reinforced concrete to ferric chloride and taking into account the effects generated. *Keywords:* Portland Cement, Ferric Chloride, concrete structures, reinforced concrete.

PRÓLOGO

Debido a la trabajabilidad del concreto, este es usado en distintas obras civiles, una ellas son los tanques de concreto armado con el fin de almacenamiento, siendo en nuestro caso el Cloruro Férrico (solución al 40%) usado en el proceso de la potabilización del agua.

Ciertamente, en la actualidad, no se conoce los efectos que provocaría la exposición del concreto (cemento tipo II) ante el Cloruro Férrico en las propiedades mecánicas y físicas.

Por ello, la presente investigación da a conocer los efectos en el concreto armado por acción del Cloruro Férrico y así tomar las acciones pertinentes ante este tipo de eventos.

Ing. Carlos A. Barzola Gastelú
Asesor

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En la actualidad es de conocimiento que el concreto armado es el material más utilizado en la construcción sea para obras de pequeña, mediana y gran envergadura. Sin embargo, por diversos factores el tiempo de vida útil se puede ver afectado por la acción de cloruros y sulfatos, por tal motivo se han realizado diversas tesis de investigación con el fin de mejorar la durabilidad del acero y el concreto.

Sin embargo, uno de los usos son los tanques de almacenamiento de concreto armado, en el cual se almacenan cloruro férrico, sulfato de aluminio y cloruro de aluminio que son usados como coagulantes para sedimentar las partículas en el proceso de clarificación del agua, por ello la importancia de investigar los efectos en el concreto armado con cemento Portland tipo II por acción del cloruro férrico al 40 % de concentración.

1.1.1. ANTECEDENTES

Rimarachín, L. (2013). "Corrosión del mortero de cemento con armadura, por ataque del cloruro de sodio", esta Tesis en mención tiene como objetivo principal el ataque del cloruro de sodio al mortero en un proceso de humedecido y secado, debido por la acumulación de sales en los poros se cristalizan y expanden provocando la rotura, formando fisuras y superficies ásperas por pérdida del material. Debido a la exposición mediante el ensayo la pérdida de peso por destrucción de la probeta es muy visible a partir del ciclo veinte en todas las dosificaciones establecidas.

Díaz, J. (1994). "Corrosión del cemento por ataque de sulfatos" esta Tesis en mención tiene por objetivo principal hacer un estudio comparativo de los cementos portland tipo I mediante un método de ataque acelerado por sulfatos y agua de mar, considerando estas sustancias con las condiciones de agresividad interna y externa para atacar el concreto. Debido a la exposición mediante el ensayo de corrosión acelerada se observa pérdida de peso y resistencia de las probetas de concreto.

Del Valle, A. (2001). "El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado", esta publicación tiene por objetivo principal contar con las

técnicas electroquímicas, ya que, aportan información valiosa para estimar el grado de avance de la corrosión en la varilla embebida en concreto, con lo que es posible realizar diagnósticos confiables que permitan tomar medidas adecuadas para la protección y mantenimiento pertinentes de estructuras de concreto armado. Por esta razón que el concreto debe ser diseñado con los requerimientos específicos de servicio para cada estructura de acuerdo con el sitio en que sea construida. Las especies químicas pueden estar como sólidos insolubles, en la zona de corrosión las especies estables del hierro se encuentran como iones, por lo tanto es una condición propicia para la disolución del metal.

1.2 PROBLEMÁTICA

Prevenir la disminución de la resistencia para preservar la vida útil de la construcción, debido al contacto directo (almacenamiento en tanques de concreto) con el cloruro férrico al 40 % de concentración.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Estudiar y determinar los pesos y las resistencias a la compresión de las probetas sometidas al ensayo de corrosión acelerada.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Pesar las probetas en los 30 ciclos del ensayo.
- Cuantificar las variaciones de los pesos en los 30 ciclos del ensayo.
- Obtener las resistencias a la compresión de las probetas posterior al ensayo.
- Cuantificar las variaciones de las resistencias a la compresión en los 30 ciclos del ensayo.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

Se tiene como hipótesis que el compuesto químico (cloruro férrico) en contacto con el concreto podría reaccionar con algunos de los componentes del concreto, ocasionando efectos adversos a la estructura de concreto armado. Asimismo, el acero de refuerzo se podría ver afectada, ya que depende del

recubrimiento y la permeabilidad para impedir que el cloruro férrico afecte al acero y genere la corrosión.

1.4.2. Hipótesis Específicas

El concreto armado en contacto con el cloruro férrico en concentración al 40% podría presentar fisuras de consideración y/o desprendimiento del recubrimiento.

H1: Alteración en el peso de las probetas ensayadas.

H2: Disminución de la resistencia a la comprensión de las probetas ensayadas.

CAPITULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 DEFINICIONES BÁSICAS

En la presente investigación, debemos tener en consideración los siguientes términos:

- Probeta: refiere al concreto armado con una figura cilíndrica de dimensiones, 4 de radio y 8 de altura.
- Probetas patrón: probeta sana, con el fin de utilizarla como referencia respecto a las probetas sometidas a un tipo de ensayo.
- A/C: relación que divide la cantidad de agua y cemento (volumen).

2.2 CONCRETO

El concreto, debido a sus diversas funciones en la construcción, es el material más utilizado en el mundo debido a su moldeabilidad, resistencia, bajo costo y poco mantenimiento en el transcurso del tiempo.

Según Ibarcená (2013), el concreto está constituido por la mezcla de agua, cemento, agregado grueso y agregado fino. Debido que el concreto está expuesto a diferentes escenarios puede sufrir daños, por ello, hay casos en donde se le añade aditivos para poder cumplir los estándares y parámetros de las normas. (p. 6).

En la presente tesis de investigación, para la preparación de las probetas se utilizaron los materiales como el cemento Portland, agua, agregado grueso y agregado fino y acero de refuerzo.

2.2.1 Agua

El agua que se utilizará en la mezcla deberá cumplir los requisitos básicos de la norma ASTM D-1293, ASSHTO M-144 y ASTM-T26; así mismo teniendo las consideraciones de ACI 618-07.

Ibarcená (2013), manifiesta que el agua tiene dos funciones en el concreto: como ingrediente en la elaboración y como medio de curado en estructuras recién construidas. (p. 14).

Para la tesis de investigación se utilizó agua potable.

2.2.2 Agregados

Compuestos de materiales geológicos utilizados generalmente en la construcción. Los agregados deben cumplir como requisito mínimo lo estipulado en la Norma NTP 400.037 y complementarse de acuerdo las exigencias de cada proyecto. (Arias, 2014, p. 6).

Para la presente tesis de investigación se utilizó agregados de la cantera "Trapiche".

2.2.3 Cemento Portland

Material de construcción en polvo, compuesto por la mezcla de caliza y arcilla. Componente fundamental del concreto y de la resistencia a la compresión. Es un tipo de cemento hidráulico ya que al realizarse la mezcla se obtiene el concreto. Posteriormente, debe fraguar y endurecer para tener como resultado el concreto deseado. (Moreno, 2015, p. 20)

Para la presente tesis de investigación se utilizó Cemento Portland marca Andino.

2.2.4 Acero de refuerzo

Es una barra de acero que se usa dentro del concreto con la finalidad de mejorar la resistencia a tensión, se debe considerar que si el diámetro es mayor o igual a 8 mm, las barras deberán ser corrugadas, siguiendo la Norma E.60, 2013.

En el presente estudio, se emplearon barras de 3/8" (Aceros Arequipa de material corrugado).

2.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Para obtener las características y especificaciones técnicas deseadas del concreto es necesario medir y administrar los materiales a usar.

En la actualidad existen diversos métodos de diseño de mezcla, para la presente tesis de investigación se usará el método de diseño de mezcla “agregado global y módulo de finura” (Cachay, 1995) y se procederá con los siguientes pasos:

- Estudiar las especificaciones técnicas.
- Elegir la resistencia promedio a la compresión.
- De acuerdo con el elemento estructural donde se realizará el vaciado se debe considerar un tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Elegir un correcto procedimiento del vaciado y las facilidades para la vibración, asimismo el asentamiento de la mezcla.
- Disponer la cantidad (volumen) de agua empleada.
- Definir el porcentaje de aire total
- En base de la resistencia a la compresión y la durabilidad que será sometida la estructura, se deberá seleccionar la relación agua/cemento.
- En base a la relación de a/c se halló la cantidad de cemento por unidad de concreto (volumen).
- De acuerdo con el método del diseño se deberá determinar la cantidad de agregado grueso y agregado fino, no se considerará la humedad propia de cada agregado.
- La cantidad de agua no contabilizada por la humedad propia de los agregados se considerará como una corrección de absorción.
- Por último, se ajustarán las proporciones de cada material de acuerdo con los ensayos en el laboratorio y obra.

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó el Método del Agregado Global y se procedió de acuerdo lo siguiente:

Se mostrará una curva de densidad de acuerdo con las proporciones obtenidas de los agregados, para esto se deberá realizar varias mezclas del agregado grueso y agregado fino, teniendo la menor cantidad posible de vacíos. Realizada la curva de densidad se considerará el mayor valor obtenido.

En los anexos expuestos al finalizar esta tesis, se adjunta todas las curvas de densidad de acuerdo con cada diseño de mezcla.

2.4 DETERIORO DEL CONCRETO

La buena trabajabilidad y versatilidad del concreto conlleva verse expuesto ante agentes agresivos generando en el tiempo un posible deterioro y/o corrosión.

La corrosión puede generarse desde la mezcla o en contacto del concreto con agentes externos, penetrando en la mezcla y en algunos casos dañando al acero de refuerzo.

Por ello, el concreto depende de la correcta dosificación y calidad de los materiales usados en la mezcla. Asimismo, el concreto trabaja como una capa de recubrimiento para la barra de acero.

El concreto se ve expuesto a los siguientes posibles ataques químicos:

- Ácidos.
- Bases.
- Sulfatos.
- Cloruros.
- Sustancias diversas.
- Químico - biológicos
- Químico - agua.
- Químico - gases.
- Reacción cemento-agregado

También por ataques físicos:

- Desgaste superficial
- Altas temperaturas
- Físico - radiación
- Físicos - químicos por corrosión

Posterior a los ataques antes mencionados se pueden manifestar de las siguientes formas:

- Al oxidarse la barra de acero, el concreto se ve afectado ya que la barra de acero sufre cambios físicos (aumento de volumen) provocando fisuras y desprendimientos.

- Al oxidarse la barra de acero, disminuirá en su diámetro (desprendimiento) por ende se verán afectadas las propiedades mecánicas.
- El compuesto químico, sales u óxidos se incrustarán por los poros del concreto, generando fisuras y desprendimientos.

Para la presente tesis de investigación se estudió los efectos del concreto armado por acción del Cloruro Férrico en Solución al 40% de concentración.

2.5 CLORURO FÉRRICO

El cloruro férrico con fórmula química $FeCl_3$, para obtener este compuesto químico en concentración al 40% se debe mezclar con agua, finalmente teniendo las siguientes características:

- $FeCl_3$ (fórmula química)
- Color pardo oscuro
- Acidez libre no mayor a 0.5 (%HCl)
- Contenido de metales no mayor a 0.01%
- Residuo insoluble no mayor a 0.5%
- Concentración del $FeCl_3$ entre 38% a 45%.
- Concentración de Cloruro Ferroso no mayor a 0.5%
- Densidad entre 1.4 a 1.45 g/cc

Para la presente tesis de investigación se empleó Cloruro Férrico en concentración 40% de la marca Clint Perú SAC.

2.6 USOS DEL CLORURO FÉRRICO EN CONCENTRACIÓN AL 40%

El cloruro férrico es el agente encargado de que coagule y produzca un floc como parte de la potabilización del agua. Parte de este proceso es para separar las partículas que generan aguas turbias y la contaminación del agua, ya que, estas provienen por tener contacto con las descargas de desagües domésticos, industriales, etc.

Por tal motivo, el cloruro férrico se debe almacenar en tanques de concreto armado desde hace ya varios años y, en la presente, se dará a conocer los efectos causados por el contacto del cloruro férrico en concentración 40% con el concreto armado.

CAPITULO III. ENSAYOS

3.1 ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO

3.1.1 Peso Unitario

Se determinó en base a la NTP 339.046 (método de ensayo para determinar el peso unitario) y de acuerdo con lo siguiente:

- Vaciar el concreto hasta un tercio de su capacidad, luego se deberá compactar el concreto con ayuda de una varilla aplicándole 25 golpes. El mismo proceso se deberá realizar para los dos tercios restantes.
- Culminado el último tercio de compactación, se debe enrasar el material sobrante y golpear externamente el envase con la finalidad de eliminar los vacíos.
- Se procede a pesar el envase.

Los resultados conseguidos permiten categorizarlos como concretos de peso normal (2240 – 2460 kg/m³), ver gráfico n°1.

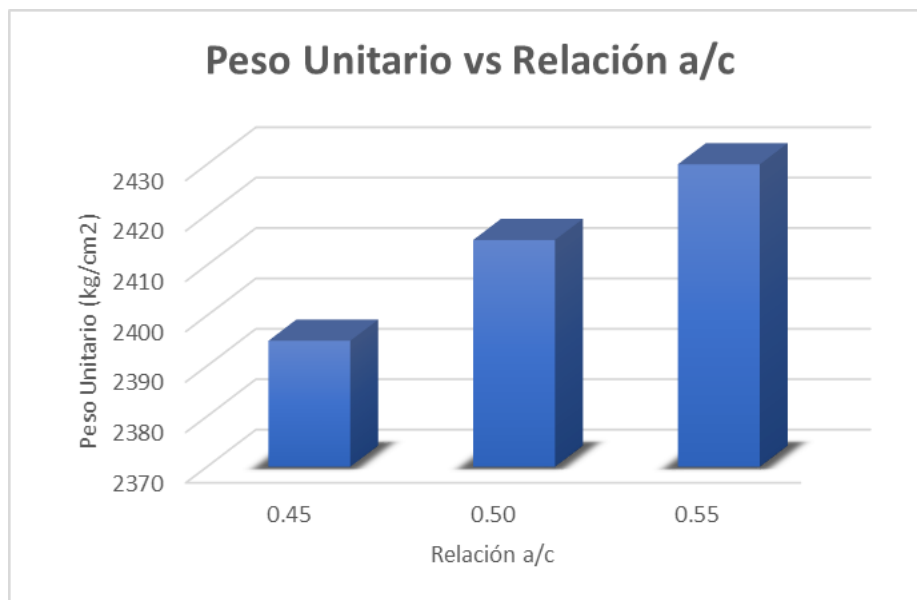


Gráfico 1. Peso Unitario Vs. Diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Ensayo de Consistencia del Concreto

Se determinó en base a la NTP 339-035 (método de ensayo para determinar la consistencia del concreto) y de acuerdo con el método del Cono de Abrams. Este ensayo nos da como resultado la capacidad de amoldarse y adaptarse del concreto. De esta manera se puede asegurar mínima cantidad de vacíos y correcta trabajabilidad del concreto, donde será medido de acuerdo con el siguiente procedimiento (ver gráfico n°2):

- Tener un molde (cono) y una plancha metálica.
- Se humedece el molde para que no pueda absorber el agua.
- Fijar el molde con la ayuda de los peldaños.
- Vaciar el concreto hasta un tercio de su capacidad, luego se deberá compactar el concreto con ayuda de una varilla aplicándole 25 golpes en forma espiral.
- Echar la segunda capa hasta una altura de 15 cm y se procede a compactar ligeramente (25 golpes) teniendo cuidado de afectar la primera capa.
- Echar la última capa y compactar ligeramente (25 golpes) para no dañar las capas anteriores.
- Eliminar todos los excesos de concreto en los bordes.
- Golpear con la varilla suavemente la parte externa del cono con la finalidad de eliminar los vacíos.
- Retirar el cono rápidamente sin provocar movimiento brusco en un tiempo no mayor a 10 segundos aproximadamente.
- Se debe colocar el molde al costado del concreto, posteriormente sobre el molde deberá colocarse la varilla de tal manera que permita medir la distancia que existe entre la parte superior del concreto y la varilla colocada en forma horizontal.

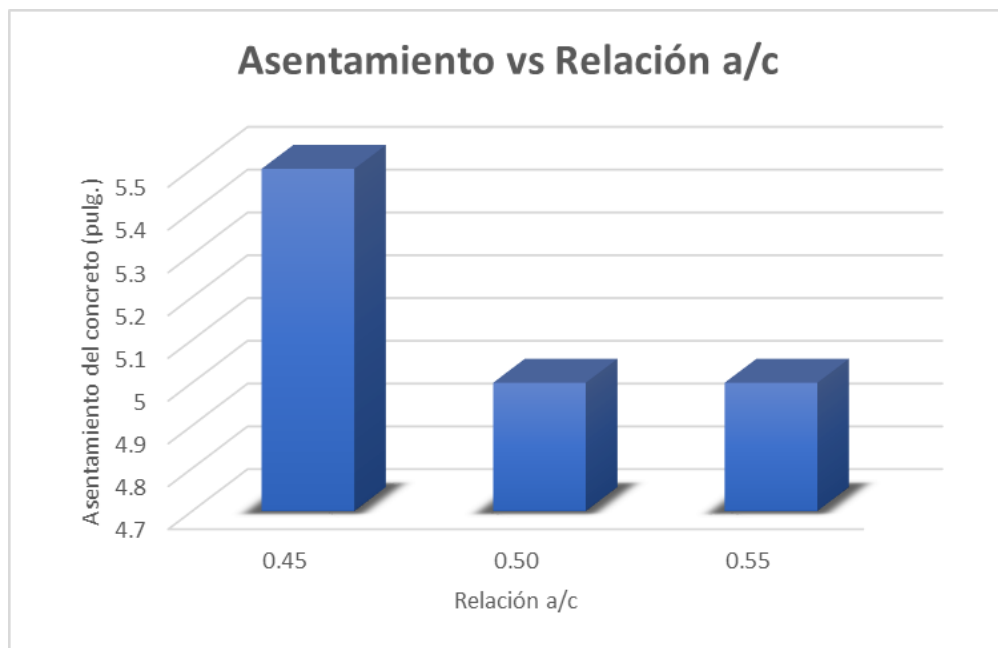


Gráfico 2. Consistencia del concreto de cada diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Exudación

Se definió en base a la NTP 339-077 (método de ensayo normalizados para la exudación del concreto). Según Ayuque (2019), afirma que la exudación es una forma de segregación o sedimentación, en la cual cierta parte del agua del concreto ya mezclado tiende a subir a la superficie formando una pequeña capa delgada encima del concreto, donde será medido de acuerdo con el siguiente procedimiento (ver gráfico n°3):

- Colocar la mezcla del concreto en un molde de 1/2 pie cúbico y dosificarlo en tres capas compactadas cada una con 25 golpes.
- Enrasar y eliminar todos los excesos de concreto en los bordes.
- Realizar el pesaje del envase con la mezcla.
- Poner un taco de 5 cm en la esquina del envase (acopio del agua en un solo extremo).
- Extraer cada 10 minutos con una jeringa el agua acumulada, desarrollado en 40 minutos. Además, succionar por 30 minutos hasta culminar el proceso anteriormente expuesto.
- Posteriormente a la succión total del líquido se debe retornar el envase a la posición inicial.

- Posteriormente se deberá medir el volumen del líquido y con ello calcular el porcentaje de exudación y la velocidad de exudación.

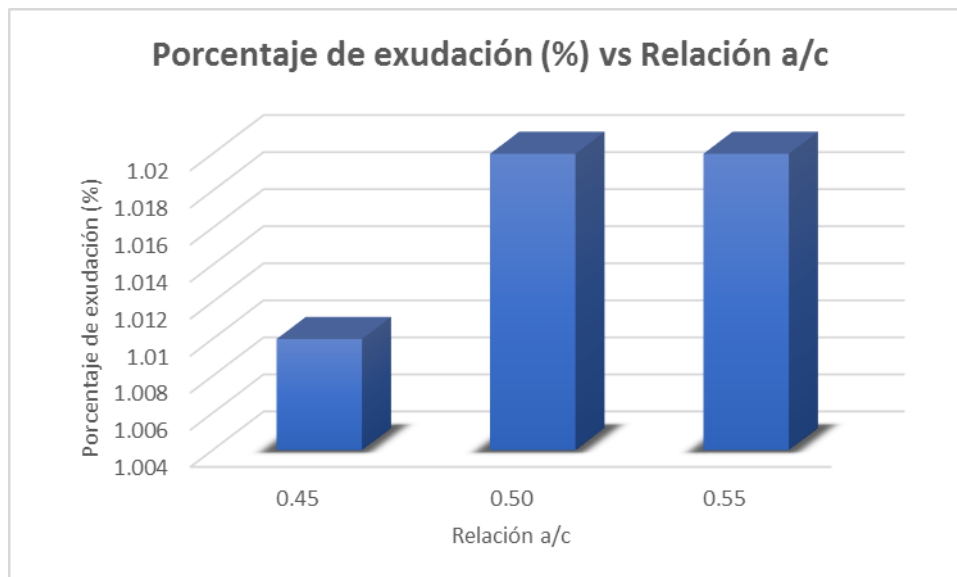


Gráfico 3. Exudación vs. Diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Proceso de fraguado

Se diagnosticó en base a la NTP 339-082 (método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas). Es la cantidad de tiempo que cambia la mezcla del concreto de estado líquido a sólido y se medirá de acuerdo con el siguiente proceso (ver gráfico n°4):

- Contar con dos moldes de forma cilíndrica y de 15 centímetros de altura.
- Preparar 0.02 metros cúbicos de mezcla de concreto.
- Proceder a tamizar por la malla N°4, la mezcla que traspasa vendría a ser el mortero.
- Verter en capa doble el mortero en los envases (27 golpes por cada capa).
- Enrasar y eliminar todos los excesos de concreto en los bordes.
- Golpear los costados de los moldes con la finalidad de eliminar los vacíos.
- Exponerlas muestras en temperatura ambiente.
- Extraer el agua por efecto de la exudación.
- Se registra bitácora de inicio.

- Alistar las agujas de diámetros requeridos, se registra la hora de inicio y se aplica en estado de endurecimiento de la mezcla y se penetra durante 10 minutos.
- Registro del área de la aguja, la fuerza aplicada, y la bitácora de cada uno de ellos.
- La subsiguiente aguja, no debe alejarse menos de 15 mm desde el borde del envase. Además, estar distanciada de la primera aguja al menos 2 veces el diámetro de la aguja.
- Si las mezclas se realizaron en condiciones normales se considera que el primer ensayo será realizado a 3 horas y los siguientes cada 1 hora.
- Finalizado el proceso se realizó el cálculo de la fuerza aplicada respecto al área de la aguja.

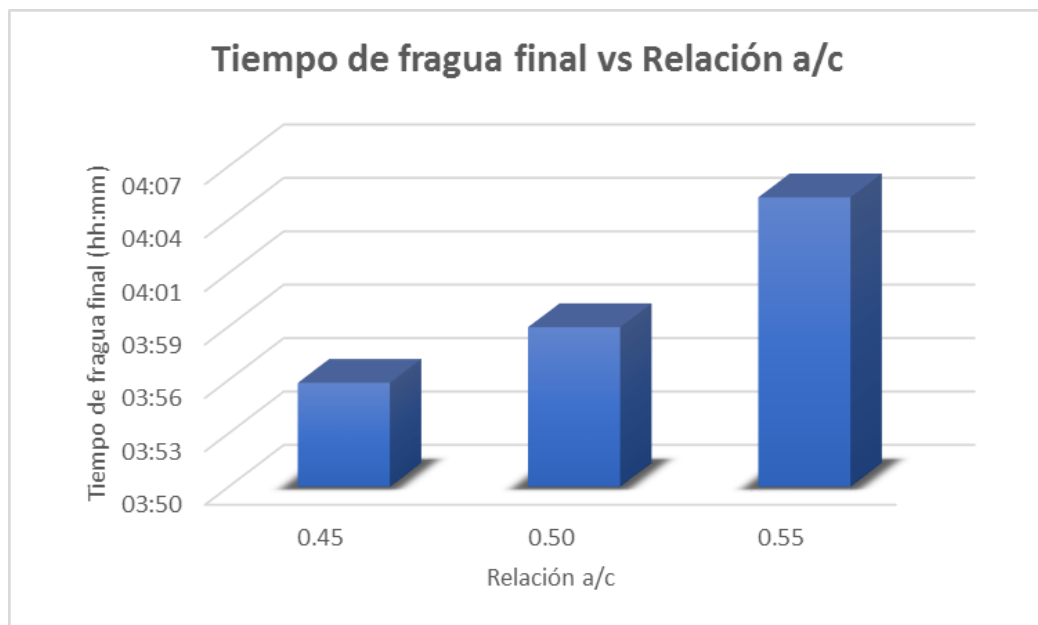


Gráfico 4. Fragua final Vs. Diseño de Mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.5 Fluidez

Se determinó en base a la NTP 339-085 (método de ensayo normalizado para determinar la fluidez de asentamiento). La Fluidez es la resistencia de la mezcla de concreto a la adaptación y/o deformación, depende esencialmente del tamaño máximo del agregado y cantidad de agua, por ello, se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento (ver gráfico n°5):

- Limpiar la mesa de sacudidas.
- Echar la primera capa de la mezcla de concreto hasta la altura media del molde y se procede a compactar con 25 golpes. Mismo procedimiento para la última capa. Mismo procedimiento para la última capa.
- Enrasar y eliminar todos los excesos de concreto en los bordes.
- Golpear los costados de los moldes con la finalidad de eliminar los vacíos.
- Retirar el molde rápidamente sin provocar movimiento brusco.
- Elevar la mesa de sacudidas a una altura de 12.5 mm aproximadamente y proceder con las caídas por 15 veces consecutivas con apoyo de la manivela.
- Luego se debe tomar 6 mediciones al diámetro de la mezcla extendida en la mesa, con los resultados se deberá hallar la media aritmética.
- Posteriormente, en base al porcentaje de aumento del diámetro respecto al valor del diámetro inicial (molde) se determinará el índice de consistencia.

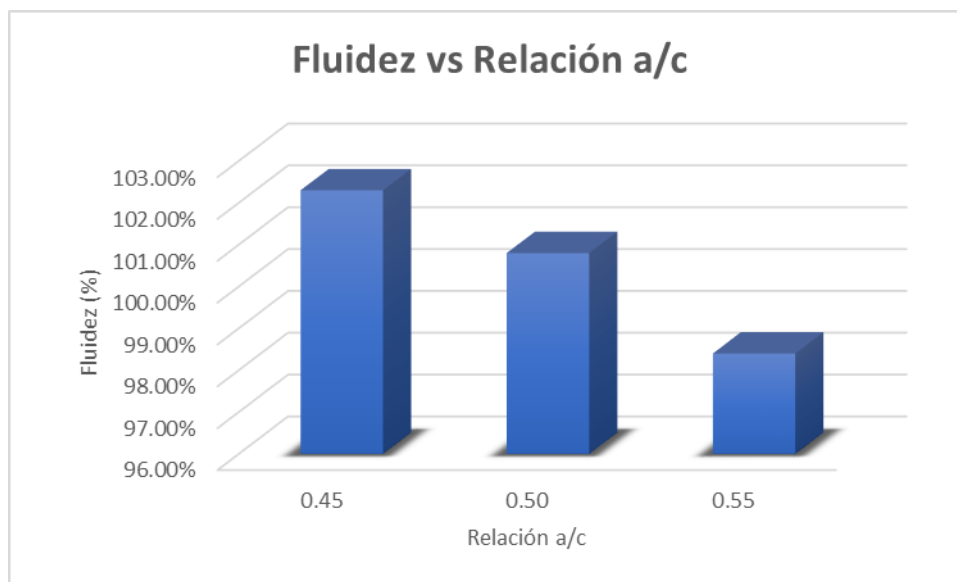


Gráfico 5. Fluidez Vs. Diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

3.2 PRUEBA EN ESTADO ENDURECIDO

3.2.1 Resistencia a la compresión

Se determinó en base a la NTP 339-034 (método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas). Debido a la fuerza de compresión el concreto presenta una resistencia y esta se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento (ver gráfico n°6):

- Primero se debe elaborar la mezcla de concreto de acuerdo con unas determinadas especificaciones.
- Proceder al llenado de las probetas en moldes de 4" de diámetro y 8" de altura, se deberá realizar en 2 capas y compactando con 25 golpes cada una.
- Desmoldar al día siguiente y posteriormente curar las probetas en una poza con agua limpia.
- Después de 28 días del curado se procede a realizar el ensayo para obtener la resistencia.
- El ensayo consiste en aplicar una carga mediante una máquina de prensa hidráulica hasta la máxima resistencia de la probeta.
- Anotar las fuerzas máximas aplicadas y el área de contacto de las probetas.
- Para finalizar, se halló la resistencia a la compresión mediante el cálculo de la fuerza máxima entre la superficie de contacto.

A través de los anexos presentados en este estudio, se adjuntan los valores obtenidos.

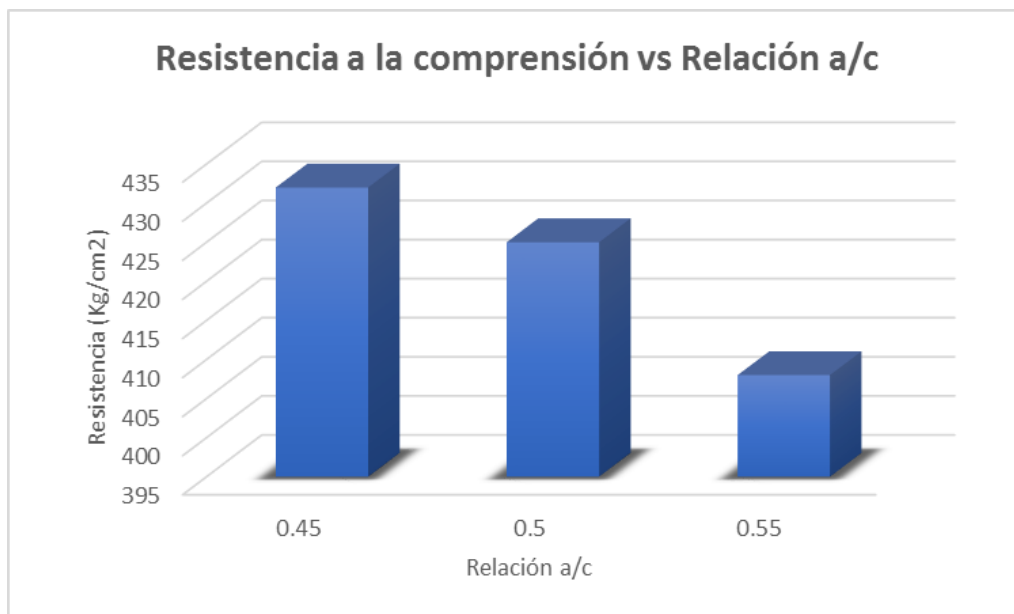


Gráfico 6. Resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

3.3 ENSAYOS DE ACERO CORRUGADO

3.3.1. Ensayo de máxima tensión

Se determinó en base a la NTP 341-031 (barras de acero corrugadas para refuerzo de concreto armado). En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.4 ENSAYOS DEL AGREGADO FINO

3.4.1 Absorción

Se determinó en base a la NTP 400-022 (método de peso específico, absorción y contenido de humedad del agregado fino). Se obtiene mediante la siguiente operación:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra SSS} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.4.2 Peso Específico

Se determinó en base a la NTP 400-022 (método de peso específico, absorción y contenido de humedad del agregado fino). Se obtiene de la división

del peso de las partículas entre el volumen de vacíos y esta se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Esparcir el material, subdividir y pesar 3 kilogramos.
- Remojar la muestra obtenida en agua por 24 horas.
- Luego se bota el agua.
- Esparcir y dejar secar la muestra, la muestra debe estar saturada superficialmente seca.
- De la muestra SSS se pesa 500 gramos y verter en un recipiente de vidrio (balón) para poder hallar el volumen desplazado de agua (volumen de muestra SSS).
- Pesar el envase de vidrio (muestra SSS).
- Verter el agua al envase una cantidad 500 cm³.
- Para eliminar vacíos agitar el envase.
- Pesar el envase con el contenido total.
- Ingresar la muestra al horno de secado.
- Pesar la muestra totalmente seca.
- Calcular la división del peso y el volumen de la muestra.

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.4.3 Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado

Se determinó en base a la NTP 400-017 (método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino). Se obtiene de la división del peso de las partículas y el volumen total (incluir los vacíos) y esta se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Esparcir el material y cuartear.
- Llenar en balde de 1/10 pie³ con el material.
- Enrasar y eliminar todos los excesos bordes.
- Pesar.
- Hallar la división del pesaje obtenido entre el volumen del balde, el cual da por resultado el peso unitario suelto.

En cuanto al peso unitario compactado se realizó el siguiente método:

- Vertido el material, proceder a cuartear.
- Rellenar el recipiente de $1/10 \text{ pie}^3$ en tres capas compactadas por 25 golpes.
- Enrasar y eliminar todos los excesos bordes.
- Pesar.
- Hallar la división del pesaje obtenido entre el volumen del balde, el cual da por resultado el peso compactado.

A través de los anexos presentados en este estudio, se adjuntan los valores obtenidos.

3.4.4 Granulometría

Se determinó en base a la NTP 400-012 (granulometría de los agregados). Se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Obteniendo la muestra libre de impurezas, se procede a pesar 500gr.
- Vaciar la muestra libre de impurezas en la máquina tamizadora.
- Posterior al tamizado, se procedió a pesar el material obstruido.
- Graficar la curva granulométrica con los datos obtenidos (pesos).

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores y gráficos obtenidos.

3.4.5 Contenido de humedad

Se determinó en base a la NTP 400-022 (método de peso específico, absorción y contenido de humedad del agregado fino). Se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Pesar 500 gramos de muestra (libre de impurezas).
- Colocar en un envase y posteriormente ingresarlo en un horno mediante 24 horas (temperatura de 110°C).
- Retirar la muestra y pesarlo con cuidado.
- El resultado de la resta del peso inicial con el peso de la muestra (secado en el horno) se divide entre el peso de la muestra seco.

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.4.6 Cantidad no retenida por la malla N°200

Las delimitaciones son:

- El máximo de los parámetros establecidos es el 5%.
- El máximo de los Casos especiales es el 3%.

A través de los anexos presentados en este estudio, se adjuntan los valores obtenidos.

3.5 ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO

3.5.1. Absorción

Se determinó en base a la NTP 400-021 (método de peso específico, absorción y contenido de humedad del agregado grueso). Se obtiene mediante la siguiente operación:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra SSS} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.5.2 Peso específico

Se determinó en base a la NTP 400-021 (método de peso específico, absorción y contenido de humedad del agregado grueso). Se obtiene de la división del peso de las partículas entre el volumen de vacíos y esta se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Esparcir el material, subdividir y pesar 6 kilogramos.
- Remojar la muestra obtenida en agua por 24 horas.
- Luego se bota el agua.
- Esparcir y dejar secar la muestra, la muestra debe estar saturada superficialmente seca.
- De la muestra SSS se pesa 5 kilogramos.
- Pesar la cestilla inmersa.

- Verter el material en la cestilla y proceder al pesaje correspondiente
- Verter el agua al envase una cantidad 500 cm³.
- Para eliminar vacíos agitar el envase.
- Ingresar la muestra al horno de secado.
- Pesar la muestra totalmente seca.
- Calcular la división del peso y el volumen de la muestra.

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.5.3 Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado

Se determinó en base a la NTP 400-017 (método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino). Se obtiene de la división del peso de las partículas y el volumen total (incluirl los vacíos) y esta se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Esparcir el material y cuartear.
- Llenar en balde de 1/2 pie³ con el material.
- Enrasar y eliminar todos los excesos bordes.
- Pesar.
- Hallar la división del pesaje obtenido entre el volumen del balde, el cual da por resultado el peso unitario suelto.

En cuanto al peso unitario compactado se debe proceder de la siguiente forma:

- Esparcir el material y cuartear.
- Llenar el balde de 1/2 pie³ en tres capas compactadas por 25 golpes.
- Enrasar y eliminar todos los excesos bordes.
- Pesar.
- Hallar la división del pesaje obtenido entre el volumen del balde, el cual da por resultado el peso unitario compactado.

A través de los anexos presentados en este estudio se adjuntan los valores obtenidos.

3.5.4 Granulometría

Se determinó en base a la NTP 400-012 (granulometría de los agregados) y define como la representación numérica de los tamaños de cada partícula.

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

3.5.5 Módulo de Fineza

El método consiste en:

- Obteniendo la muestra libre de impurezas, se procede a pesar 10 gr.
- Vaciar la muestra libre de impurezas en la máquina tamizadora.
- Posterior al tamizado, se procedió a pesar el material obstruido.
- Con los porcentajes acumulativos obtenido se procede a graficar la curva granulométrica.

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores y gráficos obtenidos.

3.5.6 Contenido de Humedad

Se determinó en base a la NTP 400-021 (método de peso específico, absorción y contenido de humedad del agregado grueso). Se medirá de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Pesar 1000 gramos de muestra (libre de impurezas).
- Colocar en un envase y posteriormente ingresarlo en un horno mediante 24 horas (temperatura de 110°C).
- Retirar la muestra y pesarlo con cuidado.
- El resultado de la resta del peso inicial con el peso de la muestra (secado en el horno) se divide entre el peso de la muestra seco.

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos previa y posteriormente a los ensayos.

CAPITULO IV. PROCESO DEL ENSAYO

4.1 MÉTODO DE ENSAYO

Se empleó el método de corrosión acelerada de las probetas de concreto, el cual fue desarrollado en la tesis “Corrosión del cemento por ataque del sulfato”, por el Ing. José Luis Díaz Lazo.

Se elaboraron probetas de concreto (a/c: 0.45, 0.50, 0.55) de dimensiones de 4" de diámetro y 8" de altura, asimismo se introdujo una varilla de acero corrugado (3/8"), con una longitud de 10 centímetros, posterior al curado se dio inicio al ensayo de corrosión acelerada por humedecimiento, secado y pesado.

4.1.1. DISEÑO DE MEZCLA

Se diseñó en base al Método del Agregado Global para mezclas de concreto de mediana a alta resistencia, obteniendo los siguientes resultados:

- Diseño de mezcla final (a/c: 0.45):

A. Características Generales:

Asentamiento	4" - 6"
Relación a/c de diseño	0.45
Relación a/c de obra	0.40
Proporciones de diseño	1 : 1.58 : 1.81
Proporciones de obra	1 : 1.67 : 1.82

B. Cantidad de material de diseño por m³ de concreto

Cemento	478	kg
Arena	757	kg
Piedra	865	kg
Agua	215	L

C. Cantidad de material por m³ de concreto en obra

Cemento	478	kg
Arena	797	kg
Piedra	868	kg
Agua	189	L

D. Cantidad de material por bolsa de cemento en obra

Cemento	42.50	kg
Arena	70.81	kg
Piedra	77.16	kg
Agua	16.81	L

E. Proporciones aproximadas en volumen

		Cemento	Arena	Piedra
Proporciones	.....	1	1.56	1.83
Agua	.....	16.81	L/bolsa	

- Diseño de mezcla final (a/c: 0.50):

A. Características Generales:

Asentamiento	.....	4" - 6"		
Relación a/c de diseño	.....	0.5		
Relación a/c de obra	.....	0.43		
Proporciones de diseño	.....	1	1.90	2.10
Proporciones de obra	.....	1	2.00	2.11

B. Cantidad de material de diseño por m3 de concreto

Cemento	.....	421	kg
Arena	.....	799	kg
Piedra	.....	885	kg
Agua	.....	210	L

C. Cantidad de material por m3 de concreto en obra

Cemento	.....	421	kg
Arena	.....	841	kg
Piedra	.....	888	kg
Agua	.....	183	L

D. Cantidad de material por bolsa de cemento en obra

Cemento	.....	42.50	kg
Arena	.....	85.01	kg
Piedra	.....	89.71	kg
Agua	.....	18.46	L

E. Proporciones aproximadas en volumen

		Cemento	Arena	Piedra
Proporciones	.....	1	1.88	2.13
Agua	.....	18.46	L/bolsa	

- Diseño de mezcla final (a/c: 0.55):

A. Características Generales:

Asentamiento	4" - 6"
Relación a/c de diseño	0.55
Relación a/c de obra	0.47
Proporciones de diseño	1 : 2.24 : 2.41
Proporciones de obra	1 : 2.36 : 2.42

B. Cantidad de material de diseño por m³ de concreto

Cemento	373	kg
Arena	837	kg
Piedra	898	kg
Agua	205	L

C. Cantidad de material por m³ de concreto en obra

Cemento	373	kg
Arena	881	kg
Piedra	901	kg
Agua	176	L

D. Cantidad de material por bolsa de cemento en obra

Cemento	42.50	kg
Arena	100.36	kg
Piedra	102.66	kg
Agua	20.07	L

E. Proporciones aproximadas en volumen

	Cemento	Arena	Piedra
Proporciones	1	2.20	2.41
Agua	20.07	L/bolsa	

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjunta el informe emitido por el Laboratorio de Ensayos de Materiales - UNI.

4.2 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

En la elaboración de probetas de concreto armado se requirió de los siguientes materiales:

- Arena gruesa
- Piedra chancada 1/2"
- Agua
- Varilla de fierro de 3/8"
- Cemento Portland (marca Andino)
- Moldes metálicos (4" de diámetro por 8" de altura)
- Mezcladora

Posteriormente se procedió al curado y se requirió de los siguientes materiales:

- Agua potable
- Tinas de plástico (100 L)

Por último, para realizar el método de corrosión acelerada se requirió de los siguientes materiales:

- Cloruro Férrico en 40% de concentración
- Tinas de plástico (100 L)
- EPPs (lentes, guantes y mandil)
- Balanza electrónica

4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE CORROSIÓN

De acuerdo con el ensayo de corrosión acelerado a continuación se detalla el proceso:

- Registrar el peso inicial de todas las probetas (ver foto n°1, 2, 3 y 4).
- Secar las probetas a temperatura ambiente por 24 horas
- Registrar el peso inicial de todas las probetas.
- Introducir las probetas en la solución de Cloruro Férrico por 24 horas.
- Secar las probetas introducidas a temperatura ambiente por 24 horas.
- Pesar las probetas y registrar (culminación del ciclo 1)

- Introducir nuevamente las probetas en la solución de Cloruro Férrico por 24 horas.
- Secar las probetas introducidas a temperatura ambiente por 24 horas.
- Pesar las probetas y registrar (culminación del ciclo 2).
- Introducir nuevamente las probetas en la solución de Cloruro Férrico por 24 horas.
- Secar las probetas introducidas a temperatura ambiente por 24 horas.
- Pesar las probetas y registrar (culminación del ciclo 3).
- Introducir nuevamente las probetas en la solución de Cloruro Férrico por 24 horas.
- Secar las probetas introducidas a temperatura ambiente por 24 horas.
- Pesar las probetas y registrar (culminación del ciclo 4).
- Introducir nuevamente las probetas en la solución de Cloruro Férrico por 24 horas.
- Secar las probetas introducidas a temperatura ambiente por 24 horas.
- Pesar las probetas y registrar (culminación del ciclo 5).
- Introducir nuevamente las probetas en la solución de Cloruro Férrico por 24 horas.
- Este proceso debe realizarse por 30 ciclos.
- Por último, pesar las probetas y registrar (culminación del ciclo 30).



Foto 1: Pesado de muestras



Foto 2. Peso de probeta (a/c: 0.45)

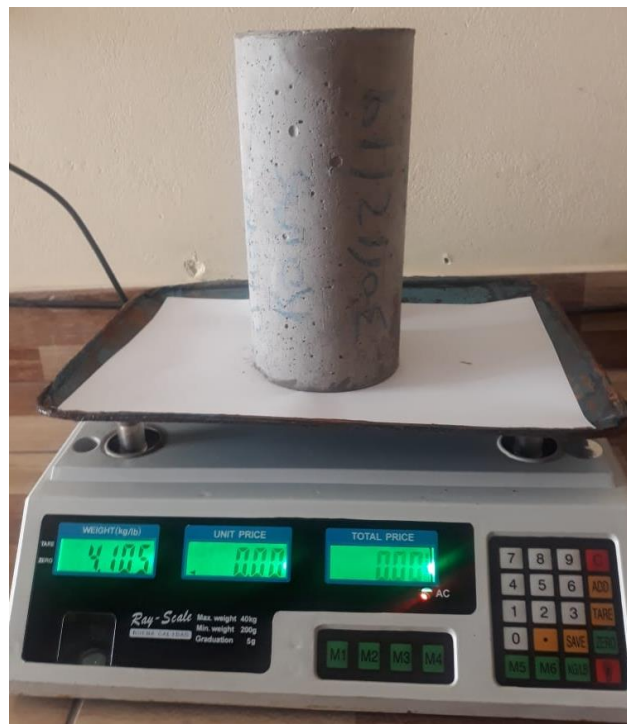


Foto 3. Peso de probeta (a/c: 0.50)

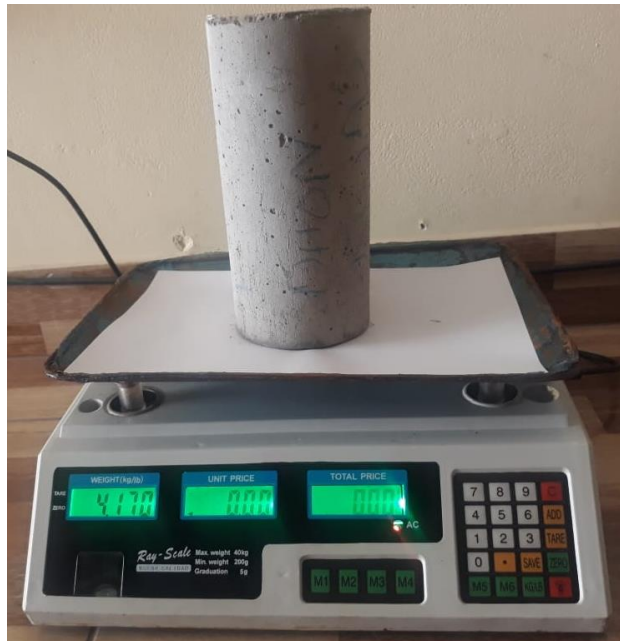


Foto 4. Peso de probeta (a/c: 0.55)

Asimismo, se debe introducir 01 varilla de fierro (3/8") de 60 cm de largo el tiempo de tres días, con el fin de realizar el ensayo de tracción.

CAPÍTULO V. RESULTADOS DEL ENSAYO

De acuerdo con los ensayos por corrosión acelerada que fueron sometidas las probetas de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas (a/c: 0.45, 0.50, 0.55) en los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores y gráficos obtenidos.

5.1 GRÁFICO DE PESO VS CICLOS DE ENSAYO

Gráfico elaborado en base a los pesos (gramos), respecto los datos obtenidos de cada ciclo de ensayo. Se elaboró un gráfico por cada relación agua/cemento.

- Peso de probetas vs ciclos de ensayo, a/c: 0.45 (ver gráfico n°7).
- Peso de probetas vs ciclos de ensayo, a/c: 0.50 (ver gráfico n°8).
- Peso de probetas vs ciclos de ensayo, a/c: 0.55 (ver gráfico n°9).
- Peso de probetas acumulado vs ciclos de ensayo, a/c: 0.45 (ver gráfico n°10).
- Peso de probetas acumulado vs ciclos de ensayo, a/c: 0.50 (ver gráfico n°11).
- Peso de probetas acumulado vs ciclos de ensayo, a/c: 0.55 (ver gráfico n°12).

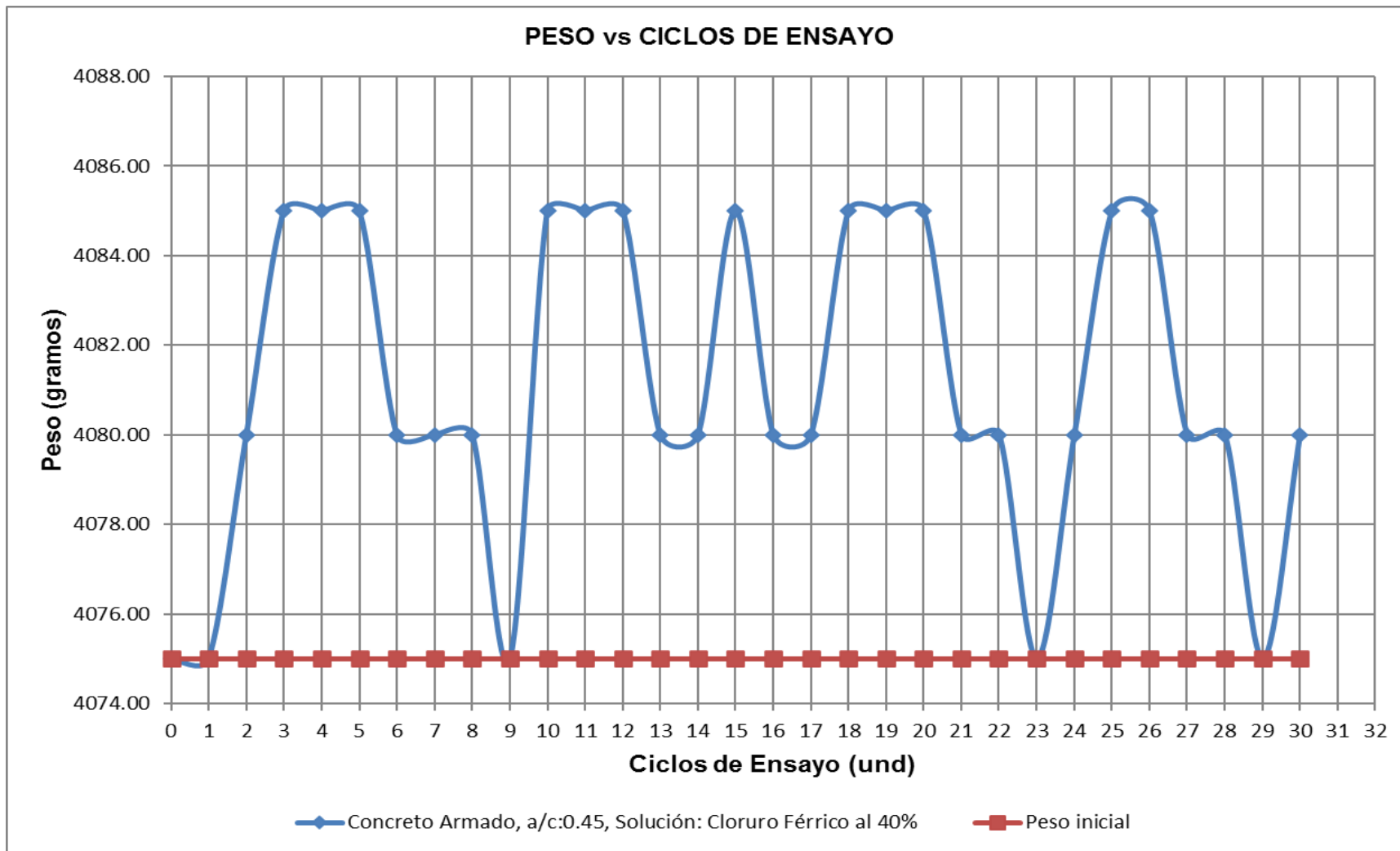


Gráfico 7: Curva de Concreto (A/C: 0.45).

Fuente: Elaboración propia.

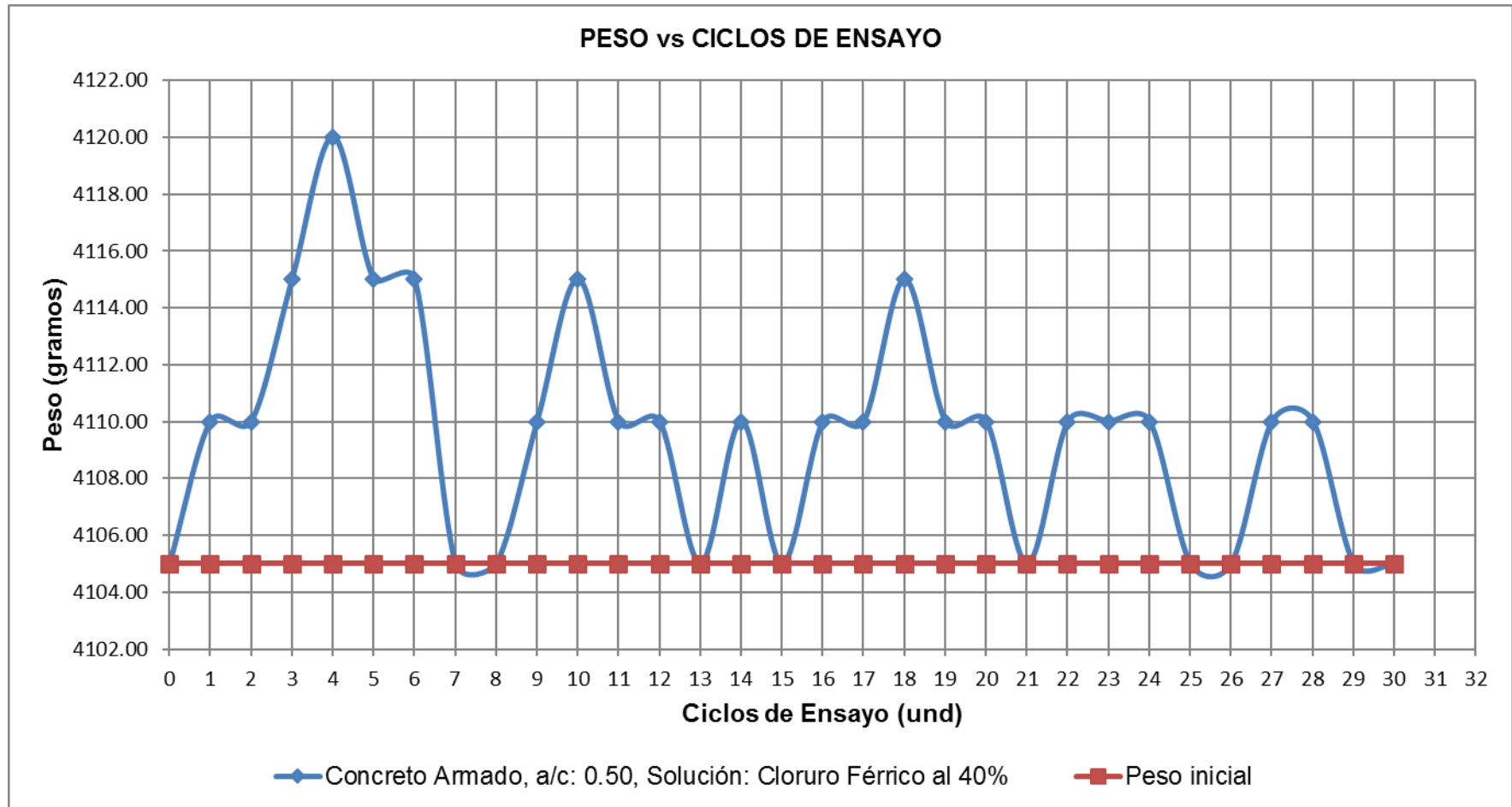


Gráfico 8. Curva de Concreto (A/C: 0.50).

Fuente: Elaboración propia.

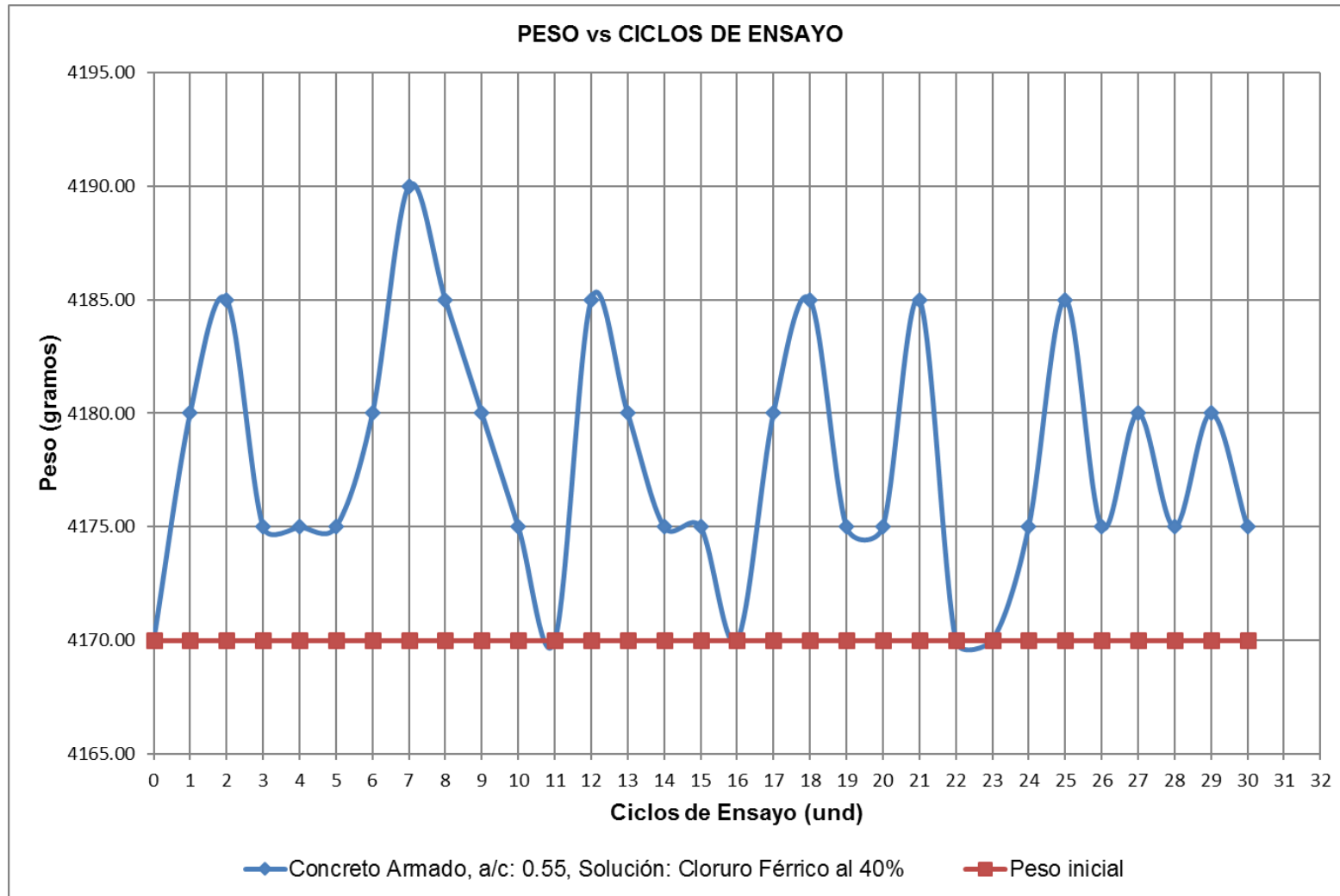


Gráfico 9: Curva de Concreto (A/C: 0.55).

Fuente: Elaboración propia.

5.2 GRÁFICA DE PESO ACUMULADO

Este gráfico ha sido realizado observando la variación del peso obtenido en cada ciclo.

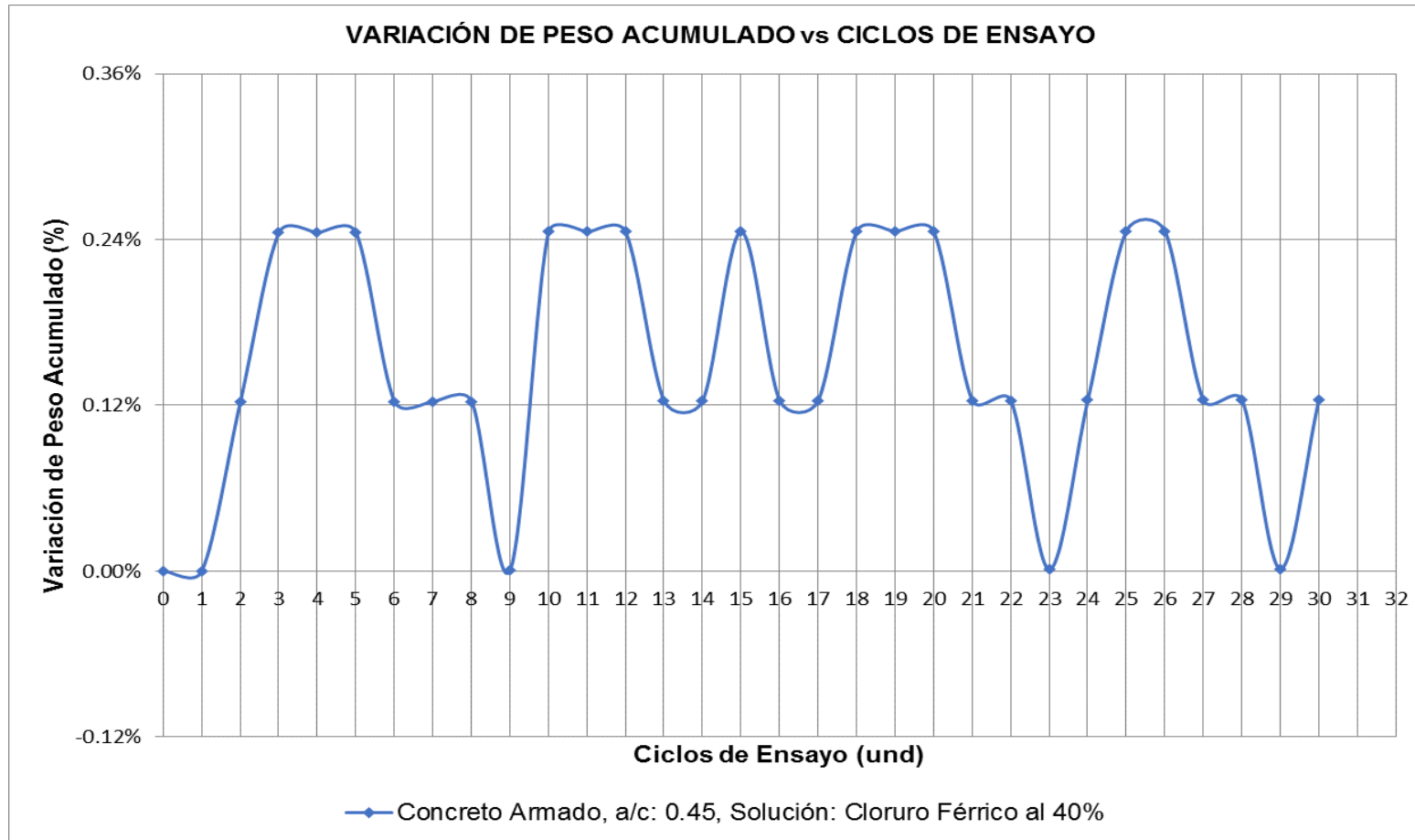


Gráfico 10. Curva de Concreto (A/C: 0.45).

Fuente: Elaboración propia.

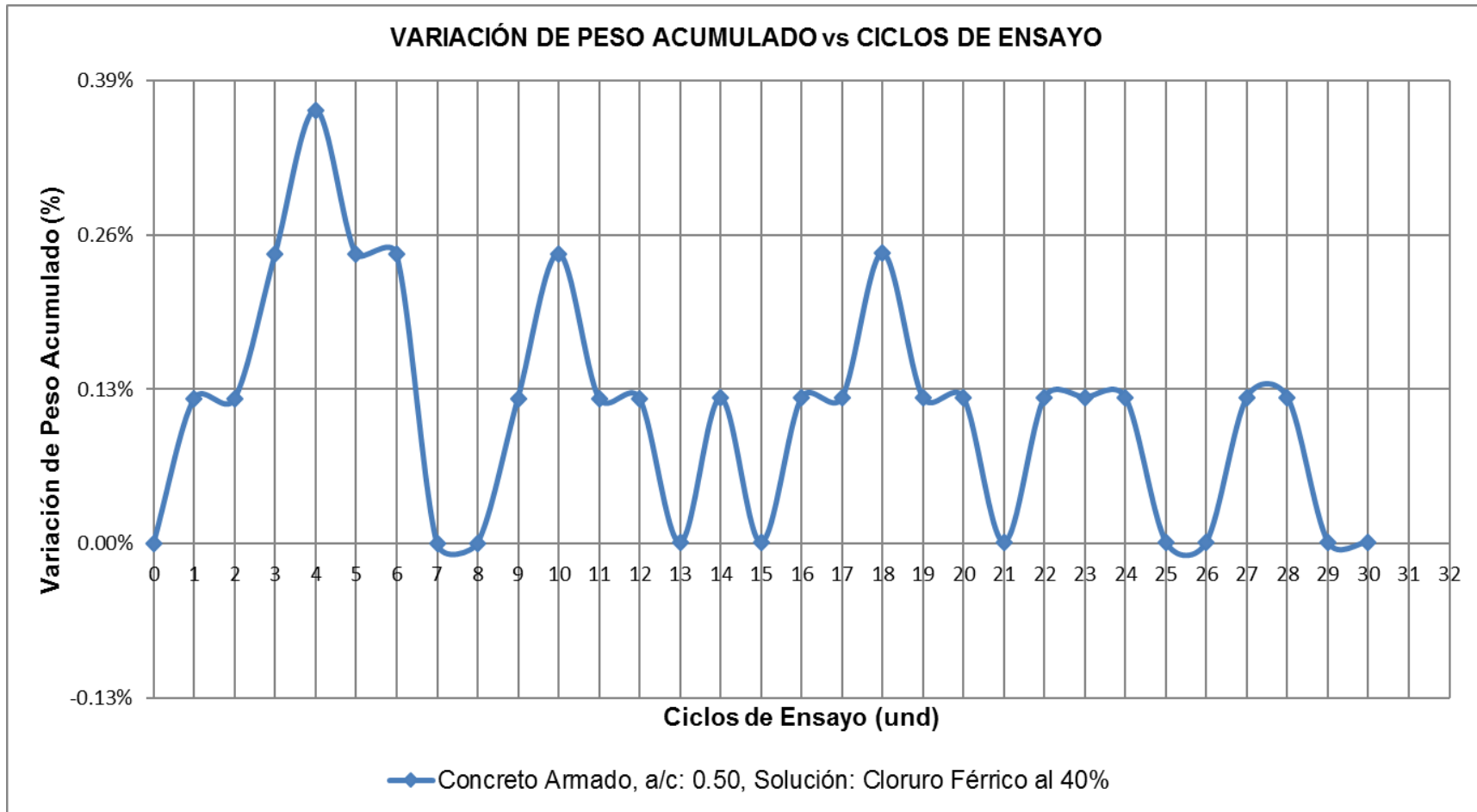


Gráfico 11: Curva de Concreto (A/C: 0.50).

Fuente: Elaboración propia.

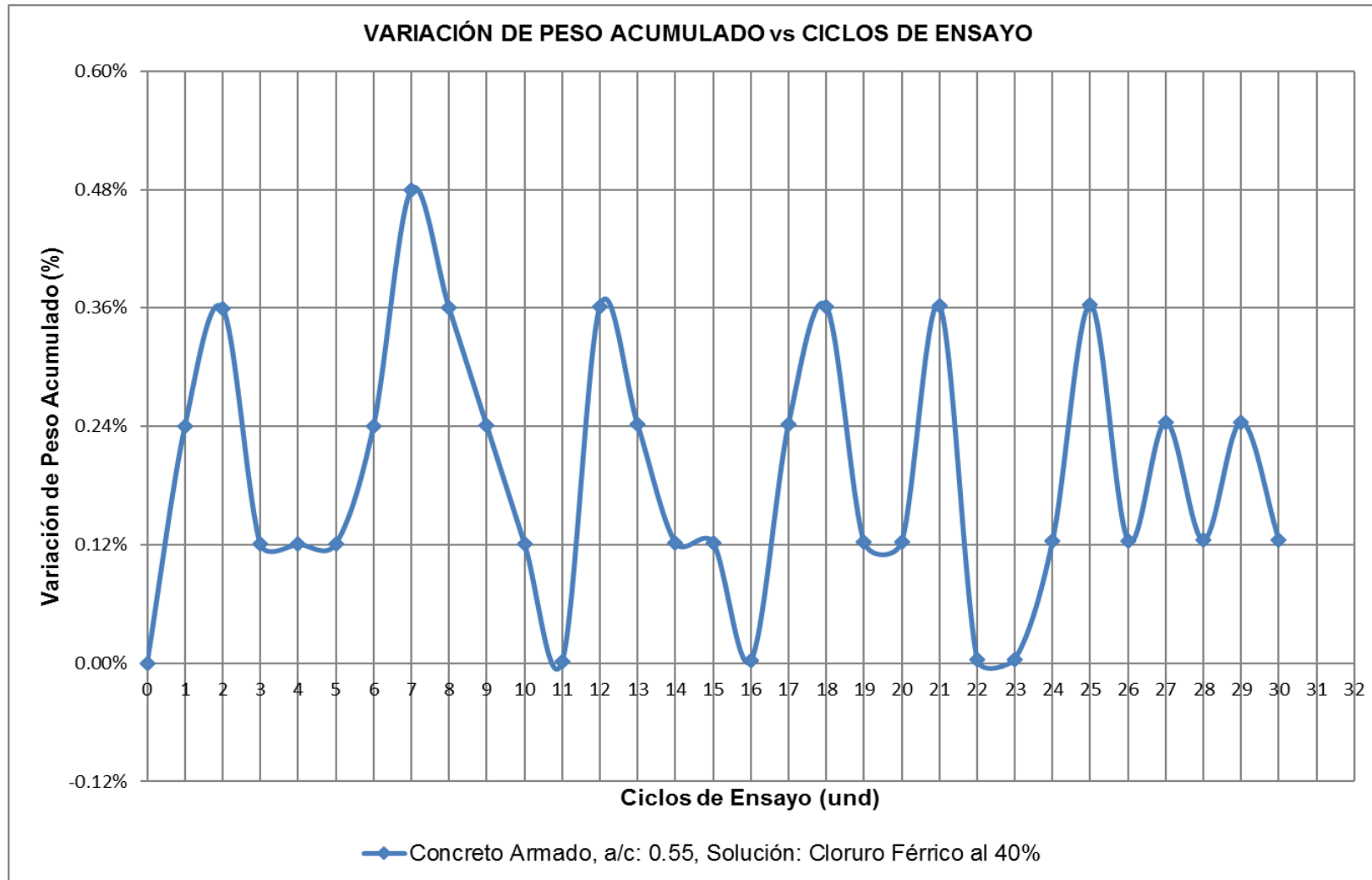


Gráfico 12: Curva de Concreto (A/C: 0.55).

Fuente: Elaboración propia.

5.3 ASPECTOS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS

Culminado los 30 ciclos realizados, de acuerdo al método de corrosión acelerada, se observaron cambios físicos en todas las probetas, por tal motivo, se detalla a continuación:

Para las probetas de relación a/c: 0.45. Ver foto n°5.

- Probetas pintadas de color rojo cobrizo
- Ligeramente fisuradas longitudinalmente (3 cm de largo en promedio)



Foto 5. Muestra ensayada

Para las probetas de relación a/c: 0.50. Ver foto n°6.

- Probetas pintadas de color rojo cobrizo
- Ligeramente fisuradas longitudinalmente (3 cm de largo en promedio)



Foto 6. Muestra ensayada

Para las probetas de relación a/c: 0.55. Ver foto n°7.

- Probetas pintadas de color rojo cobrizo
- Ligeramente fisuradas longitudinalmente (3 cm de largo en promedio)



Foto 7. Muestra ensayada

5.4 VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Culminado los 30 ciclos realizados de acuerdo al método de corrosión acelerada se procedió a realizar la rotura de cinco probetas de la relación de a/c: 0.45, 0.50, 0.55 y poder comparar con el valor inicial de cada resistencia de las probetas patrón (sin método de corrosión acelerada). Por ello, se detalla a continuación los valores promedios obtenidos:

Agua/cemento de 0.45:

El promedio aritmético de la resistencia de las probetas que no se utilizaron en el proceso de corrosión acelerada fue de 429 kg/cm².

El promedio aritmético de la resistencia de las probetas que se utilizaron en el proceso de corrosión acelerada fue de 428 kg/cm².

Agua/cemento de 0.50:

El promedio aritmético de la resistencia de las probetas que no se utilizaron en el proceso de corrosión acelerada fue de 418 kg/cm²

El promedio aritmético de la resistencia de las probetas que se utilizaron en el proceso de corrosión acelerada fue de 418 kg/cm²

Agua/cemento de 0.55:

El promedio aritmético de la resistencia de las probetas que no se utilizaron en el proceso de corrosión acelerada fue de 371 kg/cm²

El promedio aritmético de la resistencia de las probetas que se utilizaron en el proceso de corrosión acelerada fue de 369 kg/cm²

5.4 VALORES DEL ENSAYO A TRACCIÓN EN LAS VARILLAS DE ACERO

Las varillas de la misma marca y diámetro (3/8") incluidas en el eje de cada probeta, se procedieron a sumergir por 03 días en Cloruro Férrico (40 % de concentración) con el fin de realizar el ensayo a tracción y poder comparar la tensión límite de fluencia.

Varilla de 3/8":

Valor (tensión límite de fluencia): F_y , varilla no sumergida en el cloruro férrico (40 % de concentración): 4600 kg/cm²

Valor (tensión límite de fluencia): F_y varilla sumergida en el cloruro férrico (40 % de concentración): 3460 kg/cm²

En los anexos de la presente tesis de investigación se adjuntan los valores obtenidos.

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Culminados los 30 ciclos realizados de acuerdo al método de corrosión acelerada se procederá a analizar los resultados obtenidos de las probetas de concreto armado (varilla de 3/8" en el eje) de las relaciones a/c: 0.45, 0.50, 0.55 y, en base a los resultados indicados en el capítulo V.

6.1 MÁXIMO VALOR DEL PESO

Al inicio del proceso, las probetas de concreto aumentan su peso ligeramente en los 8 primeros ciclos, posteriormente regresa al peso original. Se entiende que inicialmente aumenta su peso de forma ligera, ya que el cloruro férrico ingresa por los poros y de esa manera se adhiere en la superficie de la probeta. Posterior al ciclo 8 se produce pérdida de la humedad, esto produce que la probeta regrese al peso inicial (ciclo 1). Este evento se produce similarmente en todas las relaciones de agua/cemento. (Ver Gráficos 1, 2 y 3)

A continuación, se indican los pesos máximos obtenidos en el proceso de los 30 ciclos:

- **Concreto (a/c: 0.45):** Los máximos valores (peso) se identificaron en los ciclos 3, 11, 15, 18 y 25.
- **Concreto (a/c: 0.50):** Los máximos valores (peso) se identificaron en el ciclo 4.
- **Concreto (a/c: 0.55):** Los máximos valores (peso) se identificaron en el ciclo 12.

Se identifica que de todas las relaciones de agua/cemento los máximos valores (peso) aparecen en las probetas de relación agua/cemento: 0.55.

6.2 MÍNIMO VALOR DEL PESO

Las probetas de concreto, a partir del ciclo 8 del proceso, disminuyen su peso hasta llegar al valor inicial. Se entiende que al secar por la pérdida de humedad regresa a su peso original. Este evento se produce similarmente en todas las relaciones de agua/cemento.

A continuación, se indican los pesos mínimos obtenidos en el proceso de los 30 ciclos:

- **Concreto (a/c: 0.45):** Los mínimos valores (peso) se identificaron en los ciclos 1, 9, 23 y 29.
- **Concreto (a/c: 0.50):** Los mínimos valores (peso) se identificaron en los ciclos 7, 13, 15, 21 y 25 y 29.
- **Concreto (a/c: 0.55):** Los mínimos valores (peso) se identificaron en los ciclos 11, 16 y 22.

Se identifica que de todas las relaciones de agua/cemento los mínimos valores (peso) aparecen en todas las relaciones agua/cemento: 0.45, 0.50 y 0.55.

6.3 RANGOS DE LOS VALORES DEL PESO

Respecto al peso de las probetas de concreto en los 30 ciclos se detalla a continuación:

Tabla 1: *Rango de valores del peso*

	Relación agua/cemento	Rango del peso		Variación (gramos)
		Máx. (gramos)	Min. (gramos)	
Concreto	0.45	4075.0	4185.0	10.0
	0.50	4105.0	4120.0	15.0
	0.55	4170.0	4190.0	20.0

Nota: Podemos verificar que el máximo valor (gr) encontrado es de 4170 con relación a/c 0.55, a su vez, el mínimo de la misma es de 4190, teniendo como resultado la variación de 20 gr. Fuente: Elaboración Propia.

6.4 VARIABILIDAD DE PESO AGLOMERADO

Se ha observado lo siguiente:

- Con respecto al peso vs ciclo de ensayo de relación a/c: 0.45, se observa el incremento del peso en los ciclos 3, 11, 15, 18 y 25, generando una variación máxima de 0.27 % del peso acumulado. Este aumento de peso se debe al ingreso del Cloruro Férrico por los poros capilares y adherencia en la superficie de la probeta de concreto. Posterior a los ciclos don se alcanza el máximo incremento de peso, se observa la disminución del peso de la probeta de concreto teniendo como mínimo valor de 0.00% de variación de peso acumulado, debiéndose a la pérdida

de humedad generado por el proceso de secado durante 24 horas. (Ver gráfico n° 7)

- El peso vs ciclo de ensayo de relación a/c: 0.50, se observa el incremento del peso en el ciclo 4, generando una variación máxima de 0.37 % del peso acumulado. Este aumento de peso se debe al ingreso del Cloruro Férrico por los poros capilares y adherencia en la superficie de la probeta de concreto. Posterior a los ciclos don se alcanza el máximo incremento de peso, se observa la disminución del peso de la probeta de concreto teniendo como mínimo valor de 0.00% de variación de peso acumulado, debiéndose a la pérdida de humedad generado por el proceso de secado durante 24 horas. Lo cual vemos se expone en el Gráfico N°8.
- El gráfico n° 9 (peso vs ciclo de ensayo) de relación a/c: 0.55, se observa el incremento del peso en el ciclo 7, generando una variación máxima de 0.48 % del peso acumulado. Este aumento de peso se debe al ingreso del Cloruro Férrico por los poros capilares y adherencia en la superficie de la probeta de concreto. Posterior a los ciclos don se alcanza el máximo incremento de peso, se observa la disminución del peso de la probeta de concreto teniendo como mínimo valor de 0.00% de variación de peso acumulado, debiéndose a la pérdida de humedad generado por el proceso de secado durante 24 horas.

6.5 DÉFICIT DE MATERIAL AGLOMERADO

En todas las relaciones de agua/cemento se observa que después de alcanzar el máximo peso, en los ciclos posteriores regresa al peso inicial, repitiéndose este evento en todo el proceso del ensayo. Cabe recalcar que el valor del peso mínimo no llega a estar por debajo del peso inicial, por ello se concluye que no existe pérdida de material en las probetas ensayadas. (Ver gráficos 7, 8 y 9)

6.6 ASPECTO FÍSICO DE LAS PRUEBAS EN EL ENSAYO

Culminado los 30 ciclos realizados de acuerdo con el método de corrosión acelerada, todas las probetas cambiaron de color gris a color rojizo, asimismo se observó que la mayoría de las probetas estaban ligeramente fisuradas en forma longitudinal.

6.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Posteriormente de los 30 ciclos realizados de acuerdo con el ensayo de corrosión acelerada, la resistencia promedio a la compresión osciló en los siguientes valores porcentuales:

- **Concreto armado (a/c: 0.45):** Respecto a la probeta patrón la resistencia se redujo en un 0.23 %.
- **Concreto armado (a/c: 0.50):** Respecto a la probeta patrón la resistencia no se modificó.
- **Concreto armado (a/c: 0.55):** Respecto a la probeta patrón la resistencia se redujo en un 0.54 %.

6.8 TENSIÓN LÍMITE DE FLUENCIA

Las varillas de la misma marca y diámetro (3/8") incluidas en el eje de cada probeta, se procedieron a sumergir por 03 días en Cloruro Férrico (40 % de concentración) de los valores tensión límite de fluencia obtenidos se concluye que disminuyó en 25% respecto a su valor inicial (varilla patrón).

CONCLUSIONES

Posterior a desarrollar la tesis: “Efectos en el concreto armado de mediana a alta resistencia por acción del Cloruro Férrico”, el cual consistió en realizar el proceso de corrosión acelerada, basada en la tesis del Ing. José Díaz Lazo, de varias muestras de probetas de 4” x 8” de concreto armado (contiene una varilla de 3/8” de 10 cm de longitud en el eje de la probeta) de relaciones a/c = 0.45, 0.50 y 0.55 por acción del Cloruro Férrico (solución de 40%), se concluye lo siguiente:

1. De la primera hipótesis se concluye que culminado el ensayo las probetas de concreto armado de todas las relaciones agua/cemento (0.45 ,0.50 y 0.55) no tuvieron pérdidas de peso.
2. De la primera hipótesis se concluye que las probetas de concreto armado de relación a/c = 0.55 tuvieron un aumento de peso (en promedio no excedió el 0.10 %) culminado el ensayo.
3. En el proceso del ensayo, el Cloruro ingresó por los poros superficiales de las probetas, generándose la saturación y adhiriéndose en sus moléculas, provocándose el incremento del peso (gramos) no mayor al 0.50 % de las probetas.
4. Debido a la adhesión de las moléculas del Cloruro Férrico en los poros superficiales, todas las probetas del ensayo se pintaron de color rojo cobrizo.
5. Al culminar el ensayo no se presenciaron fisuras ni rajaduras en las probetas.
6. De la segunda hipótesis se concluye que la resistencia a la compresión disminuyó respecto a las probetas patrón, en promedio no excedió el 0.60%.
7. Las probetas de relación a/c (0.55) tuvieron una mayor acumulación de moléculas de Cloruro Férrico en su superficie.

Posterior al ensayo de corrosión acelerada (2 meses) se continuaron evaluando las probetas de acuerdo al peso y el aspecto físico. Se concluyó que:

- a) Las probetas se visualizaron secas.
- b) No se observó desprendimiento en la superficie.

RECOMENDACIONES

Posterior a desarrollar la tesis: “Efectos en el concreto armado de mediana a alta resistencia por acción del Cloruro Férrico”, se brinda las siguientes recomendaciones:

1. Analizar nuevas probetas de concreto armado en exposición a mayores concentraciones del Cloruro Férrico, con la finalidad de observar si existen pérdidas significativas de peso y/o alteraciones físicas.
2. Salvaguardar mediante un recubrimiento mayor 4 centímetros el concreto armado, con la finalidad de eludir el paso de Iones Cloruro hasta el acero de refuerzo.
3. Investigar la acción del Cloruro Férrico en solución en probetas de concreto con diferentes tipos de cemento.
4. El acero corrugado de diversos diámetros se deberá ensayar a través de la acción del Cloruro Férrico.

REFERENCIAS

- Andía, Y. (2000). "Tratamiento de Agua coagulación y floculación", SEDAPAL – Lima – Perú – 2000.
- Arias, K. (2015). "Análisis Estadístico del Comportamiento de los Agregados en las Canteras de Arequipa para Diferentes Resistencias del Concreto". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de Universidad Católica Santa María. Arequipa. Obtenido de: <https://cutt.ly/LhAUO60>
- Ayuque, E. (2019). "Propiedades Del Concreto En Estado Fresco Y Endurecido Utilizando Cementos Comerciales En La Ciudad De Huancavelica". Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3178>
- Cerdán, W. (2012). "Estudio del concreto de mediana a alta resistencia con aditivo anticorrosivo y cemento portland tipo I" Tesis para optar Título Profesional FIC – UNI – Lima – Perú – 2012.
- Del Valle, A. (2001). "El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado", Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano de Transporte, Ciudad de México – México – 2001.
- Díaz, J. (1994). "Corrosión del cemento por ataque de sulfatos", Tesis para optar Título Profesional FIC – UNI – Lima – Perú – 1994.
- Guerra, J. (1981). "Efecto del Cloruro de Sodio sobre las Propiedades del Concreto", Tesis FIC- UNI- Lima- Perú- 1981.
- Ibarcená, C. (2013, p. 6). "Uso de Concreto Ligero con Agregados de Roca Volcánica en la Fabricación de Unidades de Albañilería no Estructural", Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Católica Santa María. Obtenido de: <https://cutt.ly/ohAR1QM>
- Moreno, M. (2015). "Estudio Técnico Económico para la Obtención de Cemento Hidráulico a partir del Cemento Portland y la Cáscara de Arroz", Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Piura. Obtenido de: <https://cutt.ly/ZhAYq9S>

- Orozco, L. (2001). "Corrosión Acelerada del Concreto de Mediana a Alta Resistencia por Acción del Cloruro de Sodio con Cemento Portland Tipo 1", Tesis FIC- UNI - Lima - Perú - 2001.
- Rimarachín, L. (2013). "Corrosión del mortero de cemento con armadura, por ataque del cloruro de sodio", Tesis para optar Título Profesional FIC – UNI – Lima – Perú – 2013.
- Riva, E. (2016). "Ataques al Concreto", Edición N°3, Fondo editorial ICG, Lima – Perú, 2016.
- Torres, P. (2019). "Deterioro del Concreto Armado", Tesis para ostentar el Título Profesional FIC – UNI – Lima – Perú – 2019.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Datos de Ensayo por Corrosión Acelerada

Las siguientes tablas se elaboraron en base a los datos obtenidos y según la relación agua/cemento.

Tabla 2. DATOS OBTENIDOS PARA LA RELACION AGUA/CEMENTO 0.45

Ciclos	Peso (gramos)	Disminución del peso (gramos)	Disminución del peso (%)	Incremento del peso (gramos)	Incremento del peso (%)	Variación del peso (gramos)	Variación del peso (%)	Variación de peso acumulado (%)
0	4075.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
1	4075.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
2	4080.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
3	4085.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.25%
4	4085.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.25%
5	4085.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.25%
6	4080.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
7	4080.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
8	4075.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
9	4075.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
10	4080.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
11	4085.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.25%
12	4085.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.25%
13	4080.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
14	4080.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
15	4075.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%

16	4080.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
17	4080.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
18	4085.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.25%
19	4085.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.25%
20	4085.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.25%
21	4080.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
22	4080.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
23	4075.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
24	4080.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
25	4085.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.25%
26	4085.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.25%
27	4080.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
28	4080.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
29	4075.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
30	4080.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%

Nota: Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. DATOS OBTENIDOS PARA LA RELACION AGUA/CEMENTO 0.50

Ciclos	Peso (gramos)	Disminución del peso (gramos)	Disminución del peso (%)	Incremento del peso (gramos)	Incremento del peso (%)	Variación del peso (gr)	Variación del peso (%)	Variación de peso acumulado (%)
0	4105.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
1	4110.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
2	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
3	4115.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.24%
4	4120.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.36%
5	4115.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.24%
6	4115.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.24%
7	4105.00	-10.00	-0.24%	0.00	0.00%	-10.00	-0.24%	0.00%
8	4105.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
9	4110.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
10	4115.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.24%
11	4110.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
12	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
13	4105.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
14	4110.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
15	4105.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
16	4110.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
17	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
18	4115.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.24%
19	4110.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
20	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%

21	4105.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
22	4110.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
23	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
24	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
25	4105.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
26	4105.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
27	4110.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
28	4110.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
29	4105.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
30	4105.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%

Nota: Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. DATOS OBTENIDOS PARA LA RELACION AGUA/CEMENTO 0.55

Ciclos	Peso (gramos)	Disminución del peso (gramos)	Disminución del peso (%)	Incremento del peso (gramos)	Incremento del peso (%)	Variación del peso (gramos)	Variación del peso (%)	Variación del peso acumulado (%)
0	4170.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
1	4180.00	0.00	0.00%	10.00	0.24%	10.00	0.24%	0.24%
2	4185.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.36%
3	4175.00	-10.00	-0.24%	0.00	0.00%	-10.00	-0.24%	0.12%
4	4175.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
5	4175.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
6	4180.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.24%
7	4190.00	0.00	0.00%	10.00	0.24%	10.00	0.24%	0.48%
8	4185.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.36%
9	4180.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.24%
10	4175.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
11	4170.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
12	4185.00	0.00	0.00%	15.00	0.36%	15.00	0.36%	0.36%
13	4180.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.24%
14	4175.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
15	4175.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
16	4170.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.00%
17	4180.00	0.00	0.00%	10.00	0.24%	10.00	0.24%	0.24%
18	4185.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.36%

19	4175.00	-10.00	-0.24%	0.00	0.00%	-10.00	-0.24%	0.12%
20	4175.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.12%
21	4185.00	0.00	0.00%	10.00	0.24%	10.00	0.24%	0.36%
22	4170.00	-15.00	-0.36%	0.00	0.00%	-15.00	-0.36%	0.00%
23	4170.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
24	4175.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.12%
25	4185.00	0.00	0.00%	10.00	0.24%	10.00	0.24%	0.36%
26	4175.00	-10.00	-0.24%	0.00	0.00%	-10.00	-0.24%	0.12%
27	4180.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.24%
28	4175.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%
29	4180.00	0.00	0.00%	5.00	0.12%	5.00	0.12%	0.24%
30	4175.00	-5.00	-0.12%	0.00	0.00%	-5.00	-0.12%	0.12%

Nota: Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2. Registro Fotográfico de la Elaboración de las Probetas



Foto 8. PESADO DE AGREGADO GRUESO EN EL LEM – FIC UNI



Foto 9. PESADO DEL CEMENTO EN EL LEM – FIC UNI



Foto 10. PESADO DE AGREGADO FINO EN EL LEM - FIC UNI



Foto 11. PESADO DEL AGUA EN EL LEM – FIC UNI



Foto 12. MEZCLA DE LOS MATERIALES EN EL LEM - FIC UNI



Foto 13. PROBETAS DE CONCRETO ELABORADAS EN EL LEM - FIC UNI



Foto 14. CÁMARA DE CURADO EN EL LEM - FIC UNI

Anexo 3. Registro Fotográfico de las Probetas durante el Ensayo

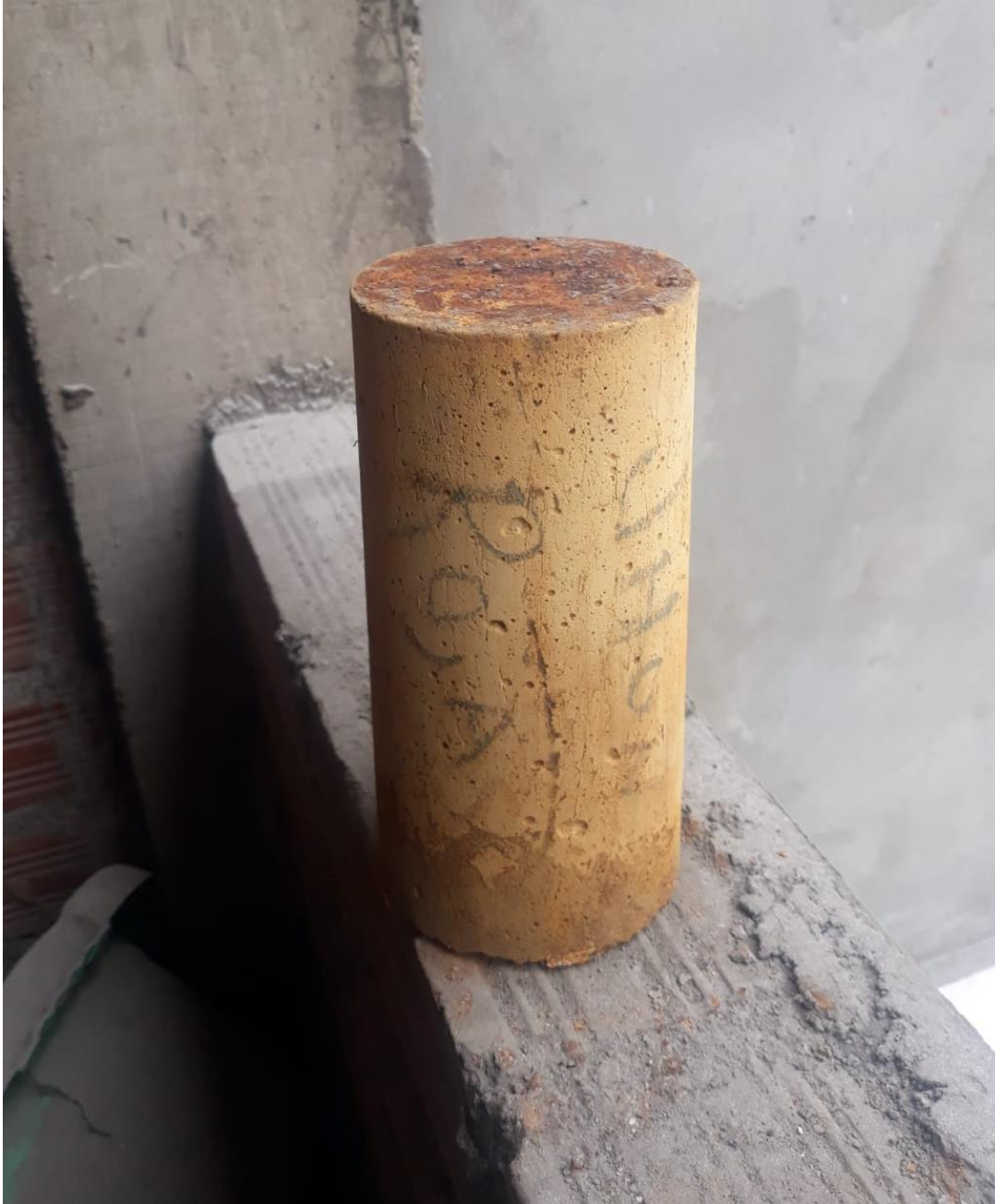


Foto 15. Ciclo N°1 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 16. Ciclo N°2 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 17. Ciclo N°3 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 18. Ciclo N°4 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 19. Ciclo N°5 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 20. Ciclo N°10 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 21. Ciclo N°20 de las Probetas durante el Ensayo.



Foto 22. Ciclo N°30 de las Probetas durante el Ensayo.

Anexo 4. Tabla de Resistencias pre ensayo

Tabla 5. TABLA DE DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ANTES DEL ENSAYO

A/C: 0.45								
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA		DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIPO FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
01	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.12	20.74	33400	422	TIPO 3
02	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.05	20.68	36400	448	TIPO 3
03	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	9.98	20.61	35000	441	TIPO 2
04	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.05	20.68	34800	428	TIPO 2

Nota: Resistencia a la compresión previo al ensayo en relación a/c: 0.45. Fuente: Elaboración Propia

A/C: 0.50								
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA		DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIPO FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
01	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	9.97	20.72	35200	415	TIPO 1
02	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.01	20.71	34800	410	TIPO 4
03	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.07	20.65	33400	414	TIPO 2
04	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	9.98	20.71	34000	425	TIPO 3

Nota: Resistencia a la compresión previo al ensayo en relación a/c: 0.50. Fuente: Elaboración Propia

A/C: 0.55								
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA		DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIPO FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
01	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.12	20.71	29800	375	TIPO 2
02	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	9.99	20.69	29600	353	TIPO 3
03	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	9.95	20.66	30000	376	TIPO 2
04	JHON-ROJAS	30/12/2019	03/02/2019	10.12	20.7	28800	352	TIPO 2

Nota: Resistencia a la compresión previo al ensayo en relación a/c: 0.55. Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5. Tabla de Resistencias post ensayo

Tabla 6. TABLA DE DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POSTERIOR DEL ENSAYO

A/C: 0.45						
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIPO FRACTURA
01	JHON-ROJAS	10.08	20.59	35100	434	TIPO 2
02	JHON-ROJAS	10.09	20.72	35200	431	TIPO 3
03	JHON-ROJAS	10.01	20.68	34800	422	TIPO 3
04	JHON-ROJAS	10.04	20.69	34900	425	TIPO 2

A/C: 0.50						
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIPO FRACTURA
01	JHON-ROJAS	10.11	20.71	33200	417	TIPO 3
02	JHON-ROJAS	9.99	20.63	34100	413	TIPO 3
03	JHON-ROJAS	9.97	20.61	34300	419	TIPO 2
04	JHON-ROJAS	10.13	20.69	34900	423	TIPO 3

A/C: 0.55						
N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIPO FRACTURA
01	JHON-ROJAS	10.15	20.76	32000	380	TIPO 3
02	JHON-ROJAS	10.13	20.72	30000	365	TIPO 3
03	JHON-ROJAS	10.09	20.63	32200	370	TIPO 2
04	JHON-ROJAS	9.98	20.69	29800	361	TIPO 2

Nota: Tablas de la Resistencia a la compresión posterior al ensayo en relación a/c: 0.45, 0.50 y 0.55. Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6. Informe del Laboratorio de Ensayo de Materiales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 1 de 7

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : JHON ROJAS ROMAN
Obra : TESIS
Ubicación : UNI
Asunto : Diseño de mezcla a/c = 0.45, 0.5 y 0.55
Expediente N° : 19-3708
Recibo N° : 118135
Fecha de emisión : 04/10/2019

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:

Se utilizó cemento ANDINO, proporcionado por el solicitante.

1.2 Agregado Fino:

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE.
Las características se indican en el ANEXO 1.

1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera TRAPICHE.
Las características se indican en el ANEXO 2.

1.4 Combinación de Agregados:

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

1.5 Agua:

Se uso agua potable procedente de la red UNI.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Expediente N° : 19-3708

Pág. 2 de 7

2.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL (a/c = 0.45) CEMENTO ANDINO

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Asentamiento	.....	4" - 6"
Relación a/c de diseño	.....	0.45
Relación a/c de obra	.....	0.40
Proporciones de diseño	.....	1 : 1.58 : 1.81
Proporciones de obra	.....	1 : 1.67 : 1.82

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	478 Kg.
Arena	.....	757 Kg.
Piedra	.....	865 Kg.
Agua	.....	215 L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	478 Kg.
Arena	.....	797 Kg.
Piedra	.....	868 Kg.
Agua	.....	189 L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50 Kg.
Arena	.....	70.81 Kg.
Piedra	.....	77.16 Kg.
Agua	.....	16.81 L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

		CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	: 1.56	: 1.83
Agua	.....	16.81	L/bolsa	

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- 3) Se recomienda usar aditivo plastificante para reducir la cantidad de agua y así evitar incrementar el uso de cemento y prevenir problemas asociados a la durabilidad, para el asentamiento requerido.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. T.M.T.



MSC. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Expediente N° : 19-3708

Pág. 3 de 7

4.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL (a/c = 0.5) CEMENTO ANDINO

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Asentamiento	.....	4" - 6"
Relación a/c de diseño	.....	0.50
Relación a/c de obra	.....	0.43
Proporciones de diseño	.....	1 : 1.90 : 2.10
Proporciones de obra	.....	1 : 2.00 : 2.11

4.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	421 Kg.
Arena	.....	799 Kg.
Piedra	.....	885 Kg.
Agua	.....	210 L.

4.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	421 Kg.
Arena	.....	841 Kg.
Piedra	.....	888 Kg.
Agua	.....	183 L.

4.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50 Kg.
Arena	.....	85.01 Kg.
Piedra	.....	89.71 Kg.
Agua	.....	18.46 L.

4.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

		CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	1.88	2.13
Agua	.....	18.46	L/bolsa	

5.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- 3) Se recomienda usar aditivo plastificante para reducir la cantidad de agua y así evitar incrementar el uso de cemento y prevenir problemas asociados a la durabilidad, para el asentamiento requerido.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. T.M.T.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Expediente N° : 19-3708

Pág. 4 de 7

6.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL (a/c = 0.55) CEMENTO ANDINO

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Asentamiento	.....	4" - 6"		
Relación a/c de diseño	.....	0.55		
Relación a/c de obra	.....	0.47		
Proporciones de diseño	.....	1	: 2.24	: 2.41
Proporciones de obra	.....	1	: 2.36	: 2.42

6.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	373	Kg.
Arena	.....	837	Kg.
Piedra	.....	898	Kg.
Agua	.....	205	L.

6.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	373	Kg.
Arena	.....	881	Kg.
Piedra	.....	901	Kg.
Agua	.....	176	L.

6.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	100.36	Kg.
Piedra	.....	102.66	Kg.
Agua	.....	20.07	L.

6.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

		CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	: 2.20	: 2.41
Agua	.....	20.07	L/bolsa	

7.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- 3) Se recomienda usar aditivo plastificante para reducir la cantidad de agua y así evitar incrementar el uso de cemento y prevenir problemas asociados a la durabilidad, para el asentamiento requerido.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. T.M.T.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 7 de 7

ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 19-3708

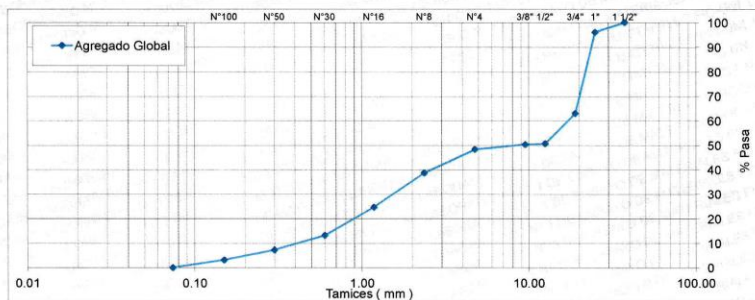
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera TRAPICHE.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	4.0	4.0	96.0
3/4"	19.00	33.0	37.0	63.0
1/2"	12.50	12.3	49.3	50.7
3/8"	9.50	0.3	49.6	50.4
N°4	4.75	2.0	51.6	48.4
N°8	2.36	9.7	61.3	38.7
N°16	1.18	14.0	75.3	24.7
N°30	0.60	11.5	86.8	13.2
N°50	0.30	6.0	92.8	7.2
N°100	0.15	4.1	96.9	3.1
FONDO		3.1	100.0	0.0

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	5.51
% Agregado Grueso	50.10
% Agregado Fino	49.90

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

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. T.M.T.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI



- CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO (ARENA):

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	3.6	3.6	96.4	95 - 100
N°8	2.36	14.4	18.0	82.0	80 - 100
N°16	1.18	24.1	42.1	57.9	50 - 85
N°30	0.60	23.0	65.1	34.9	25 - 60
N°50	0.30	17.5	82.6	17.4	5 - 30
N°100	0.15	11.4	94.0	6.0	0 - 10
FONDO		6.0	100.0	0.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	3.32
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1598
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1778
Peso Específico (g/cm ³)	2.61
Contenido de Humedad (%)	5.26
Porcentaje de Absorción (%)	1.42

- CARACTERÍSTICAS DE AGREGADO GRUESO (PIEDRA):

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO 5
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	7.9	7.9	92.1	90 - 100
3/4"	19.00	66.0	73.8	26.2	20 - 55
1/2"	12.50	24.6	98.5	1.5	0 - 10
3/8"	9.50	0.6	99.1	0.9	0 - 5
N°4	4.75	0.4	99.5	0.5	-
FONDO		0.5	100.0	0.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	7.70
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1490
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1630
Peso Específico (g/cm ³)	2.82
Contenido de Humedad (%)	0.35
Porcentaje de Absorción (%)	0.70

Anexo 7. Ficha Técnica del Cloruro Férrico en Concentración 40%



PS.J. JAVIER HERAUD 202 URB. VILLA LOS ANGELES - LOS OLIVOS
Telef: 953630399 - 6588401
E-mail: clintperu@gmail.com
RUC. 20605464689

3. APLICACIONES

- ✓ El cloruro férrico en solución al 40% se utiliza como coagulante para tratamiento de aguas y efluentes sanitarios sobre un amplio rango de pH.
- ✓ Se utiliza además, en el tratamiento de aguas residuales debido a que reacciona con los materiales alcalinos para formar un gel de Hidróxido Férrico el cual atrapa a los sólidos suspendidos y precipitados permitiendo su separación del agua.
- ✓ En la Remoción de Fosfatos, para controlar el efecto de la eutrofización en el agua.
- ✓ En la industria de Pinturas y Textiles, por su rico color ámbar sirve de fuente de tintes y pigmentos y como mordiente para fijar los colores a los textiles.
- ✓ En la industria del vidrio se emplea el color "oro" que posee, para decorar las soluciones al 16% mediante atomizador en vidrio Bórax silicato y al 6% en vidrio calizo a una temperatura de 450 a 520°C.
- ✓ En circuitos impresos y fotograbados, por su fuerte afinidad por el cobre metálico y el hierro, latón, etc.
- ✓ En el acondicionamiento de superficies metálicas, en el decapado de metales.
- ✓ En la industria química sirve como agente decolorante en el refinado de aceites y grasas. Agente oxidante en la industria orgánica.
- ✓ En la cloración de minerales de plata y cobre, posee excelentes propiedades catalíticas que lo hacen de utilidad para promover reacciones de condensación, polimerización, etc.
- ✓ Como aditivo en la manufactura de productos de asfalto, sirve como acelerante de la oxidación del asfalto.

4. EFECTOS SOBRE LA SALUD – PRIMEROS AUXILIOS

Sobreexposición	Efectos	Primeros Auxilios
Ojos	Corrosivo, Quemaduras severas, visión borrosa	Lavar con abundante agua, consultar al médico.
Piel	Corrosivo, enrojecimiento Quemaduras severas	Lavar con abundante agua durante 15 minutos bajo ducha de emergencia.
Ingestión	Corrosivo. Quemaduras severas en la boca. Daño al sistema digestivo	Beber 4 litros de Agua, ó leche ó leche de magnesia.
Inhalación	Quemazón, Dolor de Cabeza, Nauseas, Vomito.	Trasladar al aire fresco, en caso sea necesario dar respiración artificial. Consultar al médico.

5. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- El producto es un fuerte oxidante, ataca a los metales incluyendo el cobre. La solución es ácida y corrosiva. Por esta razón no debe estar en contacto con metales a excepción del Titanio y Tantalio. Los elementos más apropiados para materiales de almacenamiento son de acero revestidos con goma sintética, plásticos revestidos con fibra de vidrio resistentes a la corrosión (FRP), policloruro de vinilo, polímero de tetrafluoretileno (PTFE), fluoruro de polivinilideno (PVDF), cerámicas y láminas de polietileno.

- Ensayo de los aceros:

MUESTRA	SECCIÓN	CARGA LIMITE DE FLUENCIA (KG)	TENSIÓN LIMITE DE FLUENCIA (KG/mm ²)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/mm ²)
MUESTRA SANA	3/8"	3270	46.1	5118	72.1
MUESTRA SUMERGIDA	3/8"	2460	34.7	3832	54.0