

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

**Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> tradicional vs un concreto utilizando escoria de acero parcialmente como agregado fino**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Armando Junior Camarena Flores

**Asesor:**

David Diaz Garamendi

Lima, marzo 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

David Diaz Garamendi, de la Facultad de FIA, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> tradicional vs un concreto utilizando escoria de acero parcialmente como agregado fino.”** constituye la memoria que presenta el Bachiller Armando Camarena Flores para obtener el título de Profesional Ingeniería Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 20 días del mes de Junio del año 2022



---

Ing. David Díaz Garamendi

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **15** día(s) del mes de **marzo** del año 2022 siendo las **11:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Roberto Roland Yoctun Rios**, el secretario: **Mg. Leonel Chahuares Paucar** y los demás miembros: **Ing. Reymundo Jaulis Palomino** y el asesor **Ing. David Diaz Garamendi** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad para un concreto  $f_c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> tradicional vs un concreto utilizando escoria de acero parcialmente como agregado fino".

.....de el(los)/la(las) bachiller(es): a)..... **ARMANDO JUNIOR CAMARENA FLORES**...

..... b) .....

.....conducente a la obtención del título profesional de

..... **INGENIERO CIVIL** .....

(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **ARMANDO JUNIOR CAMARENA FLORES** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B+</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>


Candidato (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Mg. Roberto Roland  
Yoctun Rios

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Mg. Leonel  
Chahuares Paucar

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Ing. David Diaz  
Garamendi

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Reymundo  
Jaulis Palomino

\_\_\_\_\_  
Miembro  
---

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)  
Armando Junior  
Camarena Flores

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)  
---

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y TRABAJABILIDAD PARA UN CONCRETO $f'c = 210$ KG/CM<sup>2</sup> TRADICIONAL VS UN CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARCIALMENTE COMO AGREGADO FINO.**

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESISTANCE TO COMPRESSION, FLEXION AND WORKABILITY FOR A CONCRETE $f'c = 210$ KG/CM<sup>2</sup> TRADITIONAL VS A CONCRETE USING STEEL SLAB PARTIALLY AS FINE AGGREGATE.**

**Camarena, Armando\***

**Díaz, David**

### **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo: determinar la influencia de la escoria como agregado global en la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad para un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Se pretende utilizó la escoria de acero en 10%, 15% y 20% como agregado fino, de esta manera se muestra una alternativa para el uso de materiales reciclados, con el fin de crear un concreto eficiente y económico, así como también amigable con el medio ambiente, donde hay mucha cantidad de escoria de acero, proveniente de talleres y empresas dedicadas a las estructuras metálicas. Esto debido a que utilizan soldadura de acero, con el fin de minimizar la contaminación ambiental, dado que se demostraría que la escoria de acero tendría un buen comportamiento para el desarrollo de un concreto experimental.

El método utilizado es cuantitativo porque las herramientas de recolección de datos utilizadas para cuantificar los resultados, como en el caso de los paneles de observación de datos, utilizan estadísticas inferenciales de los datos obtenidos para demostrar hipótesis. Se concluyó que las pruebas de rotura, desgaste y elasticidad realizadas a los 7, 14 y 28 días proporcionaron el diseño óptimo a usar el 10% para el uso de escoria de acero reciclada en los tres objetivos preestablecidos.

***Palabras clave:*** tres palabras clave: *escoria de acero, resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad.*

## ABSTRACT

The present investigation aims to: determine the influence of slag as a global aggregate on the compressive strength, flexural strength and workability of a concrete  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . It is intended to use steel slag in 10%, 15% and 20% as fine aggregate, thus showing an alternative for the use of recycled materials, in order to create an efficient and economical concrete, as well as environmentally friendly, where there is a lot of steel slag, coming from workshops and companies dedicated to metal structures. This is because they use steel welding, in order to minimize environmental pollution, since it would be demonstrated that the steel slag they would have a good behavior for the development of an experimental concrete.

The methodology used was quantitative since data collection instruments were used that allowed quantifying the results, as is the case of the data observation sheet, using the inferential statistics of the data obtained to be able to demonstrate the hypotheses. As a conclusion, it was established that the rupture, abrasion and elasticity tests carried out at 7, 14 and 28 days, gave that the optimal design to use 10% of recycled steel slag in the three objectives set.

**Keywords:** Steel slag, strength, bending and workability.

## 1. INTRODUCCIÓN (TÍTULOS EN MAYÚSCULA. FUENTE TIMES NEW ROMAN 12 JUSTIFICADO. NEGRILLA. NUMERADO ARÁBIGO)

En la investigación de Díaz[1], se señala que la industria cementera realiza esfuerzos constantes para reducir: el costo de producción del cemento Portland y el consumo de materias primas, proteger el medio ambiente y mejorar la calidad del cemento. Uno de ellos es el uso de ciertos materiales de bajo costo para renovar parcialmente el clínker de cemento Portland. Los materiales baratos utilizados son subproductos industriales y agrícolas (residuos).

En el mundo, el material más utilizado para la construcción es el concreto, tanto por su flexibilidad, resistencia y trabajabilidad como por su resistencia mecánica. Muchos países han desarrollado métodos para mejorar sus propiedades y la investigación sobre el uso de concreto reforzado con fibra de acero permite una aplicación optimizada en la estructura. Estas fibras se presentan como una alternativa más para el diseño y construcción de estructuras que requieran propiedades especiales. Al respecto, Sotil y Zegarra[2] señalan que el uso de concreto reforzado con fibra se ha incrementado en los últimos años en el Perú, desde los pisos rígidos hasta la mejora de la estabilidad del túnel, convirtiéndolo en un material único y más solicitado en el mercado. Asimismo, la fibra de acero está ahora disponible como una alternativa al diseño y construcción de losas industriales, interrumpiendo por completo los métodos convencionales.

De acuerdo al estudio hecho por la Sociedad Pública de Gestión Ambiental IHOBE [3], los mayores residuos generados por estas industrias son las escorias de acero, que es un material fundido formado por las reacciones químicas entre la materia prima, los materiales añadidos al horno y las impurezas oxidadas que se presentan durante el refinado del metal. Además, este estudio afirma que las escorias más usadas y conocidas en el medio de la construcción son las que derivan de la fabricación de hierro y acero, destacándose la escoria de horno de oxígeno básico (BOF) y la escoria de horno eléctrico (EHE o EAF en inglés), las cuales una vez trituradas a una granulometría apropiada presentan propiedades físicas adecuadas para su uso

como árido. Estos tipos de hornos son los métodos más usados para la fabricación del acero a nivel mundial.

La Asociación Latinoamericana de Acero (ALACERO)[4], es la entidad civil sin fines de lucro que reúne a la cadena de valor del acero de América Latina para fomentar los valores de integración regional, innovación tecnológica, excelencia en recursos humanos, seguridad en el trabajo, responsabilidad empresarial y sustentabilidad socio ambiental.

El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (2000), menciona que el concreto debe tomar en cuenta tres criterios para tener una buena funcionalidad: costo de materiales y construcción; durabilidad y buen comportamiento ambiental. Hoy en día confundimos un concreto económico con uno barato, ya que el barato puede ser resistente ante sus sollicitaciones de carga, pero eso no quiere decir que es durable (que no se deteriora por las aguas o sulfatos) ya que a un largo plazo a través de los mantenimientos el costo se va a incrementar; mientras el económico es un concreto durable y resistente que implica un costo inicial mayor en su construcción, pero a largo plazo representa ahorros considerables.

## **2. DESARROLLO**

Para el desarrollo de la investigación, se realizó la revisión sistemática mediante las palabras claves: estudio y desarrollo de un diseño de mezcla, la norma ACI 211 y escoria de acero parcialmente como agregado fino. La búsqueda se realizó en bibliotecas electrónicas, google académico, revistas indexadas, tesis realizadas, artículos y libros personales de construcción, con la finalidad de tener un panorama más amplio sobre la problemática.

Este artículo se basa en la mención del hormigón como base de la investigación, destacando sus propiedades, tipos y composición. Durante el desarrollo, se integró conceptos relacionados con la escoria de acero. El concreto es un material formado a partir de una mezcla, con determinadas propiedades, de cemento, agua, agregados y aditivos opcionales, que inicialmente tiene una estructura plástica y moldeada y que con el tiempo adquiere una consistencia rígida con sus propiedades aislantes y resistentes, que lo convierten en un material ideal para la construcción.

Las escorias son subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales, se les consideran como agregado de óxidos metálicos; la escoria suele utilizarse como mecanismo de eliminación de residuos en la fundición del metal, también sirve para el control de temperatura mientras se realiza la fundición además de minimizar la re oxidación del metal líquido. Normalmente se vuelve a procesar para separar los metales que puedan contener, y así pueden ser utilizado como balasto para el ferrocarril y como fertilizante.

## **3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN**

Teniendo en cuenta el tipo y diseño de la investigación y las características de las variables en estudio, se utiliza el enfoque cuantitativo, utilizando el análisis estadístico inferencial mediante

los ensayos de compresión y flexión. La investigación se realizó para obtener el mejoramiento de las propiedades mecánicas utilizando la escoria de acero parcialmente como agregado fino, ubicado en la ciudad de Lima porque el material en mención abunda por ese sector debido a las fábricas de acero.

La población dependió de una investigación cuasi experimental, por lo que estuvo constituida por probetas cilíndricas de concreto, con el objetivo de mejorar el diseño de mezcla tradicional agregándole escoria de acero que fue utilizado parcialmente como agregado fino, en donde los porcentajes que se propusieron de escoria fue de 10%, 15% y 20%. El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, en la cual se tomó 15 probetas realizadas de manera convencional, y 45 probetas que contuvieron escoria de acero como agregado global del diseño de mezcla.

- Probetas de concreto convencional para ensayo de compresión
  - 3 probetas de concreto ensayadas para los días 7, 14 y 28
- Probetas de concreto con incorporación de escorias de acero (10%, 15% y 20%) para ensayo de compresión
  - 3 probetas de concreto ensayadas para los días 7 días, 14 y 28

Por lo tanto, se tiene como muestra a 36 probetas para el ensayo de la compresión.

- Probetas de concreto convencional para ensayo de flexión
  - 2 probetas de concreto ensayadas para los días 7, 14 y 28
- Probetas de concreto con incorporación de escoria de acero para ensayo de flexión.
  - 2 probetas de concreto ensayadas para los días 7, 14 y 28.

Por lo tanto, se tiene como muestra a 24 probetas para el ensayo de la flexión.

De acuerdo a las características de la presente investigación y los enfoques desarrollados, la técnica que se utilizó es la recolección de datos obtenidos de los ensayos de compresión y flexión en los laboratorios con certificado. El instrumento fue la aplicación a los ensayos de compresión, flexión y trabajabilidad, los cuales se realizaron solamente en los laboratorios que estaban acreditados y con documentación en regla, tal como MATESTLAB S.A.C. El proceso de validación se hizo según los certificados de los ensayos realizados. La validación fue mediante la firma de el (los) ingenieros civiles colegiados habilitados que avalaron los procesos antes mencionados

#### **4. PROPUESTA**

Para determinar la influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la resistencia a la compresión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  se tienen las siguientes hipótesis.

- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): No existe diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la compresión para un concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y un concreto utilizando escoria parcialmente como agregado fino.
- Hipótesis Alterna ( $H_a$ ): Si existe diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la compresión para un concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y un concreto utilizando escoria parcialmente como agregado fino.

Si el p-valor (sig) o significancia de la prueba es menor a  $\alpha$ : se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna o del investigador ( $H_a$ ). De ser lo contrario, se acepta  $H_0$ . Se tomó el valor de significancia  $\alpha = 0.05$ .

### **Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 7 días.**

**Tabla 1** Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días

<b>Tipo de diseño</b>	<b>Número de días</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Diseño patrón optimizado $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7,00	167.00
	7,00	163.00
	7,00	164.00
Diseño patrón optimizado con 10% escoria de acero $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7,00	171.00
	7,00	175.00
	7,00	172.00
Diseño patrón optimizado con 15% escoria de acero $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7,00	150.00
	7,00	148.00
	7,00	152.00
Diseño patrón optimizado con 20% escoria de acero $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7,00	133.00
	7,00	136.00
	7,00	136.00

### **- Análisis de Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 14 días**

**Tabla 2** Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días

<b>Tipo de diseño</b>	<b>Número de días</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
-----------------------	-----------------------	-------------------------------------



	14,00	206.00
Diseño patrón optimizado f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14,00	207.00
	14,00	204.00
	14,00	209.00
Diseño patrón optimizado con 10% escoria de acero f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14,00	209.00
	14,00	207.00
	14,00	192.00
Diseño patrón optimizado con 15% escoria de acero f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14,00	191.00
	14,00	190.00
	14,00	171.00
Diseño patrón optimizado con 20% escoria de acero f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14,00	173.00
	14,00	175.00

### - Prueba de Kruskal Wallis

**Tabla 3** Resultados de la prueba de Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
COMPRESIÓN A 14 DÍAS	
H de Kruskal-Wallis	14,092
gl	3
Sig. asintótica	0,003

Como el p valor Sig asintótica de la prueba H de Kruskal Wallis es igual a 0,003 y menor a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

### - Decisión

Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que existe diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la compresión del diseño tradicional y al menos uno del diseño experimental al añadir escoria de acero parcialmente como agregado fino para un concreto de f<sub>c</sub> = 210 kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 14 días.

### - Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 28 días

**Tabla 4** Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
	28,00	259.00
	28,00	262.00
Diseño patrón optimizado f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28,00	256.00

	28,00	271.00
Diseño patrón optimizado con 10% escoria de acero f'c = 210 kg/cm2	28,00	271.00
	28,00	272.00
	28,00	233.00
Diseño patrón optimizado con 15% escoria de acero f'c = 210 kg/cm2	28,00	238.00
	28,00	236.00
	28,00	199.00
Diseño patrón optimizado con 20% escoria de acero f'c = 210 kg/cm2	28,00	200.00
	28,00	204.00

### - Prueba de Kruskal Wallis

**Tabla 5** Resultados de la prueba de Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
COMPRESIÓN A 28 DÍAS	
<b>H de Kruskal-Wallis</b>	14,264
<b>GI</b>	3
<b>Sig. Asintótica</b>	0,003

Como se aprecia en la tabla 5, el nivel de significancia obtenido en la prueba de H de Kruskal Wallis es menor a 0.05 (Sig. =0,003) por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

### - Decisión

Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que existe diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la compresión del diseño tradicional y al menos uno del diseño experimental al añadir escoria de acero parcialmente como agregado fino para un concreto de f'c = 210 kg/cm2 a una edad de 28 días.

### - Prueba Post hoc T3-Dunnett

**Tabla 6** Prueba Post hoc T3 – Dunnett

Comparaciones múltiples				
Variable dependiente: COMPRESIÓN A 28 DÍAS				
T3 Dunnett				
(I) FACTORES	(J) FACTORES	Diferencia de	Desv.	Intervalo de confianza al
O	O			95%

TRATAMIENTOS	medias (I-J)	Error		Límite inferior	Límite superior	
<b>S</b>						
<b>Mezcla Tradicional</b>	Tratamiento 1 al 10%	-11,50000*	1,45774	,013	-18,8159	-4,1841
	Tratamiento 2 al 15%	24,75000*	1,88746	,000	17,7740	31,7260
	Tratamiento 3 al 20%	59,25000*	1,86525	,000	52,3333	66,1667
<b>Tratamiento 1 al 10%</b>	Mezcla Tradicional	11,50000*	1,45774	,013	4,1841	18,8159
	Tratamiento 2 al 15%	36,25000*	1,25000	,000	30,0663	42,4337
	Tratamiento 3 al 20%	70,75000*	1,21621	,000	64,7516	76,7484
<b>Tratamiento 2 al 15%</b>	Mezcla Tradicional	-24,75000*	1,88746	,000	-31,7260	-17,7740
	Tratamiento 1 al 10%	-36,25000*	1,25000	,000	-42,4337	-30,0663
	Tratamiento 3 al 20%	34,50000*	1,70783	,000	28,2401	40,7599
<b>Tratamiento 3 al 20%</b>	Mezcla Tradicional	-59,25000*	1,86525	,000	-66,1667	-52,3333
	Tratamiento 1 al 10%	-70,75000*	1,21621	,000	-76,7484	-64,7516
	Tratamiento 2 al 15%	-34,50000*	1,70783	,000	-40,7599	-28,2401
<b>*. La diferencia de medias</b>		<b>cativa en el nivel 0.05.</b>				

Sig.

Mediante la prueba de T3 de Dunnett se puede observar claramente que al comparar cada tratamiento con respecto a los demás, se identifica que todos los tratamientos tienen diferencias significativas entre sus medias con respecto al diseño tradicional debido a que los valores de Sig. son iguales a 0.000 y a 0.013, que son menores a 0.05. Frente a estos resultados, se comprobó que si hay influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la resistencia a la flexión para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

- Para determinar la influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la resistencia a la flexión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  se tienen las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nula (Ho): No existe diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la flexión para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y un concreto utilizando escoria parcialmente como agregado fino.
- Hipótesis Alterna (Ha): Si existe diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la flexión para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y un concreto utilizando escoria parcialmente como agregado fino.

Si el p-valor ( $\text{sig}$ )  $< \alpha$  se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna o del investigador (Ha). Si,  $\text{sig} > \alpha$  entonces se acepta Ho. Donde  $\alpha$  es el nivel de significancia y representa el % de error que estamos dispuesto a asumir. Se tomó el valor de significancia  $\alpha = 0.05$ .

### - Análisis Inferencial para la Resistencia a la flexión a los 7 días

**Tabla 7** Resultados de los ensayos a la flexión a los 7 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto Patrón	7,00	29.00
Concreto Patrón	7,00	30.00
Concreto 10 % de escoria de acero	7,00	26.00
Concreto 10 % de escoria de acero	7,00	27.00
Concreto 15 % de escoria de acero	7,00	25.00
Concreto 15 % de escoria de acero	7,00	25.00
Concreto 20 % de escoria de acero	7,00	24.00
Concreto 20 % de escoria de acero	7,00	24.00

### - Prueba de post hoc de Tukey

**Tabla 8** Prueba de post hoc de Tukey

FLEXIÓN A 7 DÍAS				
FACTORES O TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tratamiento 3 al 20%	2	24,0000		
Tratamiento 2 al 15%	2	25,0000	25,0000	
Tratamiento 1 al 10%	2		26,5000	
Mezcla Tradicional	2			29,5000
Sig.		,322	,124	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Mediante la prueba de Tukey se puede visualizar que existe 3 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es, existe diferencias significativas entre sus medias para los tratamientos que están en diferentes subconjuntos, siendo la del diseño tradicional la que mayor diferencia positiva tiene con respecto a los tres tratamientos.

**- Análisis Inferencial para la Resistencia a la flexión a los 14 días**

Tabla 9

*Resultados de los ensayos a la flexión a los 14 días*

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto Patrón	14.00	34.00
Concreto Patrón	14.00	33.00
Concreto 10 % de escoria de acero	14.00	30.00
Concreto 10 % de escoria de acero	14.00	31.00
Concreto 15 % de escoria de acero	14.00	28.00
Concreto 15 % de escoria de acero	14.00	28.00
Concreto 20 % de escoria de acero	14.00	27.00
Concreto 20 % de escoria de acero	14.00	26.00

**- Análisis Inferencial para la Resistencia a la flexión a los 28 días**

Tabla 10

*Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días*

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto Patrón	28.00	40.00
Concreto Patrón	28.00	41.00
Concreto 10 % de escoria de acero	28.00	42.00
Concreto 10 % de escoria de acero	28.00	42.00
Concreto 15 % de escoria de acero	28.00	35.00
Concreto 15 % de escoria de acero	28.00	35.00
Concreto 20 % de escoria de acero	28.00	33.00
Concreto 20 % de escoria de acero	28.00	33.00

**- Prueba de post hoc de Tukey**

Tabla 11

*Prueba de post hoc de Tukey*

FLEXIÓN A 28 DÍAS					
FACTORES O TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
<b>HSD Tukey<sup>a</sup></b>	Tratamiento 3 al 20%	2	33,0000		
	Tratamiento 2 al 15%	2		35,0000	
	Mezcla Tradicional	2			40,5000
	Tratamiento 1 al 10%	2			42,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

**Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.**

**a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.**

Mediante la prueba de Tukey se observa que existe 4 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es, existe diferencias significativas entre sus medias para los tratamientos que están en diferentes subconjuntos, siendo la del tratamiento 1 al añadir el 10% de escoria de acero la que mayor diferencia positiva tiene con respecto al diseño tradicional y a los otros dos tratamientos.

Por último, se identificó como influye la escoria parcialmente como agregado fino en trabajabilidad para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

- Para determinar la influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la trabajabilidad para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  se tienen las siguientes hipótesis:
  - Hipótesis Nula ( $H_0$ ): No existe interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo del mismo que influya en la mejora de la trabajabilidad
  - Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ): Si existe interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo del mismo que influya en la mejora de la trabajabilidad

Si el p-valor (sig) o significancia de la prueba es menor a  $\alpha$  entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa o del investigador ( $H_a$ ). De lo contrario se acepta ( $H_0$ ). Donde  $\alpha$  es el nivel de significancia y representa el % de error que se está dispuesto a asumir. Se tomará el valor de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Tabla 12** Resultados de los ensayos de pérdida de trabajabilidad para diseño con 10% de escoria reciclada

Identificación	Hora de ensayo	Temperatura	Slump
Diseño 10% E.A	10:10 am	27,1°	4"
Diseño 10% E.A	10:40 am	27,4°	3 1/2"
Diseño 10% E.A	11:10 am	27,9°	3"
Diseño 10% E.A	11:40 am	28,5°	2 1/2"
Diseño 10% E.A	12:10 pm	28,5°	1"
Diseño 10% E.A	12:40 pm	---	---

**Tabla 13** Resultados de los ensayos de pérdida de trabajabilidad para diseño con 15% de escoria reciclada

Identificación	Hora de ensayo	Temperatura	Slump
Diseño 15% E.A	10:40 am	26,9°	3 1/2"
Diseño 15% E.A	11:10 am	27,1°	3 "
Diseño 15% E.A	11:40 am	27,8°	2"
Diseño 15% E.A	12:10 pm	27,5°	1 1/2"
Diseño 15% E.A	12:40 pm	---	---
Diseño 15% E.A	1:10 pm	---	---

**Tabla 14** Resultados de los ensayos de pérdida de trabajabilidad para diseño con 20% de escoria reciclada

Identificación	Hora de ensayo	Temperatura	Slump
Diseño 20% E.A	12:20 pm	26,5°	3"
Diseño 20% E.A	12:50 pm	28,4°	2 "
Diseño 20% E.A	1:20 pm	28,8°	1"
Diseño 20% E.A	1:50 pm	---	---
Diseño 20% E.A	2:20 pm	---	---

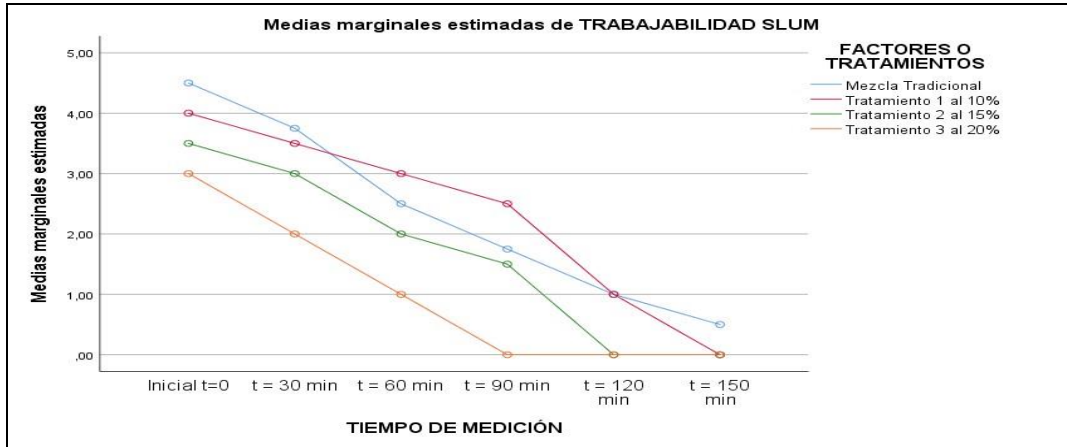
**Tabla 15 Pruebas de efecto inter – sujetos (ANOVA)**

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: TRABAJABILIDAD SLUMP						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
<b>Modelo corregido</b>	100,417 <sup>a</sup>	23	4,366	321,222	,000	
<b>Intersección</b>	161,333	1	161,333	11870,018	,000	
<b>VAR_TRATAMIENTO</b>	14,667	3	4,889	359,698	,000	
<b>VAR_TIEMPO</b>	80,979	5	16,196	1191,600	,000	
<b>VAR_TRATAMIENTO * VAR_TIEMPO</b>	4,771	15	,318	23,401	,000	
<b>Error</b>	,326	24	,014			
<b>Total</b>	262,076	48				
<b>Total corregido</b>	100,743	47				

a. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,994)

De los resultados podemos observar que los valores de sig. son iguales a 0,000 y menores a 0.05 para cada factor y para la interacción. Esto indica que la hipótesis del investigador fue probada y se rechaza la hipótesis nula. Por tanto, se concluye con 5% de significancia que existe un efecto en la trabajabilidad debido a cada factor y a su interacción, frente a esto se infiere que la trabajabilidad se ve afectada tanto por el tipo de tratamiento y el tiempo de medición.

## - Efecto de la interacción



**Figura 1.** Medias marginales estimadas de TRABAJABILIDAD SLUM

La figura 1 de interactividad de los dos factores tratamientos y tiempo, indica que la trabajabilidad del diseño tradicional y del tratamiento con el 10% de escoria de acero son mejores al tratamiento del 15% y 20% respectivamente en todo el tiempo de medición. Así también se concluye que la interactividad del diseño tradicional y el tratamiento 1 del 10% de escoria de acero, después de una hora y antes de dos horas la trabajabilidad del tratamiento 1 es mejor que la del diseño tradicional.

## 5. CONCLUSIONES

- Para determinar la influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la resistencia a la compresión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se toman los valores de la resistencia a la Compresión para cada grupo y nivel de tratamiento a una edad de 7, 14 y 28 días. Se tiene lo siguiente:
  - A los 7 días se concluye que con un nivel de significancia del 5%, al añadir el 10% de escoria de acero parcialmente como agregado fino mejora significativamente las resistencias a la compresión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que los otros dos tratamientos tuvieron un efecto negativo.
  - A los 14 días se concluye que con un nivel de significancia del 5%, al añadir el 10% de escoria de acero como agregado global para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , su media de la resistencia a la compresión permanece invariante respecto al diseño tradicional, mientras que, los otros dos tratamientos tuvieron un efecto negativo.
  - A los 28 días se concluye que con un nivel de significancia del 5%, al añadir el 10% de escoria de acero parcialmente como agregado fino para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , su media de la resistencia a la compresión es significativamente mayor al diseño tradicional entras que, los otros dos tratamientos tuvieron un efecto negativo.
- Para determinar la influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la resistencia a la flexión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se toman los valores de la



resistencia a la flexión para cada grupo y nivel de tratamiento a una edad de 7, 14 y 28 días.

- A los 7 días se concluye que con un nivel de significancia del 5%, al añadir el 10%, 15% o 20% de escoria de acero parcialmente como agregado fino no mejora las resistencias a la flexión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de hecho, disminuyen significativamente.
- A los 14 días se concluye con un nivel de significancia del 5% que, al añadir el 10%, 15% o 20% de escoria de acero como agregado global no mejora las resistencias a la flexión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , de hecho, disminuyen significativamente, sin embargo, notamos que entre los tres tratamientos la del diseño que se añade el 10% de escoria de acero, es la que mejor resistencia a la flexión tiene con respecto al añadir el 15% o 20%.
- A los 28 días se concluye con un nivel de significancia del 5% que, al añadir el 10%, de escoria de acero parcialmente como agregado fino mejora significativamente la resistencia media a la flexión para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con respecto al diseño tradicional, también podemos concluir que al añadir el 15% o 20% de escoria de acero, disminuye significativamente la resistencia a la flexión.
- Para determinar la influencia de la escoria parcialmente como agregado fino en la trabajabilidad para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Se concluye con 5% de significancia que existe un efecto en la trabajabilidad debido a cada factor y a su interacción, esto es la trabajabilidad que se ve afectada tanto por el tipo de tratamiento y el tiempo de medición.
  - Al añadir el 10% de escoria de acero la trabajabilidad no varía con respecto al tradicional. La trabajabilidad del diseño tradicional y del tratamiento con el 10% de escoria de acero son mejores al tratamiento del 15% y 20% respectivamente en todo el tiempo de medición.
  - Para dos tratamientos existe un efecto en la trabajabilidad, debido a que sus medias son menores al tradicional y al tratamiento 1, concluimos a un nivel de significancia del 5% que la trabajabilidad disminuye al añadir el 15% o 20% de escoria de acero
  - Entre el diseño tradicional y el tratamiento 1, no existe diferencia significativa siendo el sig igual a 1 y mayor a 0.05, por tanto, se concluye que al añadir el 10% de escoria de acero la trabajabilidad no varía con respecto al tradicional.
  - La interactividad del diseño tradicional y el tratamiento 1 del 10% de escoria de acero, podemos concluir que después de una hora y antes de dos horas la trabajabilidad del tratamiento 1 es mejor que la del diseño tradicional.

## 5. REFERENCIAS

- [1] O. A. Díaz, “La evolución de la industria del cemento con énfasis en Latinoamérica,” Universidad San Carlos de Guatemala, 2012.
- [2] A. Sotil and J. Zegarra, “Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero ...” 2015, [Online]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>.
- [3] Sociedad Pública de Gestión Ambiental (IHOBE), “Cuentas Anuales e Informe de Gestión 2015,” 2011. [Online]. Available: [https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/cuentas\\_anuales\\_ee\\_sspp/es\\_spe\\_cae/adjuntos/2010\\_VI\\_IHOBE.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/cuentas_anuales_ee_sspp/es_spe_cae/adjuntos/2010_VI_IHOBE.pdf).
- [4] Asociación Latinoamericana de Acero (ALACERO), “Asociación Latinoamericana de Acero.” 2020, [Online]. Available: <https://www.alacero.org>.
- [5] M. Abdullah and E. Jallo, “Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete(English),” *AL-Rafdain Eng. J.*, vol. 20, no. 5, pp. 128–135, 2012, doi: 10.33899/rengj.2012.61048.
- [6] F. Abanto, *Tecnología del concreto*, 3ra Edició. Lima. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018.
- [7] C. Castiblanco and L. Carrero, “Estudio teórico y experimental del comportamiento del hormigón con materiales no convencionales: Fibras de vidrio y fibras de carbono, sometido a esfuerzos de compresión,” Universidad Católica de Colombia, 2015.
- [8] A. Montejo, F. Montejo, and A. Montejo, *Tecnología y patología del concreto armado*. Bogota. Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2013.
- [9] M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, and J. Roa Fernández, “Los composites. Características y aplicaciones en la edificación,” *Inf. la Construcción*, vol. 54, no. 484, pp. 45–62, 2003, doi: 10.3989/ic.2003.v54.i484.568.
- [10] M. Salinas, *Elaboración de Expedientes Técnicos*. Lima, Perú: Fondo Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), 2015.
- [11] Norma ASTM C 31/ C 31M. (2003). -Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto. USA: ASTM Internacional.
- [12] Norma NTP\_400.012. (2002). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global. Norma Técnica Peruana.
- [13] RNE (2017). Reglamento Nacional de Edificaciones. E.060 Concreto Armado. Perú.
- [14] ACI 201.2R-07. (2000).Guide to durable concrete. American Concrete Institute (ACI).
- [11] Jo BW, Kim CH, Lim JH.(2007). Characteristics of cement mortar with nano-SiO2 particles. ACI – Mater
- [12] Iván Tobón, J. (2011). Evaluacion del Desempeño del Cemento Portland adicionado con Nanoparticulas de Silice (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Medellin, -- Colombia.
- [13] Huincho Salvatierra, E. (2011). Concreto de alta Resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.