

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Análisis de la influencia de la Arena de Playa como Alternativa de
Agregado Fino para la Elaboración de Concreto Simple**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Santiago Emanuel Bances Monja

ASESOR

Carlos Rafael Tafur Jimenez

<https://orcid.org/0000-0003-0119-8234>

Chiclayo, 2023

ARTICULO CON FORMATO USAT

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	structurae.net Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	4
Abstract	5
1. Introducción.....	6
2. Materiales y Métodos.....	8
2.1 Materiales.....	8
2.2.1 Cemento.....	8
2.2.2 Agregados	8
2.2.3 Arena de playa	8
2.2. Métodos	9
2.2.1 Diseño de mezcla	9
2.2.2 Ensayos para concreto fresco	10
2.2.3 Ensayos para concreto endurecido.....	11
3. Resultados y Discusión.....	11
3.1 Ensayo de Asentamiento.....	11
3.2 Ensayo contenido de aire	12
3.3 Ensayo peso unitario	12
3.4 Ensayo exudación	13
3.5 Ensayo de tiempo de fraguado	14
3.6 Ensayo de resistencia a la compresión	15
3.7 Ensayo de resistencia a la flexión.....	16
3.8 Ensayo de durabilidad al desgaste.....	17
3.9 Fisuramiento	18
4. Conclusiones	18
5. Referencias.....	19

Resumen

El presente estudio se llevó a tuvo como objetivo principal de determinar la factibilidad del uso de la arena de playa como sustitución total del árido fino para la fabricación de concreto, para ello se determinaron las propiedades en estado fresco como endurecido de los concretos patrones y experimentales, siendo este último en el cual se sustituyó el 100% del agregado fino por arena playa. Se realizaron dosificaciones para concreto patrón y experimental de $f'c$ 175 y 210 kg/cm² además de utilizar los cementos tipo I y V. Los resultados de las pruebas muestran que las propiedades del concreto en el cual se utilizó la arena de playa en estado fresco tienen una variabilidad significativa con respecto a los concretos convencionales esto relacionado con las propiedades de la arena de playa, al contrario de las propiedades en estado endurecido del concreto experimental en las cuales se muestra una disminución esta no es significativa puesto que siguen cumpliendo con los parámetros establecidos.

Palabras clave: Arena de playa, concreto, estado fresco, estado endurecido.

Abstract

The present study was carried out with the main objective of determining the feasibility of using beach sand as a total substitution of fine aggregate for the manufacture of concrete, for which the properties in the fresh and hardened state of the standard and experimental concrete were determined. , being the latter in which 100% of the fine aggregate was replaced by beach sand. Dosages for standard and experimental concrete of f_c 175 and 210 kg/cm² were made, in addition to using type I and V cements. The results of the tests show that the properties of the concrete in which the beach sand was used in Fresh have a significant variability with respect to conventional concrete, this is related to the properties of the beach sand, contrary to the properties in the hardened state of the experimental concrete in which a decrease is shown, this is not significant since they continue to comply with the requirements. set parameters.

Keywords: Beach sand, concrete, fresh state, hardened state.

1. Introducción

La demanda de concreto ha aumentado debido al rápido desarrollo del sector construcción en la última década, este crecimiento está relacionado con el aumento de la población mundial. Se estima el sector construcción a nivel mundial crecerá alrededor de un 42% en la década comprendida entre los años del 2020 y 2030, mientras que en Latinoamérica su crecimiento será del 9.6% [1].

Otra causa del alto consumo del concreto es debido a sus características de versatilidad, confiabilidad y durabilidad, lo cual hace que sea uno de los materiales más utilizados en el ámbito de la construcción de obras civiles en el mundo.

El concreto está conformado principalmente por áridos (arena y grava) y pasta (cemento y agua). Los áridos o también conocidos como agregados conforman aproximadamente del 65 al 70% del volumen de concreto [2]. Esto produce que al existir mayor demanda de concreto la demanda por agregados también aumente, por tal motivo el consumo excesivo de estos agregados provenientes de canteras producirá su agotamiento inevitablemente.

La escasez de agregados principalmente de arena se vio reflejado primero en países desarrollados como China, Australia, e Indonesia donde el consumo de concreto es masivo debido al aumento de las construcciones. Sin embargo, en la última década este problema también se mostró en países en vías de desarrollo como India, Argentina, Puerto rico y Cuba causado por la alta demanda que existe de este árido.

Otro problema relacionado con el uso únicamente de agregados de origen de canteras es su falta de accesibilidad, puesto que las canteras se encuentran en su mayoría de veces ubicadas en las afueras de las regiones lo cual hace que el transporte de estos materiales aumente los costos de los mismo. A su vez cuando ocurren fenómenos naturales esta fuente de extracción quedan inhabilitadas para su explotación lo cual causa pérdidas y retrasos en la ejecución de obras.

Por las razones expuestas anteriormente es necesario encontrar otras alternativas que puedan reemplazar los agregados convencionales para poder utilizarlos en las construcciones civiles principalmente en la elaboración de concreto. Una de estas nuevas fuentes de extracción puede ser las playas en las cuales se puede obtener arena para la elaboración de concreto

La arena de playa despertó un interés inicialmente en países como China, Reino Unido, Australia e India, donde se han realizado investigaciones obteniendo resultados en su mayoría positivos con respecto a la utilización de la arena de playa como agregado fino.

Algunas de estas investigaciones realizadas fueron las de Yeon et. al (2020) en la que se muestra que las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto usando la arena marina aumentaron a comparación del concreto elaborado con agregados convencionales, de la misma forma la investigación realizada por Ponnada et. al (2020) mostraron el aumento de las propiedades mecánicas del concreto utilizando la arena de mar en comparación del concreto convencional.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

2.2.1 Cemento

Los cementos portland utilizados fueron el tipo I el cual se usa para construcciones en general y el tipo V utilizado para obras expuestas a condiciones extremas de sulfatos de acuerdo con la ASTM C150. Los cementos tipo I y V tienen un peso específico de 3140 y 3150 kg/m³ respectivamente.

2.2.2 Agregados

Se llevo a cabo la determinación de las características físicas de los áridos (grueso y fino) los cuales son necesarios para realizar los diseños de mezcla control de acuerdo al ACI 211. En la Tabla 1 se indican los valores obtenidos.

Tabla 1. Propiedades físicas de los áridos grueso y fino

PROPIEDAD	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
TMN (pulg)	-	3/4"
MF	2.917	-
%H	0.69	0.44
%A	0.65	1.02
γ (kg/m ³)	2881	2697
PUSS (kg/m ³)	1592	1399
PUCS (kg/m ³)	1794	1586

2.2.3 Arena de playa

La arena de playa se utilizó como reemplazo total del agregado fino en la presente investigación, esta fue obtenida de la orilla de la playa Pimentel. Previo a ser utilizada para la elaboración de concreto se le realizó un tamizado por una malla de 3/8" para eliminar conchas de mar, astillas de madera u otros objetos además de dejarla secar a

temperatura ambiente. Al igual que a los agregados de cantera se le realizo ensayos para determinar sus propiedades físicas necesarias los cuales se señalan en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades físicas de la arena de playa

PROPIEDAD	ARENA DE PLAYA
MF	0.867
%H	0.57
%A	1.71
γ (kg/m ³)	2755
PUSS (kg/m ³)	1438
PUCS (kg/m ³)	1657

Además, se le realizaron ensayos químicos como se evidencia en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades químicas de la arena de playa

PROPIEDAD	CONCENTRACIÓN (%)
Sales solubles totales	0.12
Cloruros	0.07
Sulfatos	0.05

Los resultados muestran que el contenido de sulfatos solubles es inferior al 0.1% establecido por la NTP 400.037 para su uso en concreto, también se evidencia que el contenido de cloruros es alto sin embargo la NTP 400.037 no pone un parámetro máximo el cual deba cumplir un árido fino para su uso en concreto simple. Esto da viabilidad para el uso de la arena de playa como alternativa de árido fino en la fabricación del concreto.

2.2. Métodos

2.2.1 Diseño de mezcla

En el estudio se realizaron los diseños de mezcla de acuerdo a la norma ACI 211.1 tanto para el concreto de control como para el experimental con los $f'c$ de 175 y 210 kg/cm^2 y los cementos tipo I y V. Las dosificaciones obtenidas se muestran la Tabla 4.

Cabe mencionar que las dosificaciones de los concreto experimentales tuvieron una limitación puesto que el árido fino empleado fue la arena de la playa la cual tiene un módulo de finura de 0.867, lo cual al momento de seleccionar la relación b/b_0 según la metodología del ACI 211.1 este módulo de finura no se encontró por el cual se optó por tomar el límite inferior el cual es de 2.4 ya que como menciona la misma norma estos valores no pueden ser extrapolados.

Tabla 4. Diseños de mezcla $f'c$ 175 y 210 kg/cm^2

DOSIFICACIÓN	C	AF	AG	Agua
Mix 1	1	1.72	1.92	24.03
Mix 2	1	1.82	2.56	25.08
Mix 3	1	1.72	1.92	24.03
Mix 4	1	1.82	2.56	25.08
Mix 5	1	2.33	2.5	27.22
Mix 6	1	2.24	2.99	28.45
Mix 7	1	2.33	2.5	27.22
Mix 8	1	2.24	2.99	28.45

Mix 1: C. Patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo I

Mix 2: C. Experimental $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo I

Mix 3: C. Patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo V

Mix 4: C. Experimental $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo V

Mix 5: C. Patrón $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo I

Mix 6: C. Experimental $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo I

Mix 7: C. Patrón $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo V

Mix 8: C. Experimental $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ -C. Tipo V

2.2.2 Ensayos para concreto fresco

Después de haber obtenido las dosificaciones tanto para el concreto patrón y experimental (uso de arena de playa como sustituto del árido fino), se evaluaron las

propiedades tales como el asentamiento, peso unitario, contenido de aire, tiempo fraguado y exudación, siguiendo los procedimientos de las normas ASTM C143, ASTM C138, ASTM C231, ASTM C403 y ASTM C232 respectivamente.

2.2.3 Ensayos para concreto endurecido

Las propiedades que se determinaron fueron la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, durabilidad a la abrasión y el fisuramiento, todos ellos cumpliendo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C39, ASTM C293, ASTM C944 y ACI 224 respectivamente. Los especímenes que se usaron para las pruebas fueron probetas de 15x30 cm y 10x10 cm, vigas de 15x15x45 cm y losas de 60x60x5 cm.

3. Resultados y Discusión

3.1 Ensayo de Asentamiento

En la tabla 5 se indican los distintos valores de asentamiento para todas las dosificaciones. En los resultados se observan una disminución en la trabajabilidad de los concretos elaborados con arena de playa esto se debe a que este árido tiene una mayor absorción que la arena proveniente de cantera lo cual hace que disminuya el agua que tiene la mezcla [3].

La otra causa de la disminución del asentamiento es que la cantidad de cemento utilizada en el concreto experimental es menor que la del concreto patrón por lo cual también se usó menor cantidad de agua [4].

Tabla 5. Resultado de ensayo de asentamiento.

DOSIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulgadas)
Mix 1	3.6
Mix 2	3.4
Mix 3	3.8
Mix 4	3.7
Mix 5	3.5
Mix 6	3.1

Mix 7	3.9
Mix 8	3.6

A pesar de ello el asentamiento de los concretos tanto patrón y experimental se mantuvieron en el rango de 3-4 pulgadas, con ello podemos concluir que el reemplazo total del árido fino por la arena de playa que a pesar que disminuye la trabajabilidad esta se mantiene en el rango plástico.

3.2 Ensayo contenido de aire

En la tabla 6 se muestran los contenidos de aire en las diferentes dosificaciones de concreto. Las dosificaciones de mezcla fueron diseños con la metodología establecida con la norma ACI 211.1. en los cuales se tomó un contenido de aire atrapado de 2% como referencia.

El aumento del contenido de aire de las mezclas elaboradas con arena de playa está relacionado a que esta propiedad del concreto tiene afinidad con la cantidad de partículas finas que contenga un agregado fino [5]. Las partículas que se contengan entre las mallas N°30 y N°100 generan pequeñas burbujas de aire produciendo así el aumento del contenido de aire en una mezcla [6].

Tabla 6. Resultado de ensayo contenido de aire.

DOSIFICACIÓN	CONTENIDO DE AIRE
Mix 1	1.40%
Mix 2	3.50%
Mix 3	1.50%
Mix 4	3.60%
Mix 5	1.40%
Mix 6	4.00%
Mix 7	1.30%
Mix 8	4.00%

3.3 Ensayo peso unitario

Los resultados si indican en la tabla 7 en la cual se puede observar que el peso unitario de los concreto experimentales presentan una disminución esto se debe a que la arena de playa tiene un menor peso específico que la arena de proveniente de cantera [4]. A demás estos concretos como se mencionó anteriormente tienen un mayor del contenido de aire lo cual también influye en la disminución peso unitario.

Por otro parte, también se muestra que los concretos elaborados con arena de playa tienen un mayor rendimiento en comparación con los concretos patrones, lo cual son indicador de que estos son más económicos que los concretos elaborados con áridos de cantera.

Tabla 7. Resultados de peso unitario

DOSIFICACIÓN	PESO UNITARIO (kg/m3)	RENDIMIENTO
Mix 1	2463.31	0.953
Mix 2	2379.80	0.993
Mix 3	2354.47	0.997
Mix 4	2326.07	1.016
Mix 5	2357.43	0.979
Mix 6	2349.09	1.006
Mix 7	2334.06	0.989
Mix 8	2320.07	1.018

A pesar que los concretos experimentales tienen una disminución en su peso unitario este sigue siendo un concreto de peso normal, puesto que según NRMCA un concreto de peso normal tiene un peso unitario que oscila entre los 2240 a 2400 kg/m³ [7].

3.4 Ensayo exudación

Como se puede constatar en la tabla 8, el uso de la arena de playa generó un aumento en la exudación de los concretos en la cual se utilizó. Los resultados del ensayo muestran que los concreto elaborados con el cemento tipo V tiene una mayor exudación que los que fueron elaborados con el cemento tipo I, esto se debe a su composición de los dos tipos cementos.

Por otra parte, también se evidencia que los concretos de resistencia 175 kg/cm² tienen una mayor exudación que los concretos de resistencia 210 kg/cm²; en consecuencia, que a menor contenido de cemento tiene la mezcla mayor es la exudación que produce.

Tabla 8. Resultados de ensayo de exudación

DOSIFICACIÓN	EXUDACIÓN
	(%)
Mix 1	0.50
Mix 2	4.43
Mix 3	0.87
Mix 4	5.23
Mix 5	0.82
Mix 6	6.25
Mix 7	1.03
Mix 8	5.41

Si bien la exudación no es una patología del concreto si es propiedad a la cual hay que tener un adecuado control para evitar el deterioro del concreto en un futuro.

3.5 Ensayo de tiempo de fraguado

Los tiempos de fraguado de las diferentes mezclas se indican en la tabla 9. Como se puede notar en los resultados existe un retraso en el tiempo de fraguado tanto inicial como final en los concreto elaborados con arena de playa, esto se debe a que la arena de playa tiene iones de cloruros como el NaCl y CaCl₂ los cuales reaccionan con C₃A y Ca(OH)₂ en el proceso de hidratación del cemento produciendo así que el tiempo de fraguado se [8].

Tabla 9. Resultado de ensayo tiempo de fraguado

DOSIFICACIÓN	TIEMPO DE FRAGUADO (min)	
	INICIAL	FINAL
Mix 1	278.20	359.12
Mix 2	243.10	316.58
Mix 3	252.39	337.20

Mix 4	234.84	308.06
Mix 5	289.74	376.24
Mix 6	267.85	344.56
Mix 7	261.76	364.58
Mix 8	251.42	338.04

3.6 Ensayo de resistencia a la compresión

Esta propiedad de los concretos patrones y experimentales se evaluaron a las edades de 7,14 y 28 días, como se especifica en las tablas 10 y 11, se diseñaron dos resistencias de 175 y 210 kg/cm².

Tabla 10. Resultados de resistencia a la compresión f'c 210 kg/cm².

TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²) / EDAD (días)		
	7	14	28
Mix 1	209.21	226.58	249.78
Mix 2	210.96	219.05	230.65
Mix 3	151.57	195.12	255.19
Mix 4	157.49	184.70	236.56

Tabla 11. Resultados de resistencia a la compresión f'c 175 kg/cm²

TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²) / EDAD (días)		
	7	14	28
Mix 5	144.19	163.51	197.49
Mix 6	146.37	156.21	188.07
Mix 7	101.18	127.71	193.19
Mix 8	120.99	139.04	182.27

Los hallazgos alcanzados demuestran que la resistencia a la compresión de los concreto se incrementa conforme pasa el tiempo para todas las mezclas, pero también se puede evidenciar que los concretos en los cuales se utilizó la arena de mar como árido fino su resistencia disminuyó en contraste con el concreto patrón.

La disminución de la resistencia se puede explicar a partir que los concreto experimentales utilizaron una menor cantidad de cemento que los concretos patrones. Si bien la resistencia a la compresión de los concretos experimentales fue menor esta supera a las resistencias por los cuales fueron diseñadas inicialmente, por lo cual estarían cumpliendo.

Por otro parte se observa una tendencia la cual es que a edades tempranas los concretos elaborados con arena de playa tienen una mayor resistencia que los concretos elaborados con agregado fino proveniente de cantera; sin embargo, conforme pasa el tiempo esta resistencia va decayendo.

3.7 Ensayo de resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una forma de medir la resistencia a la tracción que tiene un concreto y este se cuantifica como Módulo de Rotura (MR), en las tablas 12 y 13 se evidencian los valores del ensayo el cual se evaluó a los 28 días para todos los tipos de concreto.

Según la NRCMA la resistencia a la flexión se encuentra fluctúa entre un 10 y 20% de la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta que esto depende de la clase, tamaño y volumen del árido grueso empleado; no obstante, para determinar una relación más exacta para materiales específicos se logra por medio de pruebas de laboratorio utilizando los materiales en cuestión y el diseño de mezcla [9].

Tabla 12. Resultado resistencia a la flexión $f'c$ 210 kg/cm².

TIPO DE CONCRETO	Módulo de rotura(kg/cm²)	Relación MR/f'c (%)
Mix 1	43.17	17.28%
Mix 2	41.55	18.01%
Mix 3	40.74	15.96%
Mix 4	37.83	15.99%

Tabla 13. Resultado resistencia a la flexión $f'c$ 175 kg/cm².

TIPO DE CONCRETO	Módulo de rotura(kg/cm²)	Relación MR/f'c (%)
Mix 5	38.51	19.50%
Mix 6	35.06	18.64%
Mix 7	38.44	19.90%
Mix 8	34.79	19.09%

Como se muestra en los resultados existe una disminución en el módulo de rotura de los concretos elaborados con arena de playa esto está relacionado con que su resistencia a la compresión también fue menor; sin embargo, se evidencia que se está cumpliendo el parámetro establecido por la NRCMA ya que la relación entre el módulo de rotura y el $f'c$ se encuentra entre el 10 y 20%.

3.8 Ensayo de durabilidad al desgaste

Los resultados de la prueba de durabilidad al desgaste se indican en la tabla 14. Como se puede observar los concretos elaborados con arena de playa tuvieron un mayor desgaste en comparación de los concretos patrones, esto se debe a que la durabilidad al desgaste está vinculada con la capacidad de resistencia a la compresión de un concreto.

Tabla 14. Resultado de durabilidad al desgaste.

TIPO DE CONCRETO	DESGASTE (%)
Mix 1	0.14
Mix 2	0.17
Mix 3	0.12
Mix 4	0.15
Mix 5	0.16
Mix 6	0.19
Mix 7	0.17
Mix 8	0.19

3.9 Fisuramiento

El fisuramiento fue evaluado durante un periodo de 28 días mediante la norma ACI 224 y para ello se realizaron losas de concreto de dimensiones 60x60x5 cm.

No se encontraron fisuras ni en las losas elaboradas con el concreto patrón ni experimental durante el periodo de evaluación, las razones por lo cual esto sucedió es que las losas fueron curadas durante 7 días mediante sumersión total en agua, la temperatura ambiente cuando se elaboraron era de un promedio de 23°C y no hubo reacción química con respecto a los sulfatos puesto como ya se mencionó anteriormente la concentración de sulfatos es insignificante en la arena de playa.

4. Conclusiones

Las propiedades físicas de la arena de playa son: 0.867, 0.57%, 1.71%, 2755 kg/m³ las cuales corresponden a su módulo de fineza, contenido de humedad, porcentaje de absorción y peso específico, todas cumpliendo a excepción del módulo finura el cual es muy por debajo del límite inferior de 2.3 establecido por la ASTM C33.

Las propiedades químicas de la arena de playa son: 0.12%, 0.07% y 0.05% correspondientes a sales solubles totales, cloruros solubles y sulfatos solubles, si bien no existe un parámetro para la concentración de cloruros para concreto simple se demostró en esta investigación que una alta concentración de estos iones si afecta a las propiedades del concreto simple.

Las propiedades en estado fresco de los concretos elaborados con arena de playa muestran una variabilidad con respecto a los concretos patrones, todas relacionadas con las propiedades de este árido. La trabajabilidad disminuyó debido a la absorción de la arena de playa, el contenido de aire y exudación incrementaron debido al módulo de finura bajo que este árido tiene, el peso unitario se redujo puesto que el peso específico de la arena de playa es menor a la del árido fino de cantera y por último el tiempo de fraguado se acortó debido a la alta concentración de cloruros presentes en la arena de playa.

Las propiedades mecánicas de los concreto experimentales si bien muestran una reducción en su resistencia en comparación con el concreto convencional, estas siguen cumpliendo puesto que pasan la resistencia de diseño establecida.

5. Referencias

- [1] C. Quiroga. (2021, Octubre 4). Construcción crecerá un 42% a 2030 [Online]. Available: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/construccion-crecera-un-42-a-2030/8015281.article>
- [2] M. León y F. Ramírez, “Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes”. *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 25, no. 2, pp. 215-240, 2010. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732010000200003>
- [3] P. Alejos y M. Fernandez, M. High-Performance Concrete: Requirements for Constituent Materials and Mix Proportioning. *ACI Materials Journal*, vol, 93, no. 3, pp. 233-241, 1996
- [4] J. Chan, R. Solís y E. Morena, “Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto”. *Ingeniería*, vol. 7, no. 2, pp. 39-46, 2003.
- [5] A.M. Neville y J.J. Brooks, *Concrete Technology*. Editorial Pearson. 2010
- [6] R. Dhakar. (2022, May 01). What Factors Affects Air Content of Concrete? Civil Engineering Panel [Online]. Available: <https://civilpanel.com/what-factors-affects-air-content-of-concrete/>
- [7] NRMCA, “CIP-36 Concreto estructural de peso liviano”, Estados Unidos, 2020, <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP36es.pdf>
- [8] S. Ouyang et al., “Effects of chlorides on setting time, hydration heat and hydration products of fresh slurry of cemented paste backfill”. *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01462>

[9] NRMCA, “CIP-16 Resistencia a la flexión del concreto”, Estados Unidos, 2017, <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>