



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TEMA:

Resistividad eléctrica superficial en el hormigón como ensayo no destructivo, comparando contenido de cloruros y resistencia a la compresión simple

AUTOR:

Ing. Ortiz García, Christian Leonel

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de:
MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TUTOR:

Ing. Yépez Roca, Luis Octavio, M.S.E.

**Guayaquil, Ecuador
2026**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Ingeniero Civil Ortiz García, Christian Leonel**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Ingeniería de la Construcción**

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ing. Luis Octavio Yépez Roca, MSc.

TUTOR (A)

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Rommel Yela Acosta, Mgs.

Guayaquil, a los 28 días del mes de mayo del año 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ortiz García, Christian Leonel**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación: **Resistividad Eléctrica Superficial en el Hormigón Como Ensayo No Destructivo, Comparando Contenido De Cloruros Y Resistencia A La Compresión Simple**, previo a la obtención del **Grado Académico de Magíster en Ingeniería de la Construcción**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del ensayo del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 28 días del mes de mayo del año 2026

EL AUTOR (A):

Ing. Ortiz García, Christian Leonel



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ortiz García, Christian Leonel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación previo a la obtención del grado de **Magíster en Ingeniería de la Construcción** titulado: **Resistividad Eléctrica Superficial en el Hormigón Como Ensayo No Destructivo, Comparando Contenido De Cloruros Y Resistencia A La Compresión Simple**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 28 días del mes de mayo del año 2026

EL AUTOR (A):

Ing. Ortiz García, Christian Leonel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

REPORTE COMPILATIO



Informe de análisis

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

TESIS RESISTIVIDAD CHRISTIAN ORTIZ

ID : 159498ed5e5da58fe7ba4daac4161d7a460035b8



1%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : TESIS RESISTIVIDAD CHRISTIAN ORTIZ.txt
Tamaño del archivo original : 3,49 MB
Número de palabras : 7509
Número de caracteres : 49122

Depositante : Luis Octavio Yopez Roca
Fecha de depósito : 20 de mayo de 2026
Tipo de carga : Interface
fecha de fin de análisis : 20 de mayo de 2026

Resumen (sección 1/3)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes

<1%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

<1%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos

<1%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.

Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas

0%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a Dios, a mis padres, a mi esposa, y a mis tres hijas por el apoyo brindado a lo largo de esta maestría.

A mi director de tesis que por segunda ocasión ha sido la guía para el desarrollo de esta tesis y de mi trabajo de grado.

Christian Leonel Ortiz García

DEDICATORIA

A mis tres hijas Christina, Katrina y Catalina, con la esperanza de que este esfuerzo sirva como ejemplo para su futuro desarrollo profesional.

Que esta tesis les recuerde que el camino al éxito profesional se construye con ética, excelencia y valentía para construir su futuro.

Christian Leonel Ortiz García

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1 Descripción del Proyecto.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	1
2 Objetivos.....	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO II.....	3
2 Fundamentos Teóricos.....	3
2.1 Resistividad eléctrica.	3
2.1.1 Resistividad Superficial.	5
2.1.2 Resistividad Volumétrica.....	6
2.1.3 Factor de Forma.	7
2.1.4 Comparativo de umbrales de resistividad eléctrica.	7
CAPÍTULO III.....	9
3 Metodología	9
3.1 Materiales y Equipos.....	10
3.2 Preparación de las muestras de hormigón	10

3.3	Método de fundición y curado.	11
3.4	Ensayo de Compresión Simple	12
3.5	Ensayo de Resistividad	13
3.6	Ensayo de resistividad superficial.	14
3.7	Ensayo Volumétrico	15
CAPÍTULO IV.....		17
4	Resultados	17
4.1	Ensayos de resistividad superficial.....	17
4.2	Ensayos de resistividad volumétrica	18
4.3	Factor de forma.....	19
4.4	Ensayos de compresión simple.....	20
CAPÍTULO V		22
5	Análisis de resultados	22
5.1	Resistividad eléctrica	23
5.2	Resistencia a Compresión	26
5.3	Correlación entre Resistividad Eléctrica y Resistencia a la Compresión.....	27
CAPÍTULO VI.....		29
6	Conclusiones	29
BIBLIOGRAFÍA.....		31
ANEXO A		34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosificación de hormigones.	11
Tabla 2. Resultados obtenidos de Resistividad Superficial (SR).	18
Tabla 3. Resultados obtenidos de Resistividad Volumétrica (VR).	19
Tabla 4. Resumen de lecturas de resistividad para el cálculo del Factor de Forma (Ff).	19
Tabla 5. Resultados obtenidos de Compresión Simple para grupos 1 al 4.	21
Tabla 6. Resultados obtenidos de Compresión Simple para grupos 5 y 6, que contiene NaCl en su dosificación.	22
Tabla 7. Valores promedio de Resistividad Superficial (SR).	23
Tabla 8. Clasificación de valores de Resistividad Superficial, de acuerdo con la penetración de iones de cloruro según (AASHTO T 358-21, 2021).	24
Tabla 9. Valores de Resistividad Eléctrica (Re).	25
Tabla 10. Clasificación de valores de Resistividad Eléctrica (Re), según ACI y RILEM.	26
Tabla 11. Comparativo de la Resistencia a la Compresión Simple a través del tiempo.	27

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Efecto del campo eléctrico a través de los poros del hormigón, sobre los iones disueltos.....	3
Ilustración 2. Diagrama de configuración para medir la resistencia en la tierra con cuatro terminales. Mediante el método de potenciómetro, voltímetro y amperímetro.	4
Ilustración 3. Ensayo de resistividad superficial mediante el método de las cuatro puntas.....	5
Ilustración 4. Ensayo de resistividad volumétrica.	6
Ilustración 5. Factores de forma.....	7
Ilustración 6. Penetración de Iones de Cloruro.	8
Ilustración 7. Relación entre la resistividad del hormigón y la tasa de corrosión.....	8
Ilustración 8. Riesgo de corrosión del refuerzo asociado a la resistividad del hormigón.....	9
Ilustración 9. Proceso de fundición y etiquetado de muestras.....	11
Ilustración 10. Proceso de curado de las muestras en tanques por separado.	12
Ilustración 11. Ensayos de resistencia a la compresión simple.	12
Ilustración 12. Resistivímetro de fabricación propia.	13
Ilustración 13. Configuración de equipos para medición de Resistividad Superficial, mediante el método de 4 puntas (Wenner).....	14
Ilustración 14. Toma de lecturas de Resistividad Superficial.....	15

Ilustración 15. Configuración de equipos para medición de Resistividad Volumétrica.....	16
Ilustración 16. Toma de lecturas de Resistividad Volumétrica.	16
Ilustración 17. Relación entre Resistividad Eléctrica y Resistencia a Compresión, para diversas relaciones a/c; y sus umbrales de resistividad según (ACI 222R-19, 2019).	28
Ilustración 18. Umbrales de probabilidad de Corrosión según (ACI 222R-19, 2019), para hormigones que contengan o no (NaCl). Fuente: Elaboración propia.....	28
Ilustración 19. Coeficientes de Determinación R^2 , dependiendo de la inclusión de cloruros en sus dosificaciones.	29

RESUMEN

Este trabajo de investigación estudia la resistividad eléctrica superficial en el hormigón comparándola con el efecto de la inclusión de cloruros a distintos niveles de resistencia a la compresión simple.

Para ello se prepararon 6 grupos de 10 cilindros de 100 x 200 mm con diferentes resistencias dadas por su relación a/c. Los 4 primeros grupos se prepararon con relaciones a/c de 0.60, 0.50, 0.40 y 0.35; mientras que a los 2 grupos restantes se les incluyó cloruro de sodio (NaCl) al 1.5% del peso de los agregados contenidos en su dosificación, con relaciones a/c de 0.50 y 0.40.

Una vez fundidos los cilindros y curados por 28 días, se dejaron transcurrir 240 días para realizar los ensayos de resistividad eléctrica y de compresión simple.

De los resultados para los 4 primeros grupos de cilindros, se obtuvo un factor de correlación entre la resistividad eléctrica y compresión simple muy bajo, mientras que para los 2 grupos de cilindros en los que se les incluyó cloruro de sodio se obtuvo un factor de correlación bastante alto.

Los valores finales obtenidos en esta investigación son únicos ya que las publicaciones más recientes sobre resistividad eléctrica y compresión simple se basan en ensayos realizados a los 28 días; mientras que en esta investigación se obtuvieron resultados en los cilindros de hormigón a edades de 268 días.

Palabras clave: Resistividad, resistividad superficial, resistividad volumétrica, factor de forma, resistencia a la compresión simple.

ABSTRACT

This research investigates the surface electrical resistivity of concrete and compares it with the effect of chloride incorporation at different levels of compressive strength.

To this end, six groups of ten 100 x 200 mm cylinders were prepared with different compressive strengths determined by their w/c ratios. The first four groups were prepared with w/c ratios of 0.60, 0.50, 0.40, and 0.35; for the remaining two groups, sodium chloride (NaCl) was incorporated at 1.5 % of the weight of the aggregates contained in their dosage, using w/c ratios of 0.50 and 0.40.

Once the cylinders were cast and cured for 28 days, an additional 240 days were allowed to elapse before the electrical resistivity and compressive strength tests were performed.

The results from the first four groups of cylinders yielded a very low correlation coefficient between electrical resistivity and compressive strength, whereas the two groups containing sodium chloride exhibited a relatively high correlation coefficient.

The final values obtained in this investigation are unique, since the most recent publications on the relationship between electrical resistivity and compressive strength are based on tests conducted at 28 days, whereas this study presents results for concrete cylinders at an age of 268 days.

Keywords: Resistivity, surface resistivity, bulk (volumetric) resistivity, shape factor, compressive strength.

CAPÍTULO I

1 Descripción del Proyecto

1.1 Introducción

Los estudios de evaluación de resistencia a la compresión simple en estructuras existentes dependen en mayor medida de ensayos destructivos, en los que solo se obtienen datos de su resistencia mecánica más no del estado de la estructura interna de los hormigones.

En ese contexto, se pretende estudiar la resistividad superficial del hormigón como una alternativa más ágil y no destructiva que permita conocer no solo el desempeño mecánico de los hormigones a través de su resistencia sino también el estado de su estructura interna, permitiendo conocer mejor la relación con otras propiedades como la permeabilidad o tasas de corrosión.

Por lo que la presente investigación tiene como propósito obtener datos que permitan correlacionar ambos parámetros a través del estudio de seis grupos de cilindros, de los cuales a dos se les incluyó cloruro de sodio para evaluar la afectación de la presencia de iones de cloruro en hormigones sometidos a ambientes salinos.

Como parámetro adicional en esta investigación se realizaron todos los ensayos tanto de compresión simple como de resistividad eléctrica, a edades avanzadas de 268 días con la finalidad de obtener información más confiable que sirva como herramienta de control de calidad en el estudio de una estructura existente.

1.2 Antecedentes

En la industria de la construcción el estudio de la durabilidad de las estructuras de hormigón tiene un impacto directo en la economía de los proyectos de remodelación y ampliación, en su búsqueda por conocer mecanismos que permitan comprender la degradación que han tenido las estructuras a lo largo del tiempo.

Esto conlleva un estudio constante para la predicción de resistencia a la compresión simple de hormigones en estructuras existentes mediante ensayos no

destruictivos in situ; además de otros factores importantes como la resistividad eléctrica que permite conocer la estructura de los hormigones en cuanto a su permeabilidad, porosidad y durabilidad.

Por lo que el objetivo de la presente investigación se basa en el estudio de la relación que existe entre la resistividad eléctrica superficial en el hormigón y su resistencia a la compresión simple, determinados por distintas relaciones a/c además de la incorporación de cloruros para los hormigones sometidos a ambientes salinos.

Actualmente las investigaciones sobre resistividad eléctrica superficial en el hormigón son prácticamente nulas en el país, y las publicaciones realizadas en el exterior muy escasas, además de que se basan en estudios de laboratorio en los que se realizan mediciones de resistencia a la compresión simple y resistividad eléctrica a edades de 28 días; por lo que la presente investigación pretende obtener datos de hormigones con edades avanzadas de más de 260 días.

Lo anteriormente expuesto enmarca la importancia de poder encontrar y determinar un procedimiento de inspección in situ de las estructuras que sea rápido, confiable y no destructivo; y que de acuerdo con sus resultados permita realizar una evaluación más rápida de la vulnerabilidad de una estructura de hormigón armado y adoptar las medidas oportunas y preventivas según sea el caso.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Medir la resistividad eléctrica superficial en el hormigón, para comparar el efecto de la inclusión de cloruros a distintos niveles de resistencia a la compresión simple.

2.2 Objetivos Específicos

1. Medir la resistividad eléctrica superficial de varios cilindros de hormigón.
2. Determinar la resistencia a la compresión simple ($f'c$) en los cilindros de hormigón.

3. Correlacionar la resistividad eléctrica y la resistencia a compresión simple, para hormigones fundidos con los mismos materiales y diferentes resistencias.
4. Correlacionar la resistividad eléctrica superficial en hormigones de igual dosificación con y sin incorporación de cloruros.

CAPÍTULO II

2 Fundamentos Teóricos

2.1 Resistividad eléctrica.

La resistividad eléctrica (ρ) en el hormigón se define por su capacidad de transportar cargas eléctricas de iones disueltos en su fase acuosa sometidos a un campo eléctrico a través de la red de poros. Esto constituye un indicador de durabilidad en la estructura interna del hormigón, dependiendo de las propiedades de sus materiales que definen el tamaño de los poros y la forma de interconexión entre ellos conocida como tortuosidad.

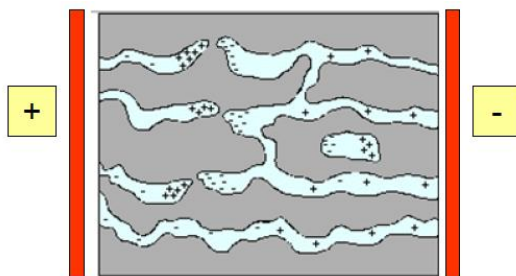


Ilustración 1. Efecto del campo eléctrico a través de los poros del hormigón, sobre los iones disueltos.

Fuente: (D'Andrea, 2010).

De acuerdo con esto, se establece que a menor resistividad es mayor la porosidad del hormigón y menor su resistencia mecánica, dado que esto indica menos fase sólida por volumen. Si el hormigón no está lo suficientemente saturado de agua la resistividad aumenta, volviendo este parámetro también un indicador del grado de saturación y la respuesta a la conducción electrolítica a través de sus poros.

El método comúnmente utilizado para la medición de resistividad eléctrica es el conocido de las cuatro puntas y propuesto originalmente por (Wenner, 1915), el cual fue diseñado inicialmente para determinar la composición del suelo, proporcionando

así valores de contenido de humedad o si contiene minerales de alta conductividad. En esa época el método se lo utilizó solamente para determinar resistividad en una región pequeña o muy cerca de la superficie debido a la distancia y longitud de los electrodos que se debía usar.

A continuación, se muestra la configuración de los equipos (Wenner, 1915) para medir la resistividad en la tierra.

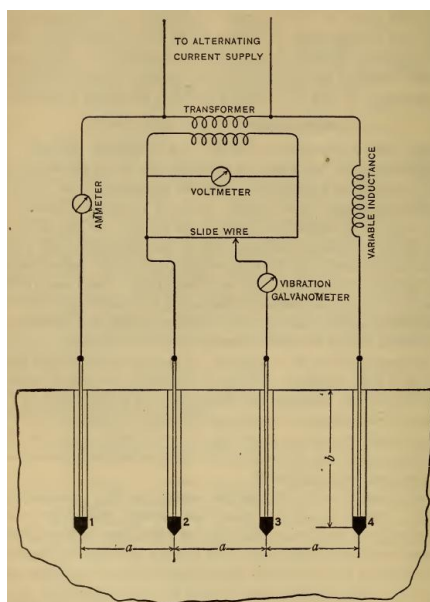


Ilustración 2. Diagrama de configuración para medir la resistividad en la tierra con cuatro terminales. Mediante el método de potenciómetro, voltímetro y amperímetro.

Fuente: (Wenner, 1915).

La medición de la resistividad eléctrica ($\Omega \cdot m$), medida en la superficie de hormigón se expresa mediante la ley de Ohm (1), que define la relación entre la diferencia de potencial de voltaje (V) y la intensidad de corriente aplicada (I), obteniéndose primero la resistencia eléctrica (R_e).

$$R_e = \frac{V}{I} \quad (\Omega) \quad (1)$$

A partir de R_e y el factor geométrico (F_g) que corresponda al método de medición empleado, se obtiene la resistividad de la muestra.

$$\rho = R_e \cdot F_g \quad (\Omega \cdot m) \quad (2)$$

Existen dos formas de realizar las mediciones de manera no destructiva, ya sea mediante el método volumétrico que utiliza dos electrodos en los extremos de las muestras y dos en el centro o, mediante el método de las cuatro puntas que utiliza los electrodos sobre la superficie de una muestra.

La medición de cada una depende del factor geométrico (F_g) que se entiende como la relación entre la resistividad y la resistencia eléctrica que depende de la forma de la muestra, por lo que se detalla cada uno a continuación.

2.1.1 Resistividad Superficial.

Este método considera la medición de un elemento de hormigón finito y se lo mide mediante el método de las cuatro puntas, donde se colocan cuatro electrodos en línea recta separados a igual distancia entre sí, mientras a los dos electrodos exteriores se les aplica corriente, con los dos electrodos interiores se mide el potencial de voltaje.



Ilustración 3. Ensayo de resistividad superficial mediante el método de las cuatro puntas.

Fuente: Elaboración propia.

Su factor geométrico (F_{gs}) está dado por la distancia entre sus electrodos (a) siempre que estén todos igualmente espaciados (3)(3).

$$Fgs = 2 \cdot \pi \cdot a \quad (3)$$

La fórmula de resistividad superficial se define como (4)(4) :

$$\rho_s = Re \cdot Fgs = Re \cdot 2 \cdot \pi \cdot a \quad (4)$$

$$\rho_s = \frac{V}{I} \cdot 2 \cdot \pi \cdot a$$

2.1.2 Resistividad Volumétrica.

Este método considera todo el volumen de la muestra y utiliza dos electrodos con esponjas húmedas en los extremos, conectados mediante unas placas metálicas paralelas en las que se aplica la corriente, con lo que se mide el potencial de voltaje en los electrodos conectados a las abrazaderas intermedias.



Ilustración 4. Ensayo de resistividad volumétrica.

Fuente: Elaboración propia.

Su factor geométrico (F_{gv}) está dado por el área transversal de la muestra (A), dividido para la distancia de los electrodos (L) que miden el potencial (5).

$$Fgv = \frac{A}{L} \quad (5)$$

La fórmula de resistividad volumétrica se define como (6):

$$\rho v = Re \cdot Fgv = Re \cdot \frac{A}{L} \quad (6)$$

2.1.3 Factor de Forma.

En los casos de mediciones de resistividad superficial sobre muestras de dimensiones finitas, el valor que se obtiene es distinto al de la resistividad volumétrica; por lo que para igualar los valores es necesario obtener el factor de forma (Ff). Este factor de forma convierte el valor de resistividad superficial obtenido en un medio finito al valor de la resistividad volumétrica (7).

$$\rho v = \rho s \cdot Ff \quad (7)$$

En la siguiente tabla se muestran los factores de forma para diversas geometrías de las muestras, y distintos espaciamientos entre electrodos.

Separación electrodos potencial	a = 0,035 m	a = 0,037 m	a = 0,05 m
Cilíndrica 0,30 x 0,15 m	0,73	0,71	0,60
Cilíndrica 0,20 x 0,10 m	0,57		0,38
Cilíndrica 0,15 x 0,075 m	0,38		
Prismática 0,04 x 0,04 x 0,16 m	0,17		
Cubos 0,15 x 0,15 x 0,15 m		0,65	0,52

Ilustración 5. Factores de forma.

Fuente: (Andrade Perdrix & Climent Llorca, 2023)

2.1.4 Comparativo de umbrales de resistividad eléctrica.

En esta sección se presentan los umbrales de resistividad que utilizan las normativas AASHTO, ACI y RILEM, que al ser contrastadas se puede notar una

coincidencia clara entre las tres de que para valores de 10 a 20 ($k\Omega\cdot\text{cm}$) el riesgo o tasa de corrosión se lo considera bajo.

De ahí que cada norma evalúa la calidad del hormigón ensayado de diferente manera. Por ejemplo, en la (AASHTO T 358-21, 2021) se evalúa la resistividad de acuerdo con la penetración de iones de cloruro según la Ilustración 6.

Table 1—Chloride Ion Penetration

Chloride Ion Penetration	Surface Resistivity Test	
	100-by-200-mm (4-by-8-in.) Cylinder ($k\Omega\cdot\text{cm}$) $a = 1.5$	150-by-300-mm (6-by-12-in.) Cylinder ($k\Omega\cdot\text{cm}$) $a = 1.5$
High	<12	<9.5
Moderate	12–21	9.5–16.5
Low	21–37	16.5–29
Very low	37–254	29–199
Negligible	>254	>199

$a =$ Wenner probe tip spacing

Ilustración 6. Penetración de Iones de Cloruro.

Fuente: Adaptado de (AASHTO T 358-21, 2021).

En (ACI 222R-19, 2019) se evalúa la relación entre la resistividad del hormigón y la tasa de corrosión.

Table 5.3.1.7—Trend between concrete resistivity and corrosion rate (Broomfield 2007)

Resistivity, $k\Omega\cdot\text{cm}$	Corrosion rate
>100	Very low (cannot distinguish between active and passive steel)
20 to 100	Low
10 to 20	Low to moderate
5 to 10	High
Less than 5	Very high

Ilustración 7. Relación entre la resistividad del hormigón y la tasa de corrosión.

Fuente: Adaptado de (ACI 222R-19, 2019)

En (RILEM TC 154-EMC, 2000) se evalúa el riesgo de corrosión del refuerzo asociado a la resistividad del hormigón.

Table 2 - Risk of corrosion of reinforcement associated with concrete resistivity [1, 10] for 20°C and OPC concrete	
Concrete resistivity ρ_{concrete} (Ω m)	Risk of corrosion
< 100	high
100 - 500	moderate
500 - 1000	low
> 1000	negligible

Ilustración 8. Riesgo de corrosión del refuerzo asociado a la resistividad del hormigón.

Fuente: Adaptado de (RILEM TC 154-EMC, 2000)

CAPÍTULO III

3 Metodología

El diseño experimental propuesto se basó en la preparación de seis grupos de 10 cilindros de 200 mm de longitud nominal y 100 mm de diámetro nominal, para cada tipo de resistencia dada por su relación agua-cemento (a/c).

Los cuatro primeros grupos están dados por su (a/c): 0.60, 0.50, 0.40 y 0.35; mientras que los otros dos grupos están dados por la inclusión de Cloruro de Sodio (NaCl) al 1.5% del peso de los agregados con su (a/c): 0.50 y 0.40.

Como medida de control se procedió a realizar el ensayo de compresión simple a dos muestras de cada grupo, la primera a los 7 días y la segunda a los 28 días. Una vez cumplidos los 28 días de curado de las muestras se procedió a retirar las muestras restantes de los tanques y dejarlas en el laboratorio a temperatura ambiente (30 °C promedio) durante 240 días.

Transcurridos 240 días y previo a realizar los ensayos de resistividad, se sumergieron las muestras en un tanque de agua durante 48 horas para garantizar la saturación de agua, y evitar lecturas erróneas sobre la superficie de las muestras.

Después de la saturación de las muestras se procedió a realizar los ensayos de resistividad. El ensayo de resistividad volumétrica se realizó en 2 muestras de cada grupo, y el ensayo de resistividad superficial se realizó en las 8 muestras de cada grupo.

Para finalizar se realizaron los ensayos de compresión simple en las 8 muestras de todos los grupos.

3.1 Materiales y Equipos

Los materiales utilizados para la preparación de las muestras son:

- Cemento: marca HOLCIM.
- Agregado grueso: Piedra Caliza 3/4", tamaño máximo 20 mm.
- Agregado fino: Arena gruesa, Minas sector Puente Payo.
- Agua: Potable.
- Probetas: Plástico PVC de 100 x 200 mm.
- No se utilizó ningún tipo de aditivo.

Los equipos utilizados para resistividad y compresión simple son:

- Balanza Industrial (SKANTRONICS BASIX 2.1).
- Concretera de 200 litros.
- Resistivímetro de cuatro puntas (fabricación propia).
- Generador de onda de corriente alterna (13 Hz).
- Multímetro (FLUKE 73).
- Multímetro (FLUKE 3000 FC).
- Prensa manual (Tipo F 120 x 800 mm)
- Portamuestra (poliestireno expandido)
- Abrazaderas de acero inoxidable de 4 pulgadas.
- Equipo de Compresión simple (CONTROLS de 2000 KN).

3.2 Preparación de las muestras de hormigón

El diseño de mezcla se realizó fijando la relación agua / cemento (a/c), a partir de esto se determinaron las cantidades exactas de cemento, agregados gruesos y agregados finos requeridos para 1 m³ de hormigón.

Para los grupos 5 y 6 se consideró la inclusión de Cloruro de Sodio (NaCl), considerando el 1.5% del peso de los agregados de la muestra.

En la Tabla 1 se detalla la dosificación de cada grupo de muestras.

DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES (Kg/m ³)						
TIPO	1	2	3	4	5	6
A/C	0,60	0,50	0,40	0,35	0,50	0,40
A. grueso	1029	1000	953	924	1000	953
A. fino	618	600	572	554	600	572
Cemento	333	400	500	571	400	500
Agua	200	200	200	200	200	200
Kg/m3	2180	2200	2225	2250	2200	2225
1,5% (sal)					24	23

Tabla 1. Dosificación de hormigones.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Método de fundición y curado.

Las probetas se fabricaron en PVC de 200 mm de longitud nominal y 100 mm de diámetro nominal. La preparación de las muestras en el laboratorio se realizó siguiendo los procedimientos de la norma (ASTM C192/C192M-21, 2021), utilizando los materiales y equipos mencionados anteriormente.



Ilustración 9. Proceso de fundición y etiquetado de muestras.

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de curado de las muestras empezó una vez desencofradas las muestras a las 24 horas y se realizó en dos tanques durante 28 días. En el primer tanque se sumergieron en agua los cuatro primeros grupos de cilindros, mientras que

en el segundo tanque se sumergieron en agua los grupos 5 y 6 que contienen cloruro de sodio; ambos tanques permanecieron a temperatura ambiente ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$).

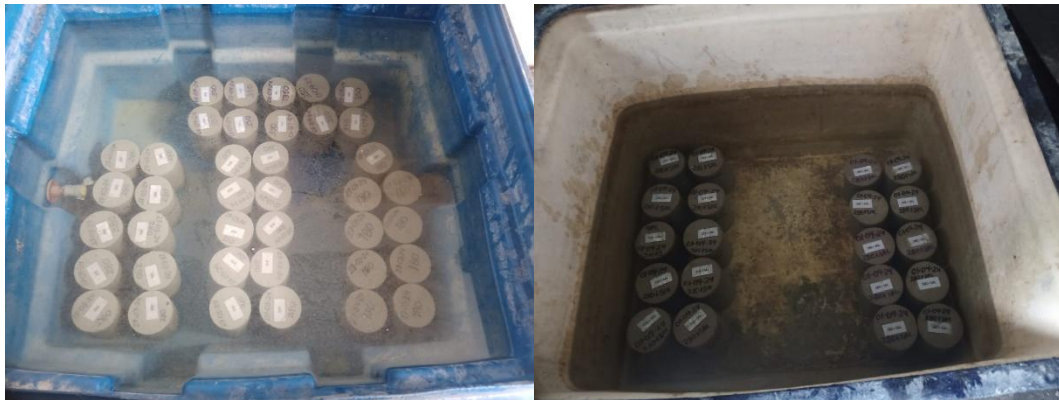


Ilustración 10. Proceso de curado de las muestras en tanques por separado.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Ensayo de Compresión Simple

Estos ensayos se llevaron a cabo según la norma (ASTM C39/C39M-21, 2021), las muestras cilíndricas de 100 x 200 mm fueron medidas, pesadas y ensayadas con la máquina de prueba CONTROLS de 2000 KN.

Como medida de control se realizó el ensayo de compresión simple a 2 cilindros de cada uno de los grupos a los 7 y a los 28 días de curado húmedo. Se procedió a ensayar los 8 cilindros restantes de cada grupo después de 240 días una vez realizados los ensayos de resistividad superficial y volumétrica.



Ilustración 11. Ensayos de resistencia a la compresión simple.

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Ensayo de Resistividad

En esta investigación se decidió fabricar un equipo propio para medir resistividad en la superficie de hormigón, mediante el método de las cuatro puntas (Wenner, 1915).

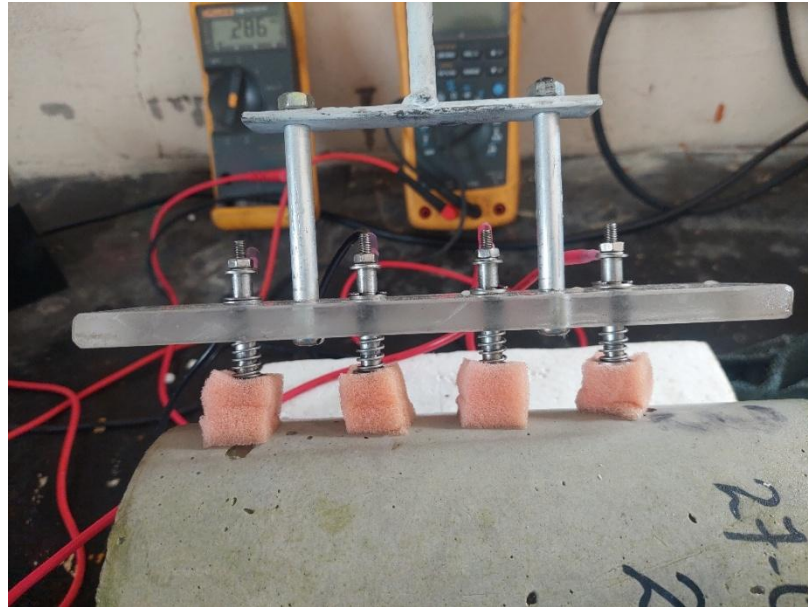


Ilustración 12. Resistímetro de fabricación propia.

Fuente: Elaboración propia.

El equipo de resistividad se fabricó con 4 electrodos de acero inoxidable de 1/4" de espesor y 55 mm de longitud, separados 38.1 mm (1.5 pulg.). Estos se fijaron a una placa de policarbonato de 1 cm de espesor y en las puntas se colocaron esponjas húmedas para asegurar una conexión eléctrica adecuada entre la superficie de las muestras y los electrodos.

Los dos electrodos exteriores se conectan a un generador de onda que emite una señal de corriente alterna cuadrada (CA) a 13 Hz y 25V de pico a pico. Este a su vez es conectado a un multímetro para medir amperaje (mA); mientras que los dos electrodos interiores se conectan a un segundo multímetro para medir la diferencia de potencial de voltaje (V).

Dado que las lecturas de resistividad superficial sobre las muestras son de dimensiones finitas, se procedió a hallar el factor de forma de las probetas para igualar los valores con los de resistividad volumétrica en 2 muestras de cada grupo.

3.6 Ensayo de resistividad superficial.

El ensayo de resistividad superficial se realizó en las 8 muestras de todos los grupos siguiendo los lineamientos de la norma (AASHTO T 358-21, 2021).

Antes de realizar el ensayo se hicieron marcas en la cara circular de las muestras en los puntos 0, 90, 180, y 270 grados de la circunferencia; y una marca central en el lado longitudinal de estas como referencias visuales.

Para iniciar el ensayo se retiró la muestra del tanque de agua y se secó el exceso de agua en la superficie antes de colocarla sobre el portamuestras.

Con las esponjas de los electrodos húmedas se colocó el resistivímetro en el sentido longitudinal de la muestra y en la marca a 0 grados, para tomar la primera lectura una vez que esta se estabilizaba en los 2 multímetros, se registraban los datos de voltaje (V) y amperios (mA).

Así se continuó con la toma de lecturas girando la muestra a 90, 180 y 270 grados, y después de esto se repitió una segunda toma de lecturas en los cuatro puntos. De acuerdo con la norma (AASHTO T 358-21, 2021); si del conjunto de 8 lecturas tomadas la desviación estándar porcentual es superior al 7.5% debía repetirse el procedimiento, en caso contrario se tomaban como válidas.

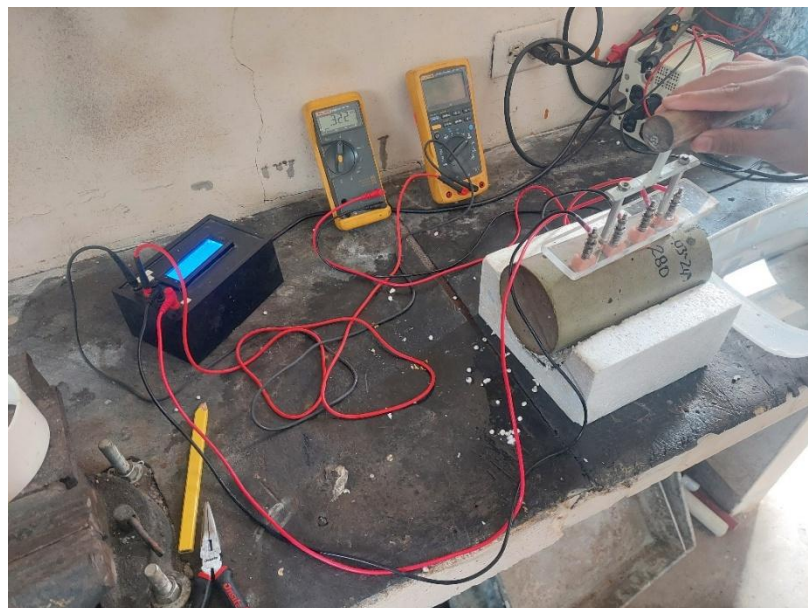


Ilustración 13. Configuración de equipos para medición de Resistividad Superficial, mediante el método de 4 puntas (Wenner).

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 14. Toma de lecturas de Resistividad Superficial.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Ensayo Volumétrico

Este ensayo se realizó siguiendo los lineamientos de la publicación de (Andrade Perdrix & Climent Llorca, 2023); para esto las muestras se retiraron del tanque de agua y se secó el exceso de agua en la superficie. A continuación, se instalaron las 2 abrazaderas de acero inoxidable a una distancia promedio de 55 mm en el eje del sentido longitudinal de las muestras. Se colocaron en los extremos 2 esponjas saturadas de agua para garantizar la conexión eléctrica junto con 2 placas de 150 x 150 x 3 mm, para sujetarlas con la prensa manual a la muestra.

Las pinzas sujetas a las placas exteriores se conectan al generador de onda y este a su vez se conecta con el multímetro para medir amperios (mA). Mientras que las pinzas sujetas a las abrazaderas internas se conectaron al segundo multímetro para medir la diferencia de potencial de voltaje (V).



Ilustración 15. Configuración de equipos para medición de Resistividad Volumétrica.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 16. Toma de lecturas de Resistividad Volumétrica.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

4 Resultados

A continuación, se presentan en detalle los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos producto de la investigación.

4.1 Ensayos de resistividad superficial

Los resultados de la Tabla 2 presentan las lecturas de resistividad superficial (SR) tomadas de acuerdo con el procedimiento adoptado por la norma (AASHTO T 358-21, 2021). En ella se indica que se tomen lecturas en las 4 posiciones de la circunferencia de los cilindros, calculadas con la siguiente ecuación.

$$\rho_s = Re \cdot Fgs = Re \cdot 2 \cdot \pi \cdot a \quad (4)$$

$$\rho_s = \frac{V}{I} \cdot 2 \cdot \pi \cdot a$$

Dado que la desviación estándar de las 8 lecturas tomadas por cada muestra no sobrepasó el 7.5% de la desviación estándar (DE), dando como mínimo 0.28 % y máximo 1.10 % por lo que no fue necesario repetir la toma de 8 nuevas lecturas y se procedió a calcular el promedio de cada muestra.

Finalmente, se calculó el promedio de resistividad superficial para cada grupo de muestras. El grupo con a/c 0.60 presentó una resistividad superficial de 19 kΩ-cm, para a/c 0.50 resistividad superficial de 19 kΩ-cm, para a/c 0.40 resistividad superficial de 20 kΩ-cm, para a/c 0.35 resistividad superficial de 23 kΩ-cm, para a/c 0.50+NaCl resistividad superficial de 9 kΩ-cm y para a/c 0.40+NaCl resistividad superficial de 14 kΩ-cm.

Así también se pudo determinar el coeficiente de variación (C.V.) para cada uno de los grupos, teniendo valores aceptables de mínimo 2.81% y máximo 6.02%.

El registro de los resultados obtenidos en el laboratorio en cada una de las posiciones de las muestras de la Tabla 2, se encuentra disponible para su consulta en el ANEXO A.

RESULTADOS DE RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (SR), kΩ-cm															
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	RESISTIVIDAD POR MUESTRA										RESISTIVIDAD POR GRUPO		
			0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°	D.E.	PROMEDIO DE LECTURAS	D.E.	(SR) PROMEDIO kΩ-cm	C.V.
1	0,6	1	18,93	17,27	18,19	18,44	18,93	17,24	18,48	19,66	0,83	18,39	1,07	19,00	5,64%
1	0,6	2	16,17	16,99	17,57	18,77	16,46	17,06	17,06	18,73	0,96	17,35			
1	0,6	3	18,47	18,95	20,32	19,95	19,29	19,23	20,21	20,38	0,71	19,60			
1	0,6	4	15,82	18,01	17,68	16,93	17,25	18,87	18,68	17,87	0,98	17,64			
1	0,6	5	19,39	19,62	20,05	20,19	19,29	19,61	20,86	19,89	0,51	19,86			
1	0,6	6	22,48	19,92	19,36	21,08	21,37	19,57	16,55	19,09	1,79	19,93			
1	0,6	7	18,35	18,13	17,56	18,63	18,76	18,22	16,55	18,85	0,76	18,13			
1	0,6	8	15,82	18,01	17,68	16,93	17,25	18,87	18,68	17,87	0,98	17,64			
2	0,5	1	16,65	18,68	17,89	16,85	17,46	17,04	16,93	18,56	0,79	17,51	1,10	19,00	5,77%
2	0,5	2	18,85	18,01	19,38	22,16	18,33	19,13	20,37	22,73	1,75	19,87			
2	0,5	3	19,84	18,00	18,60	22,33	17,82	18,56	18,39	22,21	1,83	19,47			
2	0,5	4	18,98	19,11	19,00	17,70	20,53	19,31	20,52	18,41	0,96	19,19			
2	0,5	5	20,10	19,11	17,90	16,92	18,36	18,56	17,80	18,80	0,95	18,44			
2	0,5	6	17,95	15,70	16,55	17,85	18,91	16,33	17,55	18,71	1,15	17,44			
2	0,5	7	16,79	18,71	18,20	17,68	18,38	17,79	17,69	19,45	0,80	18,09			
2	0,5	8	22,56	18,59	20,87	19,74	21,64	18,51	20,59	20,60	1,40	20,39			
3	0,4	1	18,99	17,17	19,39	20,95	17,57	19,94	19,86	18,37	1,27	19,03	0,56	20,00	2,81%
3	0,4	2	18,41	18,87	19,30	18,89	18,16	19,28	20,26	18,94	0,63	19,01			
3	0,4	3	20,11	19,27	19,90	21,76	19,85	21,35	22,02	21,63	1,06	20,74			
3	0,4	4	18,21	20,59	20,70	19,48	18,05	18,68	21,15	18,24	1,27	19,39			
3	0,4	5	20,67	20,37	19,35	19,08	20,72	19,91	18,50	17,67	1,09	19,53			
3	0,4	6	19,73	20,67	20,00	17,86	19,97	20,82	20,90	19,66	0,98	19,95			
3	0,4	7	19,59	17,29	19,17	21,93	20,27	17,58	19,07	21,79	1,71	19,59			
3	0,4	8	15,59	19,92	19,38	20,91	18,16	20,42	20,05	20,09	1,71	19,31			
4	0,35	1	24,14	23,09	25,27	23,16	25,56	22,69	26,07	25,24	1,30	24,40	1,02	23,00	4,43%
4	0,35	2	22,49	23,33	22,23	20,94	21,62	21,86	23,02	22,19	0,76	22,21			
4	0,35	3	20,81	22,07	25,04	20,86	22,19	21,20	26,30	21,59	2,04	22,51			
4	0,35	4	21,37	18,63	22,77	18,93	22,53	20,31	22,27	19,78	1,64	20,82			
4	0,35	5	23,12	22,55	23,20	22,86	21,25	21,73	23,43	23,43	0,81	22,70			
4	0,35	6	21,98	22,37	23,03	22,24	21,85	23,13	22,84	23,28	0,55	22,59			
4	0,35	7	22,19	25,23	22,72	21,73	22,71	24,41	23,74	22,16	1,23	23,11			
4	0,35	8	22,63	22,97	21,60	20,09	22,03	21,94	22,12	22,03	0,86	21,93			
5	0,5 + NaCl	1	8,46	9,37	8,50	8,81	9,08	8,95	8,48	8,98	0,33	8,83	0,28	9,00	3,06%
5	0,5 + NaCl	2	10,05	9,21	8,79	9,12	9,09	9,02	8,75	9,21	0,40	9,15			
5	0,5 + NaCl	3	8,35	8,91	9,30	8,79	8,54	8,31	9,64	8,85	0,46	8,84			
5	0,5 + NaCl	4	7,93	9,80	9,10	9,28	7,81	9,71	8,57	9,70	0,80	8,99			
5	0,5 + NaCl	5	9,34	9,33	9,26	8,87	9,15	10,52	8,28	8,86	0,64	9,20			
5	0,5 + NaCl	6	9,11	9,10	8,23	8,69	9,13	8,91	8,96	8,70	0,31	8,85			
5	0,5 + NaCl	7	9,99	9,38	8,43	9,86	9,90	8,64	8,03	9,74	0,77	9,25			
5	0,5 + NaCl	8	8,08	8,14	8,29	9,82	8,37	8,45	7,24	8,84	0,73	8,40			
6	0,4 + NaCl	1	14,38	14,60	13,74	12,05	14,52	14,22	13,12	11,90	1,10	13,57	0,84	14,00	6,02%
6	0,4 + NaCl	2	15,61	15,35	14,53	14,59	15,58	15,05	14,45	15,14	0,47	15,04			
6	0,4 + NaCl	3	14,04	14,02	13,21	15,50	14,90	14,66	14,44	16,26	0,94	14,63			
6	0,4 + NaCl	4	12,55	13,19	14,18	11,36	13,34	12,48	13,74	10,57	1,21	12,68			
6	0,4 + NaCl	5	13,99	14,91	15,24	14,15	14,16	14,94	15,12	14,20	0,51	14,59			
6	0,4 + NaCl	6	13,47	12,55	12,68	12,55	12,76	12,21	12,40	14,64	0,79	12,91			
6	0,4 + NaCl	7	13,25	14,06	15,36	12,55	12,06	14,50	14,36	13,37	1,09	13,69			
6	0,4 + NaCl	8	13,92	13,41	15,73	12,94	14,17	13,51	14,94	13,89	0,89	14,06			

Tabla 2. Resultados obtenidos de Resistividad Superficial (SR).

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Ensayos de resistividad volumétrica

Los resultados obtenidos en la Tabla 3 corresponden a las lecturas tomadas para dos muestras de cada grupo seleccionadas aleatoriamente. Para el cálculo de la resistividad volumétrica se utiliza la fórmula siguiente (6).

$$\rho_v = Re \cdot Fgv = Re \cdot \frac{A}{L} \quad (6)$$

Donde (V) corresponde al voltaje, (I) a la intensidad, (r) al radio de circunferencia de las muestras y (L) a la longitud entre las abrazaderas de acero inoxidable.

RESULTADOS DE RESISTIVIDAD VOLUMÉTRICA (VR), kΩ-cm							
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	Voltaje (Vv)	Intensidad (mA)	r (cm)	L (cm)	RESISTIVIDAD VOLUMÉTRICA kΩ-cm
1	0,6	6	2,385	2,897	5,25	6,1	11,69
1	0,6	7	1,823	3,614	5,25	5,5	7,94
2	0,5	7	2,472	3,200	5,25	5,7	11,74
2	0,5	8	2,327	3,068	5,25	5,7	11,52
3	0,4	6	2,299	2,818	5,25	5,5	12,84
3	0,4	8	2,039	3,524	5,25	5,5	9,11
6	0,35	5	2,367	3,048	5,25	5,1	13,19
6	0,35	6	1,984	3,588	5,25	5,3	9,03
4	0,5+NaCl	4	1,607	4,684	5,25	5,4	5,50
4	0,5+NaCl	5	1,476	4,915	5,25	5,4	4,82
5	0,4+NaCl	4	1,689	3,873	5,25	5,4	6,99
5	0,4+NaCl	5	1,918	3,799	5,25	5,1	8,57

Tabla 3. Resultados obtenidos de Resistividad Volumétrica (VR).

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Factor de forma

De la Tabla 4 se obtuvo el factor de forma de las probetas en promedio de 0.55. El mismo que se obtuvo de la ecuación (7).

$$\rho_v = \rho_s \cdot F_f \quad (7)$$

GRUPO	RELACION A/C	# CILINDRO	RESISTENCIA VOLUMÉTRICA				RESISTENCIA SUPERFICIAL			
			Voltaje (Vv)	Intensidad (Av)	r (cm)	L (cm)	Voltaje (Vs)	Intensidad (As)	a (cm)	Ff
1	0,6	6	2,385	2897	5,25	6,1	0,345	411	3,81	0,58
1	0,6	7	1,823	3614	5,25	5,5	0,421	555	3,81	0,44
2	0,5	7	2,472	3200	5,25	5,7	0,297	390	3,81	0,64
2	0,5	8	2,327	3068	5,25	5,7	0,342	401	3,81	0,56
3	0,4	6	2,299	2818	5,25	5,5	0,273	327	3,81	0,64
3	0,4	8	2,039	3524	5,25	5,5	0,414	517	3,81	0,48
6	0,35	5	2,367	3048	5,25	5,1	0,475	501	3,81	0,58
6	0,35	6	1,984	3588	5,25	5,3	0,509	539	3,81	0,40
4	0,5+NaCl	4	1,607	4684	5,25	5,4	0,128	342	3,81	0,61
4	0,5+NaCl	5	1,476	4915	5,25	5,4	0,113	295	3,81	0,53
5	0,4+NaCl	4	1,689	3873	5,25	5,4	0,154	285	3,81	0,54
5	0,4+NaCl	5	1,918	3799	5,25	5,1	0,183	299	3,81	0,59
PROMEDIO										0,55

Tabla 4. Resumen de lecturas de resistividad para el cálculo del Factor de Forma (Ff).

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Ensayos de compresión simple

La Tabla 5 resume el resultado de los ensayos de compresión simple para los grupos 1, 2, 3 y 4. En la misma se detalla la relación agua cemento (A/C), días de curado, desviación estándar, resistencia de cada muestra y resistencia promedio del grupo.

Los cilindros A y B son los que se tomaron como medida de control a los 7 y 28 días respectivamente. En los ensayos de control se aprecia que las resistencias $f'c$ a los 28 días son las esperadas para la continuidad de esta investigación, dando para una relación a/c 0.60 resistencia de 179 Kg/cm², para a/c 0.50 resistencia de 268 Kg/cm², para a/c 0.40 resistencia de 350 Kg/cm² y para a/c 0.35 resistencia de 395 Kg/cm².

Una vez transcurridos los 268 días de edad en los 8 cilindros restantes de cada grupo se procedió a ensayarlos y determinar su resistencia $f'c$ promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para cada grupo. Dando así para la relación a/c 0.60 resistencia de 188 Kg/cm², para la relación a/c 0.50 resistencia de 278 Kg/cm², para la relación a/c 0.40 resistencia de 369 Kg/cm² y para la relación a/c 0.35 resistencia de 384 Kg/cm².

Así también se pudo determinar la desviación estándar (D.E.) de las muestras y el coeficiente de variación (C.V.) para cada uno de los grupos, que se encuentran descritos en la Tabla 5.

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE										
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	DIAS DE CURADO	DIAS PARA ROTURA	CARGA DE ROTURA (kN)	AREA CILINDRO (cm ²)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	D.E.	RESISTENCIA PROMEDIO (F'c)	C.V.
1	0,6	A	7	8	126,40	86,59	149	12,69	188	6,75%
1	0,6	B	28	28	151,70	86,59	179			
1	0,6	1	28	240	174,50	86,59	205			
1	0,6	2	28	240	152,50	86,59	180			
1	0,6	3	28	240	159,00	86,59	187			
1	0,6	4	28	240	162,00	86,59	191			
1	0,6	5	28	240	147,20	86,59	173			
1	0,6	6	28	240	152,20	86,59	179			
1	0,6	7	28	240	179,60	86,59	211			
1	0,6	8	28	240	157,00	86,59	185			
2	0,5	A	7	8	214,90	86,59	253	17,02	278	6,12%
2	0,5	B	28	28	227,30	86,59	268			
2	0,5	1	28	240	263,60	86,59	310			
2	0,5	2	28	240	232,20	86,59	273			
2	0,5	3	28	240	215,40	86,59	254			
2	0,5	4	28	240	222,10	86,59	261			
2	0,5	5	28	240	238,50	86,59	281			
2	0,5	6	28	240	234,40	86,59	276			
2	0,5	7	28	240	250,80	86,59	295			
2	0,5	8	28	240	237,50	86,59	280			
3	0,4	A	7	8	250,20	86,59	295	13,98	369	3,79%
3	0,4	B	28	28	297,30	86,59	350			
3	0,4	1	28	240	326,60	86,59	384			
3	0,4	2	28	240	297,10	86,59	350			
3	0,4	3	28	240	321,10	86,59	378			
3	0,4	4	28	240	329,90	86,59	388			
3	0,4	5	28	240	319,10	86,59	376			
3	0,4	6	28	240	308,50	86,59	363			
3	0,4	7	28	240	315,60	86,59	372			
3	0,4	8	28	240	305,70	86,59	360			
4	0,35	A	7	8	263,60	86,59	310	19,09	384	4,97%
4	0,35	B	28	28	335,20	86,59	395			
4	0,35	1	28	240	319,90	86,59	377			
4	0,35	2	28	240	323,50	86,59	381			
4	0,35	3	28	240	321,80	86,59	379			
4	0,35	4	28	240	349,90	86,59	412			
4	0,35	5	28	240	324,40	86,59	382			
4	0,35	6	28	240	348,00	86,59	410			
4	0,35	7	28	240	313,40	86,59	369			
4	0,35	8	28	240	299,10	86,59	352			

Tabla 5. Resultados obtenidos de Compresión Simple para grupos 1 al 4.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6 resume el resultado de los ensayos de compresión simple para los grupos 5 y 6 que contienen Cloruro de Sodio (NaCl) al 1.5% del peso de los agregados de su dosificación. En la misma se detalla la relación agua cemento (A/C), días de curado, desviación estándar, resistencia de cada muestra y resistencia promedio del grupo.

Los cilindros A y B son los que se tomaron como medida de control a los 7 y 28 días respectivamente. En los ensayos de control se aprecia que las resistencias a los 28 días son las esperadas para la continuidad de esta investigación, dando para una

relación a/c 0.50+NaCl resistencia de 242 Kg/cm² y para a/c 0.40+NaCl resistencia de 328 Kg/cm².

Una vez transcurridos los 268 días de edad en los 8 cilindros restantes de cada grupo se procedió a ensayarlos y determinar su resistencia $f'c$ promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para cada grupo. Dando así para la relación a/c 0.50+NaCl resistencia de 234 Kg/cm² y para la relación 0.40+NaCl resistencia de 330 Kg/cm².

Así también se pudo determinar la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V.) para cada uno de los grupos, que se encuentran descritos en la Tabla 6.

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE										
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	DIAS DE CURADO	DIAS PARA ROTURA	CARGA DE ROTURA (kN)	AREA CILINDRO (cm ²)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	D.E.	RESISTENCIA PROMEDIO (F'c)	C.V.
5	0,5 + NaCl	A	7	8	162,70	86,59	192	8,54	234	3,65%
5	0,5 + NaCl	B	28	28	205,40	86,59	242			
5	0,5 + NaCl	1	28	240	201,20	86,59	237			
5	0,5 + NaCl	2	28	240	195,00	86,59	230			
5	0,5 + NaCl	3	28	240	199,60	86,59	235			
5	0,5 + NaCl	4	28	240	191,00	86,59	225			
5	0,5 + NaCl	5	28	240	194,60	86,59	229			
5	0,5 + NaCl	6	28	240	207,20	86,59	244			
5	0,5 + NaCl	7	28	240	185,90	86,59	219			
5	0,5 + NaCl	8	28	240	205,90	86,59	242			
6	0,4 + NaCl	A	7	8	265,50	86,59	313	17,85	330	5,41%
6	0,4 + NaCl	B	28	28	278,60	86,59	328			
6	0,4 + NaCl	1	28	240	281,20	86,59	331			
6	0,4 + NaCl	2	28	240	257,20	86,59	303			
6	0,4 + NaCl	3	28	240	269,30	86,59	317			
6	0,4 + NaCl	4	28	240	264,40	86,59	311			
6	0,4 + NaCl	5	28	240	282,70	86,59	333			
6	0,4 + NaCl	6	28	240	285,50	86,59	336			
6	0,4 + NaCl	7	28	240	297,40	86,59	350			
6	0,4 + NaCl	8	28	240	305,00	86,59	359			

Tabla 6. Resultados obtenidos de Compresión Simple para grupos 5 y 6, que contiene NaCl en su dosificación.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

5 Análisis de resultados

Como se ha descrito en el capítulo anterior se han aplicado ensayos de resistividad y compresión simple sobre un total de 60 cilindros de hormigón, con la

finalidad de correlacionar sus resultados. Siguiendo esta secuencia se analizará cada uno de ellos a continuación.

5.1 Resistividad eléctrica

En la Tabla 7 se presentan los valores de resistividad superficial obtenidos para cada uno de los grupos producto de esta investigación, y se puede observar que tanto los valores de desviación estándar como el coeficiente de variación indican una baja dispersión y excelente confiabilidad de los resultados obtenidos.

Los resultados señalan que a una mayor relación a/c se obtiene menor resistividad y mientras disminuye la relación a/c la resistividad aumenta. Esto debido a que mientras más baja es la relación a/c la permeabilidad y porosidad del hormigón disminuye.

Así también en los casos de los grupos de muestras que tienen la misma relación a/c (0.50 y 0.40) se observa cómo la resistividad del hormigón disminuye significativamente debido a la inclusión de cloruros. Esto demuestra que la presencia de cloruros afecta la estructura del hormigón.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (SR), $k\Omega\text{-cm}$				
GRUPO	RELACIÓN A/C	D.E	(SR) PROMEDIO $k\Omega\text{-cm}$	C.V.
1	0,6	1,07	19	5,64%
2	0,5	1,10	19	5,77%
3	0,4	0,56	20	2,81%
4	0,35	1,02	23	4,43%
5	0,5+NaCl	0,28	9	3,06%
6	0,4+NaCl	0,84	14	6,02%

Tabla 7. Valores promedio de Resistividad Superficial (SR).

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados de resistividad se pueden clasificar con base en la penetración de iones de cloruro según lo establecido en la (AASHTO T 358-21, 2021). En la Tabla 8 se puede observar que para las relaciones a/c 0.60, 0.50 y 0.40 se consideran

valores moderados, mientras que para una a/c de 0.35 la norma la clasifica como baja debido a su menor permeabilidad y porosidad lo cual repercute directamente en una mayor resistividad eléctrica.

Así también para los dos grupos con relaciones a/c de 0.50+NaCl y 0.40+NaCl, se puede notar que se los clasifica con una alta y moderada penetración de iones de cloruro respectivamente.

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (Re), kΩ-cm			
RUPO	RELACIÓN A/C	(SR) kΩ-cm	Clasificación
1	0,6	19,00	Moderado
2	0,5	19,00	Moderado
3	0,4	20,00	Moderado
4	0,35	23,00	Bajo
5	0,5+NaCl	9,00	Alto
6	0,4+NaCl	14,00	Moderado

Tabla 8. Clasificación de valores de Resistividad Superficial, de acuerdo con la penetración de iones de cloruro según (AASHTO T 358-21, 2021).

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la resistividad superficial se realizó sobre un medio finito, en este caso las muestras cilíndricas de 100 x 200 mm, se halló el factor de forma de las probetas que iguala el valor medido en la superficie con la resistividad volumétrica.

Comparando estos datos con los factores de forma dados por (Andrade Perdrix & Climent Llorca, 2023) en los que interpolando se obtiene un (Ff) de 0.53, se observa que para las probetas realizadas en esta investigación se obtuvo un valor prácticamente similar de 0.55 detallado en la Tabla 4. Resumen de lecturas de resistividad para el cálculo del Factor de Forma (Ff).

Esto permite hallar finalmente la resistividad eléctrica (Re) de las muestras en la siguiente tabla.

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (Re), kΩ-cm						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	(SR) kΩ-cm	(SR) PROMEDIO kΩ-cm	(Re) kΩ-cm	(Re) PROMEDIO kΩ-cm
1	0,6	1	18,39	19	10,10	10
1	0,6	2	17,35		9,53	
1	0,6	3	19,60		10,76	
1	0,6	4	17,64		9,68	
1	0,6	5	19,86		10,91	
1	0,6	6	19,93		10,94	
1	0,6	7	18,13		9,95	
1	0,6	8	17,64		9,68	
2	0,5	1	17,51	19	9,61	10
2	0,5	2	19,87		10,91	
2	0,5	3	19,47		10,69	
2	0,5	4	19,19		10,54	
2	0,5	5	18,44		10,13	
2	0,5	6	17,44		9,58	
2	0,5	7	18,09		9,93	
2	0,5	8	20,39		11,19	
3	0,4	1	19,03	20	10,45	11
3	0,4	2	19,01		10,44	
3	0,4	3	20,74		11,38	
3	0,4	4	19,39		10,64	
3	0,4	5	19,53		10,72	
3	0,4	6	19,95		10,95	
3	0,4	7	19,59		10,75	
3	0,4	8	19,31		10,60	
4	0,35	1	24,40	23	13,40	12
4	0,35	2	22,21		12,19	
4	0,35	3	22,51		12,36	
4	0,35	4	20,82		11,43	
4	0,35	5	22,70		12,46	
4	0,35	6	22,59		12,40	
4	0,35	7	23,11		12,69	
4	0,35	8	21,93		12,04	
5	0,5 + NaCl	1	8,83	9	4,85	5
5	0,5 + NaCl	2	9,15		5,03	
5	0,5 + NaCl	3	8,84		4,85	
5	0,5 + NaCl	4	8,99		4,93	
5	0,5 + NaCl	5	9,20		5,05	
5	0,5 + NaCl	6	8,85		4,86	
5	0,5 + NaCl	7	9,25		5,08	
5	0,5 + NaCl	8	8,40		4,61	
6	0,4 + NaCl	1	13,57	14	7,45	8
6	0,4 + NaCl	2	15,04		8,26	
6	0,4 + NaCl	3	14,63		8,03	
6	0,4 + NaCl	4	12,68		6,96	
6	0,4 + NaCl	5	14,59		8,01	
6	0,4 + NaCl	6	12,91		7,09	
6	0,4 + NaCl	7	13,69		7,52	
6	0,4 + NaCl	8	14,06		7,72	

Tabla 9. Valores de Resistividad Eléctrica (Re).

Fuente: Elaboración propia.

El (ACI 222R-19, 2019) y (RILEM TC 154-EMC, 2000) proponen sus propias clasificaciones para las mediciones de resistividad, pero coinciden en que los resultados obtenidos en los grupos 5 y 6 que contienen cloruros en su dosificación se

clasifican como valores altos o muy altos, y por lo tanto demuestran cómo se ve afectada tanto la calidad como la durabilidad de los hormigones.

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (R_e), $k\Omega\text{-cm}$				
GRUPO	RELACIÓN A/C	(R_e) $k\Omega\text{-cm}$	Clasificación ACI	Clasificación RILEM
1	0,6	10	Moderado	Moderado
2	0,5	10	Moderado	Moderado
3	0,4	11	Moderado	Moderado
4	0,35	13	Moderado	Moderado
5	0,5+NaCl	5	Alto	Alto
6	0,4+NaCl	8	Alto	Alto

Tabla 10. Clasificación de valores de Resistividad Eléctrica (R_e), según ACI y RILEM.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Resistencia a Compresión

Los ensayos de control realizados a los 7 y 28 días demostraron que las muestras dieron las resistencias esperadas, las cuales son comúnmente utilizadas en hormigones de la industria de la construcción ecuatoriana según se aprecia en la Tabla 11.

Las muestras que contienen cloruros en su dosificación (grupos 5 y 6), evidenciaron una reducción significativa en su resistencia final en comparación con las muestras de los grupos 2 y 3 que mantenían su misma relación a/c. Las muestras con relación a/c 0.50 se vieron afectadas en un 15.83%, mientras que las muestras con relación a/c 0.40 se vieron afectadas en un 10.57% de su resistencia final a los 268 días.

Estos valores dan una muestra clara de cómo la penetración de cloruros disminuye significativamente la resistencia de los hormigones y por tanto su durabilidad en el tiempo.

RESUMEN DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE			
GRUPO	RELACIÓN A/C	RESISTENCIA Kg/cm ² (28 días)	RESISTENCIA Kg/cm ² (268 días)
1	0,6	179	188
2	0,5	268	278
3	0,4	350	369
4	0,35	395	384
5	0,5 + NaCl	242	234
6	0,4 + NaCl	328	330

Tabla 11. Comparativo de la Resistencia a la Compresión Simple a través del tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Correlación entre Resistividad Eléctrica y Resistencia a la Compresión

En la Ilustración 17 se puede observar en la nube de puntos la agrupación de datos para cada grupo de muestras, definiendo la dependencia de la resistividad eléctrica con la relación a/c de cada una de las muestras; ya que al ser menor la relación a/c la resistividad eléctrica va aumentando.

Así también se puede observar cómo los umbrales de resistividad definidos por el (ACI 222R-19, 2019) clasifican a los grupos de hormigones que contienen cloruros y relaciones a/c de 0.40+NaCl y 0.50+NaCl con tasas de corrosión de altas a muy altas. Los grupos con relaciones a/c de 0.60 y 0.50 los clasifican entre moderados a altos. Los grupos con relaciones a/c de 0.40 y 0.35 están claramente en la zona de tasas de corrosión moderada.

Las muestras con relación a/c de 0.35 son las que presentan valores más altos de resistividad eléctrica, ya que impiden en mayor medida el paso de las cargas eléctricas (iones) a través de las muestras, confirmando ser las menos porosas y con mejores resistencias mecánicas.

Existe una marcada brecha entre los valores obtenidos en las muestras a la que se les incluyó cloruros (grupos 0.50+NaCl y 0.40+NaCl) dando los resultados más bajos de resistividad, con el resto de los grupos de muestras; esto debido a que el paso de las cargas eléctricas aumenta al ser estas muestras más permeables y porosas. Esto indica que, hormigones fundidos con materiales inapropiados o

expuestos a ambientes salinos, la circulación de los iones de cloruro a través de su fase acuosa es mucho mayor a través de los poros del hormigón.

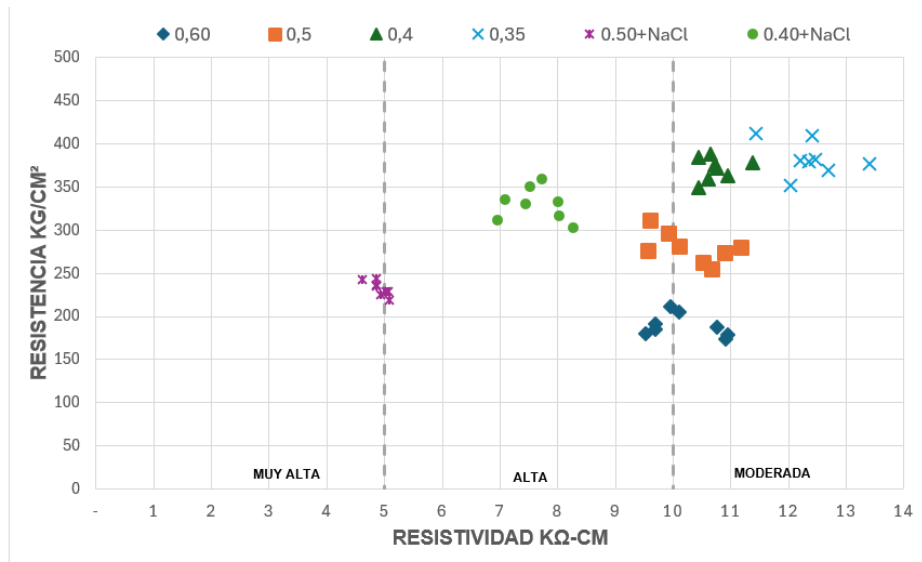


Ilustración 17. Relación entre Resistividad Eléctrica y Resistencia a Compresión, para diversas relaciones a/c; y sus umbrales de resistividad según (ACI 222R-19, 2019).

Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 18. Umbrales de probabilidad de Corrosión según , para hormigones que contengan o no (NaCl).se puede observar los umbrales de probabilidad de corrosión según el (ACI 222R-19, 2019), de acuerdo con ellos, los grupos del 1 al 4 marcan una probabilidad moderada de corrosión, mientras que los grupos 5 y 6 se los clasifica con una tendencia de alta a muy alta de corrosión respectivamente.

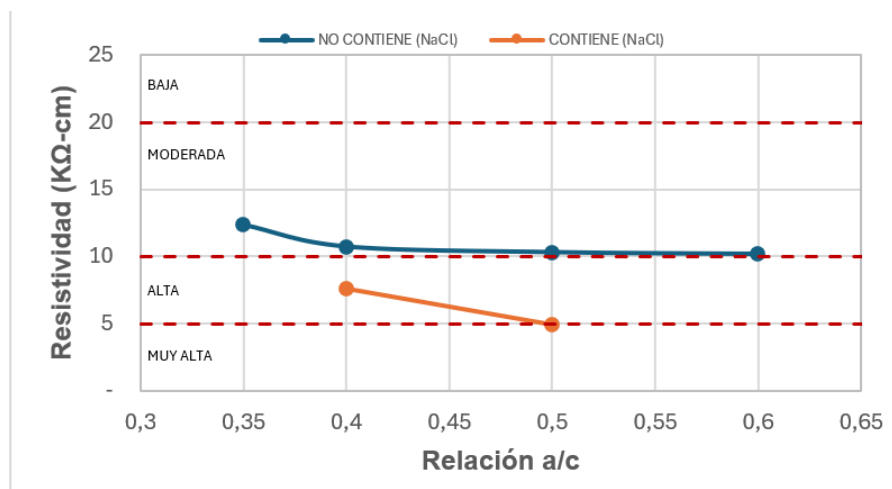


Ilustración 18. Umbrales de probabilidad de Corrosión según (ACI 222R-19, 2019), para hormigones que contengan o no (NaCl). Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la correlación que puede existir entre la resistividad eléctrica y la resistencia a la compresión, en la Ilustración 19. Coeficientes de Determinación R^2 , dependiendo de la inclusión de cloruros en sus dosificaciones., se evidencia que en los grupos de muestras del 1 al 4 no se presenta una regresión lineal satisfactoria siendo su coeficiente de determinación R^2 menor a 0.40.

En cambio, los grupos 5 y 6 en los que se incluyeron cloruros hay una marcada línea de tendencia, con un coeficiente de determinación R^2 de 0.85. Esto se debe a que existe menos dispersión entre sus valores.

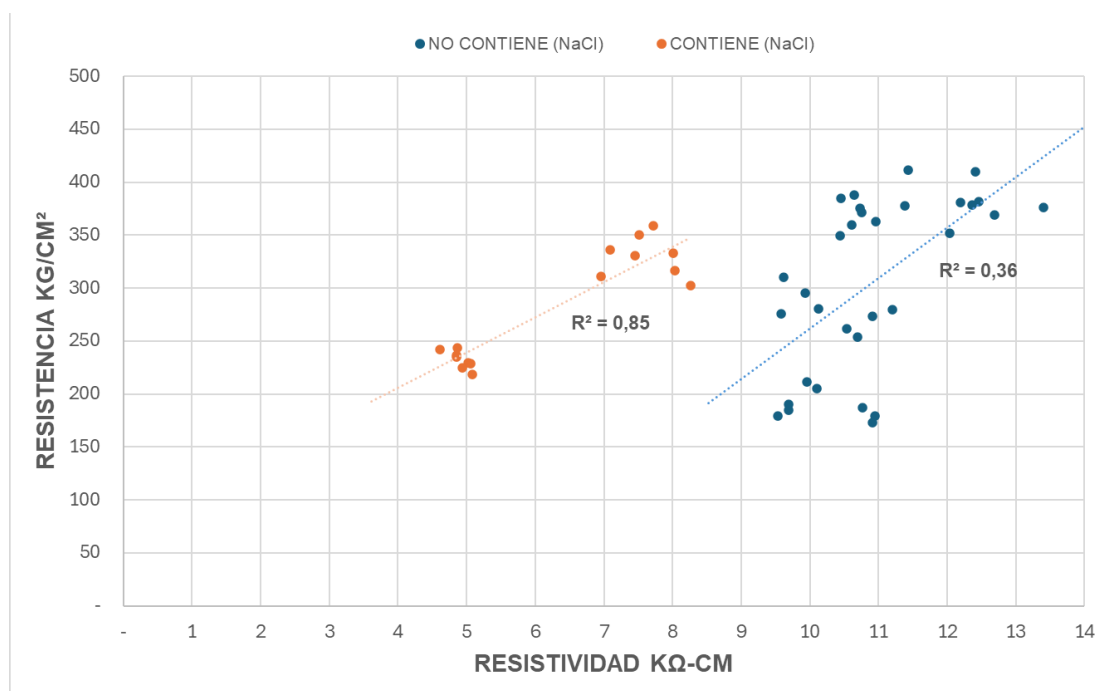


Ilustración 19. Coeficientes de Determinación R^2 , dependiendo de la inclusión de cloruros en sus dosificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

6 Conclusiones

A lo largo del desarrollo de esta investigación se ha establecido cómo la resistividad eléctrica superficial en el hormigón es un claro indicador de la durabilidad y calidad de los hormigones, estableciéndose así una relación directa con la resistencia a la compresión simple de los mismos.

Los datos obtenidos mediante el resistivímetro de fabricación propia de cuatro puntas (Wenner) proporcionaron resultados bastante confiables, al tener desviaciones estándar muy bajas (menores a 2) y confirmar la baja dispersión de resultados.

Esta investigación se diferencia en que las muestras fueron ensayadas a una edad de 268 días, algo poco frecuente en otras investigaciones que además son escasas y se basan mayoritariamente en estudios hechos en hormigones con edades de 28 días, lo que impide la comparación de resultados.

A pesar de que la correlación entre la resistividad eléctrica y la compresión simple dio un coeficiente de determinación R^2 de 0.36 para las muestras que no contienen cloruros, se pudo evidenciar una tendencia de que a menor relación a/c en las mezclas es mayor la resistividad eléctrica. Este comportamiento constituye igualmente un parámetro que puede ayudar a determinar durabilidad y porosidad en los hormigones.

Para los grupos de hormigones que contenían cloruros se obtuvo una correlación mayor de R^2 de 0.85, confirmando la degradación que se obtiene en la estructura del hormigón que, al ser más permeables y porosos, permiten más fácilmente el paso de los iones de cloruro a través de su fase acuosa.

Esta investigación fue diseñada pensando en el estudio de hormigones fundidos con materiales que se consiguen a nivel comercial para las obras de construcción ecuatoriana, con la finalidad de que sus resultados tengan una alta representatividad y aplicación en el medio al momento de evaluar la durabilidad de las edificaciones a nivel local.

Todo ello da una indicación clara de que los hormigones fundidos en ambientes salinos deberían por normativa ser diseñados con relaciones a/c menores que 0.40 y así se garantice la durabilidad de estos.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO T 358-21. (2021). *Standard Method of Test for Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration.*
- ACI 222R-19. (2019). *Guide to Protection of Reinforcing Steel in Concrete against Corrosion.*
- Andrade Perdrix, C., & Climent Llorca, M.-Á. (2023). Recomendación sobre la medida de la resistividad eléctrica en probetas. *Revista ALCONPAT, Recomendaciones Técnicas*(4), pp. 1-7. doi:<https://doi.org/10.21041/AlconpatInternacional/RecTec/2020-04-resistividadenprobetas>
- Andrade, C., & D'Andrea, R. (2011). La resistividad eléctrica como parámetro de control del hormigón y de su durabilidad. *Revista ALCONPAT*, 1(2), pp. 90-98. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v1i2.8>
- Araújo, C., & Meira, G. (2022). Correlation between concrete strength properties and surface electrical resistivity. *IBRACON Structures and Material Journal*, 15(1). doi:<https://doi.org/10.1590/S1983-41952022000100003>
- ASTM C192/C192M-21. (2021). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.*
- ASTM C39/C39M-21. (2021). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*
- D'Andrea, R. (2010). *Predicción de la durabilidad del hormigón armado a partir de indicadores de corrosión: aplicación de la resistividad eléctrica.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

- González Sersen, A. (2011). *Estudio experimental de la relación entre la resistividad eléctrica del hormigón y su resistencia a la penetración de iones cloruro*. Tesis de Grado, Universidad de Chile.
- Gupta, R., & Azarsa, P. (2017). Electrical Resistivity of Concrete for Durability Evaluation: A Review. *Advances in Materials Science and Engineering*(Article ID 8453095), pp. 30. doi:<https://doi.org/10.1155/2017/8453095>
- Guzmán, A. (2023). *Umbrales de resistividad para evaluar durabilidad del hormigón con hidrofugantes y diferentes relaciones agua/cemento* (Vol. 13). Revista ALCONPAT. doi:<https://doi.org/10.21041/ra.v13i3.699>
- Juela, D., Bermeo, J., & Alvarez, D. (2020). Resistencia a la compresión y resistividad eléctrica de hormigones elaborados con materiales cementicios suplementarios y agregados reciclados. *Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles RIOC*, 10(1/2020 ISSN 0719-0514 32), pp. 32-44.
- Martínez Díaz, J., Díaz Brito, N., & Del Castillo Serpa, A. (2018). La resistividad eléctrica como herramienta para el control de la calidad del hormigón. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 12(3 ISSN 1990-8830 / RNPS 2125), pp. 1-12.
- Medeiros-Junior, R., Munhoz, G., & Medeiros, M. (2019). Correlación entre la absorción de agua, la resistividad eléctrica y la resistencia a la compresión del hormigón con diferentes contenidos de puzolana. *Revista ALCONPAT*, 9(2), pp. 152-166. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.335>
- Palenque Vidaurre, E. R., & Valero Choque, E. (2023). Determinación de la Porosidad de un Hormigón Mediante Medidas Eléctricas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 6476-6486. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8237

Picos Pérez, M., Alonso Carro, G., & Álvarez Ilarri, J. (2014). *DURABILIDAD EN EL HORMIGÓN ARMADO, La resistividad eléctrica como indicador de durabilidad*. Trabajo de Grado, UNIVERSIDADE DA CORUÑA.

RILEM TC 154-EMC. (2000). *Electrochemical Techniques For Measuring Metallic Corrosion*.

Wenner, F. (1915). A method of measuring earth resistivity. *Bulletin of the Bureau of Standards.*, Vol.12, pp. 469-478.

ANEXO A

Registro de lecturas de resistividad superficial obtenidas en laboratorio para cada uno de los cilindros.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	POSICIÓN EN GRADOS	VOLTIOS (V)	AMPERIOS (mA)	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (RS), kΩ-cm
1	0,60	1	0°	0,473	0,598	18,93
1	0,60	1	90°	0,233	0,323	17,27
1	0,60	1	180°	0,275	0,362	18,19
1	0,60	1	270°	0,235	0,305	18,44
1	0,60	1	0°	0,329	0,416	18,93
1	0,60	1	90°	0,234	0,325	17,24
1	0,60	1	180°	0,210	0,272	18,48
1	0,60	1	270°	0,262	0,319	19,66
1	0,60	2	0°	0,179	0,265	16,17
1	0,60	2	90°	0,242	0,341	16,99
1	0,60	2	180°	0,182	0,248	17,57
1	0,60	2	270°	0,218	0,278	18,77
1	0,60	2	0°	0,110	0,160	16,46
1	0,60	2	90°	0,124	0,174	17,06
1	0,60	2	180°	0,124	0,174	17,06
1	0,60	2	270°	0,133	0,170	18,73
1	0,60	3	0°	0,162	0,210	18,47
1	0,60	3	90°	0,186	0,235	18,95
1	0,60	3	180°	0,253	0,298	20,32
1	0,60	3	270°	0,305	0,366	19,95
1	0,60	3	0°	0,195	0,242	19,29
1	0,60	3	90°	0,151	0,188	19,23
1	0,60	3	180°	0,293	0,347	20,21
1	0,60	3	270°	0,206	0,242	20,38
1	0,60	4	0°	0,294	0,445	15,82
1	0,60	4	90°	0,261	0,347	18,01
1	0,60	4	180°	0,270	0,365	17,68
1	0,60	4	270°	0,338	0,478	16,93
1	0,60	4	0°	0,263	0,365	17,25
1	0,60	4	90°	0,313	0,397	18,87
1	0,60	4	180°	0,270	0,346	18,68
1	0,60	4	270°	0,277	0,371	17,87
1	0,60	5	0°	0,230	0,284	19,39
1	0,60	5	90°	0,282	0,344	19,62
1	0,60	5	180°	0,263	0,314	20,05
1	0,60	5	270°	0,221	0,262	20,19
1	0,60	5	0°	0,270	0,335	19,29
1	0,60	5	90°	0,231	0,282	19,61
1	0,60	5	180°	0,244	0,280	20,86
1	0,60	5	270°	0,241	0,290	19,89
1	0,60	6	0°	0,432	0,460	22,48
1	0,60	6	90°	0,491	0,590	19,92
1	0,60	6	180°	0,330	0,408	19,36
1	0,60	6	270°	0,310	0,352	21,08
1	0,60	6	0°	0,375	0,420	21,37
1	0,60	6	90°	0,278	0,340	19,57
1	0,60	6	180°	0,195	0,282	16,55
1	0,60	6	270°	0,350	0,439	19,09
1	0,60	7	0°	0,440	0,574	18,35
1	0,60	7	90°	0,381	0,503	18,13
1	0,60	7	180°	0,399	0,544	17,56
1	0,60	7	270°	0,442	0,568	18,63
1	0,60	7	0°	0,500	0,638	18,76
1	0,60	7	90°	0,417	0,548	18,22
1	0,60	7	180°	0,374	0,541	16,55
1	0,60	7	270°	0,415	0,527	18,85
1	0,60	8	0°	0,294	0,445	15,82
1	0,60	8	90°	0,261	0,347	18,01
1	0,60	8	180°	0,270	0,365	17,68
1	0,60	8	270°	0,338	0,478	16,93
1	0,60	8	0°	0,263	0,365	17,25
1	0,60	8	90°	0,313	0,397	18,87
1	0,60	8	180°	0,270	0,346	18,68
1	0,60	8	270°	0,277	0,371	17,87

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	POSICIÓN EN GRADOS	VOLTIOS (V)	AMPERIOS (mA)	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (RS), kΩ-cm
2	0,50	1	0°	0,105	0,151	16,65
2	0,50	1	90°	0,309	0,396	18,68
2	0,50	1	180°	0,325	0,435	17,89
2	0,50	1	270°	0,264	0,375	16,85
2	0,50	1	0°	0,318	0,436	17,46
2	0,50	1	90°	0,326	0,458	17,04
2	0,50	1	180°	0,324	0,458	16,93
2	0,50	1	270°	0,359	0,463	18,56
2	0,50	2	0°	0,174	0,221	18,85
2	0,50	2	90°	0,173	0,230	18,01
2	0,50	2	180°	0,166	0,205	19,38
2	0,50	2	270°	0,199	0,215	22,16
2	0,50	2	0°	0,098	0,128	18,33
2	0,50	2	90°	0,163	0,204	19,13
2	0,50	2	180°	0,160	0,188	20,37
2	0,50	2	270°	0,207	0,218	22,73
2	0,50	3	0°	0,218	0,263	19,84
2	0,50	3	90°	0,200	0,266	18,00
2	0,50	3	180°	0,136	0,175	18,60
2	0,50	3	270°	0,291	0,312	22,33
2	0,50	3	0°	0,128	0,172	17,82
2	0,50	3	90°	0,152	0,196	18,56
2	0,50	3	180°	0,169	0,220	18,39
2	0,50	3	270°	0,257	0,277	22,21
2	0,50	4	0°	0,153	0,193	18,98
2	0,50	4	90°	0,170	0,213	19,11
2	0,50	4	180°	0,177	0,223	19,00
2	0,50	4	270°	0,173	0,234	17,70
2	0,50	4	0°	0,229	0,267	20,53
2	0,50	4	90°	0,171	0,212	19,31
2	0,50	4	180°	0,192	0,224	20,52
2	0,50	4	270°	0,153	0,199	18,41
2	0,50	5	0°	0,173	0,206	20,10
2	0,50	5	90°	0,182	0,228	19,11
2	0,50	5	180°	0,154	0,206	17,90
2	0,50	5	270°	0,147	0,208	16,92
2	0,50	5	0°	0,135	0,176	18,36
2	0,50	5	90°	0,176	0,227	18,56
2	0,50	5	180°	0,145	0,195	17,80
2	0,50	5	270°	0,190	0,242	18,80
2	0,50	6	0°	0,159	0,212	17,95
2	0,50	6	90°	0,141	0,215	15,70
2	0,50	6	180°	0,103	0,149	16,55
2	0,50	6	270°	0,129	0,173	17,85
2	0,50	6	0°	0,128	0,162	18,91
2	0,50	6	90°	0,146	0,214	16,33
2	0,50	6	180°	0,140	0,191	17,55
2	0,50	6	270°	0,143	0,183	18,71
2	0,50	7	0°	0,108	0,154	16,79
2	0,50	7	90°	0,311	0,398	18,71
2	0,50	7	180°	0,330	0,434	18,20
2	0,50	7	270°	0,271	0,367	17,68
2	0,50	7	0°	0,324	0,422	18,38
2	0,50	7	90°	0,330	0,444	17,79
2	0,50	7	180°	0,331	0,448	17,69
2	0,50	7	270°	0,368	0,453	19,45
2	0,50	8	0°	0,394	0,418	22,56
2	0,50	8	90°	0,285	0,367	18,59
2	0,50	8	180°	0,408	0,468	20,87
2	0,50	8	270°	0,414	0,502	19,74
2	0,50	8	0°	0,273	0,302	21,64
2	0,50	8	90°	0,259	0,335	18,51
2	0,50	8	180°	0,320	0,372	20,59
2	0,50	8	270°	0,382	0,444	20,60

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	POSICIÓN EN GRADOS	VOLTIOS (V)	AMPERIOS (mA)	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (RS), kΩ-cm
3	0,40	1	0°	0,288	0,363	18,99
3	0,40	1	90°	0,350	0,488	17,17
3	0,40	1	180°	0,277	0,342	19,39
3	0,40	1	270°	0,365	0,417	20,95
3	0,40	1	0°	0,243	0,331	17,57
3	0,40	1	90°	0,274	0,329	19,94
3	0,40	1	180°	0,253	0,305	19,86
3	0,40	1	270°	0,267	0,348	18,37
3	0,40	2	0°	0,350	0,455	18,41
3	0,40	2	90°	0,424	0,538	18,87
3	0,40	2	180°	0,520	0,645	19,30
3	0,40	2	270°	0,542	0,687	18,89
3	0,40	2	0°	0,390	0,514	18,16
3	0,40	2	90°	0,443	0,550	19,28
3	0,40	2	180°	0,495	0,585	20,26
3	0,40	2	270°	0,402	0,508	18,94
3	0,40	3	0°	0,257	0,306	20,11
3	0,40	3	90°	0,268	0,333	19,27
3	0,40	3	180°	0,251	0,302	19,90
3	0,40	3	270°	0,330	0,363	21,76
3	0,40	3	0°	0,311	0,375	19,85
3	0,40	3	90°	0,313	0,351	21,35
3	0,40	3	180°	0,253	0,275	22,02
3	0,40	3	270°	0,291	0,322	21,63
3	0,40	4	0°	0,264	0,347	18,21
3	0,40	4	90°	0,277	0,322	20,59
3	0,40	4	180°	0,320	0,370	20,70
3	0,40	4	270°	0,297	0,365	19,48
3	0,40	4	0°	0,273	0,362	18,05
3	0,40	4	90°	0,369	0,473	18,68
3	0,40	4	180°	0,349	0,395	21,15
3	0,40	4	270°	0,320	0,420	18,24
3	0,40	5	0°	0,310	0,359	20,67
3	0,40	5	90°	0,234	0,275	20,37
3	0,40	5	180°	0,287	0,355	19,35
3	0,40	5	270°	0,306	0,384	19,08
3	0,40	5	0°	0,219	0,253	20,72
3	0,40	5	90°	0,277	0,333	19,91
3	0,40	5	180°	0,245	0,317	18,50
3	0,40	5	270°	0,245	0,332	17,67
3	0,40	6	0°	0,244	0,296	19,73
3	0,40	6	90°	0,272	0,315	20,67
3	0,40	6	180°	0,208	0,249	20,00
3	0,40	6	270°	0,232	0,311	17,86
3	0,40	6	0°	0,337	0,404	19,97
3	0,40	6	90°	0,300	0,345	20,82
3	0,40	6	180°	0,254	0,291	20,90
3	0,40	6	270°	0,335	0,408	19,66
3	0,40	7	0°	0,284	0,347	19,59
3	0,40	7	90°	0,208	0,288	17,29
3	0,40	7	180°	0,249	0,311	19,17
3	0,40	7	270°	0,371	0,405	21,93
3	0,40	7	0°	0,293	0,346	20,27
3	0,40	7	90°	0,235	0,320	17,58
3	0,40	7	180°	0,274	0,344	19,07
3	0,40	7	270°	0,355	0,390	21,79
3	0,40	8	0°	0,450	0,691	15,59
3	0,40	8	90°	0,431	0,518	19,92
3	0,40	8	180°	0,357	0,441	19,38
3	0,40	8	270°	0,477	0,546	20,91
3	0,40	8	0°	0,330	0,435	18,16
3	0,40	8	90°	0,400	0,469	20,42
3	0,40	8	180°	0,392	0,468	20,05
3	0,40	8	270°	0,475	0,566	20,09

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	POSICIÓN EN GRADOS	VOLTIOS (V)	AMPERIOS (mA)	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (RS), kΩ-cm
4	0,35	1	0°	0,486	0,482	24,14
4	0,35	1	90°	0,244	0,253	23,09
4	0,35	1	180°	0,399	0,378	25,27
4	0,35	1	270°	0,384	0,397	23,16
4	0,35	1	0°	0,347	0,325	25,56
4	0,35	1	90°	0,254	0,268	22,69
4	0,35	1	180°	0,318	0,292	26,07
4	0,35	1	270°	0,290	0,275	25,24
4	0,35	2	0°	0,233	0,248	22,49
4	0,35	2	90°	0,345	0,354	23,33
4	0,35	2	180°	0,260	0,280	22,23
4	0,35	2	270°	0,293	0,335	20,94
4	0,35	2	0°	0,242	0,268	21,62
4	0,35	2	90°	0,390	0,427	21,86
4	0,35	2	180°	0,225	0,234	23,02
4	0,35	2	270°	0,267	0,288	22,19
4	0,35	3	0°	0,259	0,298	20,81
4	0,35	3	90°	0,260	0,282	22,07
4	0,35	3	180°	0,274	0,262	25,04
4	0,35	3	270°	0,264	0,303	20,86
4	0,35	3	0°	0,292	0,315	22,19
4	0,35	3	90°	0,294	0,332	21,20
4	0,35	3	180°	0,390	0,355	26,30
4	0,35	3	270°	0,248	0,275	21,59
4	0,35	4	0°	0,308	0,345	21,37
4	0,35	4	90°	0,298	0,383	18,63
4	0,35	4	180°	0,331	0,348	22,77
4	0,35	4	270°	0,219	0,277	18,93
4	0,35	4	0°	0,271	0,288	22,53
4	0,35	4	90°	0,252	0,297	20,31
4	0,35	4	180°	0,428	0,460	22,27
4	0,35	4	270°	0,238	0,288	19,78
4	0,35	5	0°	0,508	0,526	23,12
4	0,35	5	90°	0,422	0,448	22,55
4	0,35	5	180°	0,504	0,520	23,20
4	0,35	5	270°	0,485	0,508	22,86
4	0,35	5	0°	0,434	0,489	21,25
4	0,35	5	90°	0,472	0,520	21,73
4	0,35	5	180°	0,461	0,471	23,43
4	0,35	5	270°	0,511	0,522	23,43
4	0,35	6	0°	0,517	0,563	21,98
4	0,35	6	90°	0,542	0,580	22,37
4	0,35	6	180°	0,533	0,554	23,03
4	0,35	6	270°	0,457	0,492	22,24
4	0,35	6	0°	0,470	0,515	21,85
4	0,35	6	90°	0,570	0,590	23,13
4	0,35	6	180°	0,522	0,547	22,84
4	0,35	6	270°	0,457	0,470	23,28
4	0,35	7	0°	0,266	0,287	22,19
4	0,35	7	90°	0,273	0,259	25,23
4	0,35	7	180°	0,242	0,255	22,72
4	0,35	7	270°	0,305	0,336	21,73
4	0,35	7	0°	0,370	0,390	22,71
4	0,35	7	90°	0,257	0,252	24,41
4	0,35	7	180°	0,237	0,239	23,74
4	0,35	7	270°	0,236	0,255	22,16
4	0,35	8	0°	0,243	0,257	22,63
4	0,35	8	90°	0,354	0,369	22,97
4	0,35	8	180°	0,268	0,297	21,60
4	0,35	8	270°	0,292	0,348	20,09
4	0,35	8	0°	0,254	0,276	22,03
4	0,35	8	90°	0,395	0,431	21,94
4	0,35	8	180°	0,231	0,250	22,12
4	0,35	8	270°	0,277	0,301	22,03

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	POSICIÓN EN GRADOS	VOLTIOS (V)	AMPERIOS (mA)	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (RS), kΩ-cm
5	0,50 + NaCl	1	0°	0,245	0,693	8,46
5	0,50 + NaCl	1	90°	0,213	0,544	9,37
5	0,50 + NaCl	1	180°	0,152	0,428	8,50
5	0,50 + NaCl	1	270°	0,184	0,500	8,81
5	0,50 + NaCl	1	0°	0,148	0,390	9,08
5	0,50 + NaCl	1	90°	0,132	0,353	8,95
5	0,50 + NaCl	1	180°	0,169	0,477	8,48
5	0,50 + NaCl	1	270°	0,126	0,336	8,98
5	0,50 + NaCl	2	0°	0,123	0,293	10,05
5	0,50 + NaCl	2	90°	0,162	0,421	9,21
5	0,50 + NaCl	2	180°	0,152	0,414	8,79
5	0,50 + NaCl	2	270°	0,117	0,307	9,12
5	0,50 + NaCl	2	0°	0,142	0,374	9,09
5	0,50 + NaCl	2	90°	0,193	0,512	9,02
5	0,50 + NaCl	2	180°	0,137	0,375	8,75
5	0,50 + NaCl	2	270°	0,120	0,312	9,21
5	0,50 + NaCl	3	0°	0,127	0,364	8,35
5	0,50 + NaCl	3	90°	0,137	0,368	8,91
5	0,50 + NaCl	3	180°	0,197	0,507	9,30
5	0,50 + NaCl	3	270°	0,156	0,425	8,79
5	0,50 + NaCl	3	0°	0,132	0,370	8,54
5	0,50 + NaCl	3	90°	0,124	0,357	8,31
5	0,50 + NaCl	3	180°	0,141	0,350	9,64
5	0,50 + NaCl	3	270°	0,129	0,349	8,85
5	0,50 + NaCl	4	0°	0,150	0,453	7,93
5	0,50 + NaCl	4	90°	0,183	0,447	9,80
5	0,50 + NaCl	4	180°	0,095	0,250	9,10
5	0,50 + NaCl	4	270°	0,114	0,294	9,28
5	0,50 + NaCl	4	0°	0,121	0,371	7,81
5	0,50 + NaCl	4	90°	0,129	0,318	9,71
5	0,50 + NaCl	4	180°	0,106	0,296	8,57
5	0,50 + NaCl	4	270°	0,124	0,306	9,70
5	0,50 + NaCl	5	0°	0,103	0,264	9,34
5	0,50 + NaCl	5	90°	0,108	0,277	9,33
5	0,50 + NaCl	5	180°	0,125	0,323	9,26
5	0,50 + NaCl	5	270°	0,120	0,324	8,87
5	0,50 + NaCl	5	0°	0,120	0,314	9,15
5	0,50 + NaCl	5	90°	0,131	0,298	10,52
5	0,50 + NaCl	5	180°	0,102	0,295	8,28
5	0,50 + NaCl	5	270°	0,097	0,262	8,86
5	0,50 + NaCl	6	0°	0,118	0,310	9,11
5	0,50 + NaCl	6	90°	0,138	0,363	9,10
5	0,50 + NaCl	6	180°	0,089	0,259	8,23
5	0,50 + NaCl	6	270°	0,119	0,328	8,69
5	0,50 + NaCl	6	0°	0,153	0,401	9,13
5	0,50 + NaCl	6	90°	0,105	0,282	8,91
5	0,50 + NaCl	6	180°	0,113	0,302	8,96
5	0,50 + NaCl	6	270°	0,097	0,267	8,70
5	0,50 + NaCl	7	0°	0,134	0,321	9,99
5	0,50 + NaCl	7	90°	0,136	0,347	9,38
5	0,50 + NaCl	7	180°	0,126	0,358	8,43
5	0,50 + NaCl	7	270°	0,117	0,284	9,86
5	0,50 + NaCl	7	0°	0,151	0,365	9,90
5	0,50 + NaCl	7	90°	0,092	0,255	8,64
5	0,50 + NaCl	7	180°	0,104	0,310	8,03
5	0,50 + NaCl	7	270°	0,146	0,359	9,74
5	0,50 + NaCl	8	0°	0,135	0,400	8,08
5	0,50 + NaCl	8	90°	0,118	0,347	8,14
5	0,50 + NaCl	8	180°	0,115	0,332	8,29
5	0,50 + NaCl	8	270°	0,219	0,534	9,82
5	0,50 + NaCl	8	0°	0,130	0,372	8,37
5	0,50 + NaCl	8	90°	0,113	0,320	8,45
5	0,50 + NaCl	8	180°	0,094	0,311	7,24
5	0,50 + NaCl	8	270°	0,134	0,363	8,84

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL						
GRUPO	RELACIÓN A/C	# CILINDRO	POSICIÓN EN GRADOS	VOLTIOS (V)	AMPERIOS (mA)	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (RS), kΩ-cm
6	0,4 + NaCl	1	0°	0,167	0,278	14,38
6	0,4 + NaCl	1	90°	0,172	0,282	14,60
6	0,4 + NaCl	1	180°	0,229	0,399	13,74
6	0,4 + NaCl	1	270°	0,152	0,302	12,05
6	0,4 + NaCl	1	0°	0,165	0,272	14,52
6	0,4 + NaCl	1	90°	0,155	0,261	14,22
6	0,4 + NaCl	1	180°	0,120	0,219	13,12
6	0,4 + NaCl	1	270°	0,162	0,326	11,90
6	0,4 + NaCl	2	0°	0,221	0,339	15,61
6	0,4 + NaCl	2	90°	0,186	0,290	15,35
6	0,4 + NaCl	2	180°	0,136	0,224	14,53
6	0,4 + NaCl	2	270°	0,167	0,274	14,59
6	0,4 + NaCl	2	0°	0,207	0,318	15,58
6	0,4 + NaCl	2	90°	0,149	0,237	15,05
6	0,4 + NaCl	2	180°	0,128	0,212	14,45
6	0,4 + NaCl	2	270°	0,179	0,283	15,14
6	0,4 + NaCl	3	0°	0,234	0,399	14,04
6	0,4 + NaCl	3	90°	0,212	0,362	14,02
6	0,4 + NaCl	3	180°	0,165	0,299	13,21
6	0,4 + NaCl	3	270°	0,145	0,224	15,50
6	0,4 + NaCl	3	0°	0,206	0,331	14,90
6	0,4 + NaCl	3	90°	0,229	0,374	14,66
6	0,4 + NaCl	3	180°	0,149	0,247	14,44
6	0,4 + NaCl	3	270°	0,201	0,296	16,26
6	0,4 + NaCl	4	0°	0,108	0,206	12,55
6	0,4 + NaCl	4	90°	0,173	0,314	13,19
6	0,4 + NaCl	4	180°	0,205	0,346	14,18
6	0,4 + NaCl	4	270°	0,103	0,217	11,36
6	0,4 + NaCl	4	0°	0,288	0,517	13,34
6	0,4 + NaCl	4	90°	0,123	0,236	12,48
6	0,4 + NaCl	4	180°	0,163	0,284	13,74
6	0,4 + NaCl	4	270°	0,072	0,163	10,57
6	0,4 + NaCl	5	0°	0,159	0,272	13,99
6	0,4 + NaCl	5	90°	0,185	0,297	14,91
6	0,4 + NaCl	5	180°	0,212	0,333	15,24
6	0,4 + NaCl	5	270°	0,198	0,335	14,15
6	0,4 + NaCl	5	0°	0,152	0,257	14,16
6	0,4 + NaCl	5	90°	0,161	0,258	14,94
6	0,4 + NaCl	5	180°	0,199	0,315	15,12
6	0,4 + NaCl	5	270°	0,194	0,327	14,20
6	0,4 + NaCl	6	0°	0,233	0,414	13,47
6	0,4 + NaCl	6	90°	0,130	0,248	12,55
6	0,4 + NaCl	6	180°	0,231	0,436	12,68
6	0,4 + NaCl	6	270°	0,098	0,187	12,55
6	0,4 + NaCl	6	0°	0,146	0,274	12,76
6	0,4 + NaCl	6	90°	0,102	0,200	12,21
6	0,4 + NaCl	6	180°	0,100	0,193	12,40
6	0,4 + NaCl	6	270°	0,140	0,229	14,64
6	0,4 + NaCl	7	0°	0,124	0,224	13,25
6	0,4 + NaCl	7	90°	0,141	0,240	14,06
6	0,4 + NaCl	7	180°	0,258	0,402	15,36
6	0,4 + NaCl	7	270°	0,194	0,370	12,55
6	0,4 + NaCl	7	0°	0,133	0,264	12,06
6	0,4 + NaCl	7	90°	0,123	0,203	14,50
6	0,4 + NaCl	7	180°	0,207	0,345	14,36
6	0,4 + NaCl	7	270°	0,172	0,308	13,37
6	0,4 + NaCl	8	0°	0,125	0,215	13,92
6	0,4 + NaCl	8	90°	0,181	0,323	13,41
6	0,4 + NaCl	8	180°	0,203	0,309	15,73
6	0,4 + NaCl	8	270°	0,173	0,320	12,94
6	0,4 + NaCl	8	0°	0,145	0,245	14,17
6	0,4 + NaCl	8	90°	0,180	0,319	13,51
6	0,4 + NaCl	8	180°	0,206	0,330	14,94
6	0,4 + NaCl	8	270°	0,152	0,262	13,89

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ortiz García, Christian Leonel**, con C.C: 0916343999 autor del trabajo de titulación: **Resistividad Eléctrica Superficial En El Hormigón Como Ensayo No Destructivo, Comparando Contenido De Cloruros Y Resistencia A La Compresión Simple**, previo a la obtención del grado de **MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 28 de mayo del 2026.



f. _____

Nombre: Ortiz García, Christian Leonel

C.C: 0916343999

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Resistividad eléctrica superficial en el hormigón como ensayo no destructivo, comparando contenido de cloruros y resistencia a la compresión simple.		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ortiz García, Christian Leonel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Gilberto Martínez Rehpani, Mgs./Revisor Ing. Yépez Roca, Luis Octavio, MSc./Tutor		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Subsistema de Posgrado		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Ingeniería de la Construcción		
GRADO OBTENIDO:	Magíster en Ingeniería de la Construcción		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 de mayo de 2026	No. DE PÁGINAS:	40
ÁREAS TEMÁTICAS:	Resistividad, resistividad superficial, resistividad volumétrica, resistencia a la compresión simple.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Resistividad, resistividad superficial, resistividad volumétrica, factor de forma, resistencia a la compresión simple.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Este trabajo de investigación estudia la resistividad eléctrica superficial en el hormigón comparándola con el efecto de la inclusión de cloruros a distintos niveles de resistencia a la compresión simple. Para ello se prepararon 6 grupos de 10 cilindros de 100 x 200 mm con diferentes resistencias dadas por su relación a/c. Los 4 primeros grupos se prepararon con relaciones a/c de 0.60, 0.50, 0.40 y 0.35; mientras que a los 2 grupos restantes se les incluyó cloruro de sodio (NaCl) al 1.5% del peso de los agregados contenidos en su dosificación, con relaciones a/c de 0.50 y 0.40. Una vez fundidos los cilindros y curados por 28 días, se dejaron transcurrir 240 días para realizar los ensayos de resistividad eléctrica y de compresión simple. De los resultados para los 4 primeros grupos de cilindros, se obtuvo un factor de correlación entre la resistividad eléctrica y compresión simple muy bajo, mientras que para los 2 grupos de cilindros en los que se les incluyó cloruro de sodio se obtuvo un factor de correlación bastante alto. Los valores finales obtenidos en esta investigación son únicos ya que las publicaciones más recientes sobre resistividad eléctrica y compresión simple se basan en ensayos realizados a los 28 días; mientras que en esta investigación se obtuvieron resultados en los cilindros de hormigón a edades de 268 días.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-986216291	E-mail: christianortizg@hotmail.com christian.ortiz01@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Rommel Yela Acosta	
	Teléfono: +593 995934871	
	E-mail: rommel.yela@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		