



**Universidad Científica del Perú - UCP**

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,  
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA PROGRAMA ACADÉMICO DE**

**INGENIERÍA CIVIL**

**TÍTULO PROFESIONAL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO CEMENTO  
– ARENA ELABORADO CON 5 MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO  
I, IQUITOS-2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**BACH. MARIA DEL CARMEN MENDEZ DOMINGUEZ**

**BACH. CHRISTIAN GONZALES PAREDES**

**ASESOR:**

**ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA, MSc.**

**LORETO-IQUITOS – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mi madre, pues sin ella no lo habría logrado.

A mi padre, hermano y esposo que desde el cielo me iluminan para seguir avanzando y a todas las personas que formaron parte de mi trabajo de investigación.

***MARÍA DEL CARMEN MÉNDEZ DOMÍNGUEZ***

Este informe va dedicado a mi esposa Cinthya y a mis hijos Christian William y Alison Alessia, estando siempre en mi corazón haciendo que me esfuerce cada día más por ellos y así poder lograr mis metas.

***CHRISTIAN GONZALES PAREDES***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios quien me ha guiado y me ha brindado la fortaleza necesaria para seguir adelante a lo largo de este maravilloso camino.

Al asesor Ing. Ulises Irigoin Cabrera por su apoyo constante durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

***MARÍA DEL CARMEN MÉNDEZ DOMÍNGUEZ***

A los docentes de nuestra alma máter por los conocimientos impartidos a lo largo de nuestra formación académica.

Y a todas las personas que de una u otra forma fueron partícipes en nuestro camino profesional.

***CHRISTIAN GONZALES PAREDES***

# CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO



*“Año de la Unidad, la paz y el desarrollo”*

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente de Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

El Trabajo de Investigación titulado:

**“CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO CEMENTO  
– ARENA ELABORADO CON 5 MARCAS DE CEMENTO PORTLAND  
TIPO I, IQUITOS-2023”**

De los alumnos: **MARIA DEL CARMEN MENDEZ DOMINGUEZ Y  
CHRISTIAN GONZALES PAREDES**, de la Facultad de Ciencias e  
Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software  
Antiplagio, con un porcentaje de **21% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que  
estime conveniente.

San Juan, 16 de Octubre del 2023.

**Arq. Jorge L. Tapullima Flores**  
Presidente del comité de Ética - UCP

CJRA/ri-a  
329-2023

# ACTA DE SUSTENTACIÓN



FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°756-2023-UCP-FCEI del 16 de Noviembre del 2023, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los señores:

- |                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Agulla, Dra. | Presidente |
| • Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.          | Miembro    |
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.             | Miembro    |

Como Asesor: Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 19:30 horas del día Lunes 20 de Noviembre del 2023, de manera presencial supervisado por el Secretario Académico del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú., se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional: “**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA ELABORADO CON 5 MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS-2023**”.

Presentado por los sustentantes: **MARIA DEL CARMEN MENDEZ DOMINGUEZ Y CHRISTIAN GONZALES PAREDES**

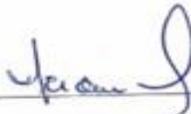
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: *Absueltos*

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: *Aprobado por Unanimidad*

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

Contáctanos:

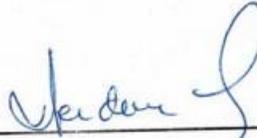
Iquitos – Perú  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú  
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640  
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compañon 933

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe

HOJA DE APROBACIÓN

Trabajo de suficiencia profesional sustentada en acto publico el día Lunes 20 de Noviembre del 2023, a las 19:30 Horas, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Aguila. Dra.



\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.



\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.



\_\_\_\_\_  
ASESOR

Ing. Ulises Octavio Irigoín Cabrera, M. Sc.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
1.1.    Antecedentes de la Investigación.....	1
1.2.    Bases Teóricas .....	13
1.2.1.    Reseña histórica del concreto .....	13
1.2.2.    Definición del concreto .....	14
1.2.3.    Componentes del concreto .....	15
1.2.3.1.    Cemento.....	15
1.2.3.1.1.    Componentes principales del cemento Portland.....	16
1.2.3.1.2.    Límites de hidratación de la pasta.....	16
1.2.3.2.    Agua .....	17
1.2.3.2.1.    Tipos de Agua y su utilización .....	19
1.2.3.3.    Agregados .....	21
1.2.3.3.1.    Granulometría de los agregados finos: .....	25
1.2.4.    Proceso de hidratación de la pasta .....	28
1.2.4.1.    Microestructura de la pasta endurecida.....	30
1.2.5.    Relación entre el tipo de concreto y la resistividad eléctrica .....	35
1.2.6.    Adiciones en el concreto y su influencia en la resistividad eléctrica .....	39
1.2.7.    Propiedades del Concreto .....	40
1.2.7.1.    Propiedades en estado fresco .....	40
1.2.8.    Marcas y tipos de cementos Portland comercializados en Iquitos-Perú .....	51

1.2.8.1.	Cemento Inka .....	51
1.2.8.2.	Cemento APU .....	53
1.2.8.3.	Cemento Amazónico .....	55
1.2.8.4.	Cemento Andino Premium.....	56
1.2.8.5.	Cemento Andino Forte.....	58
	Definición de términos básicos.....	61
<b>CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>		<b>63</b>
2.1.	Descripción del problema .....	63
2.2.	Formulación del problema.....	64
2.2.1.	Problema General .....	64
2.2.2.	Problemas Específicos .....	64
2.3.	Objetivos .....	65
2.4.	Hipótesis .....	67
2.4.1.	Hipótesis General.....	67
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	67
2.5.	Variables.....	67
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>		<b>71</b>
3.1.	Tipo y diseño de la Investigación .....	71
3.1.1.	Tipo de investigación.....	71
3.1.2.	Diseño de investigación .....	71
3.2.	Población y muestra .....	72
3.2.1.	Población.....	72
3.2.2.	Muestra.....	72
3.3.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	73
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos .....	73
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	73
3.3.3.	Procedimientos de recolección de datos .....	74
3.4.	Procesamiento y análisis de datos.....	82
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>		<b>82</b>
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>107</b>
5.1.	Discusión de resultados .....	107
5.2.	Conclusiones .....	108
5.3.	Recomendaciones.....	112

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXOS 121</b>	
<b>PANEL FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>122</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1.	Componentes principales del cemento Portland y sus proporciones porcentuales .....	<b>16</b>
<i>Tabla 2.</i>	Límites usuales de composición del cemento Portland .....	<b>17</b>
<i>Tabla 3.</i>	Valores máximos aceptados en el agua para elaborar concretos .....	<b>18</b>
<i>Tabla 4.</i>	Límites máximos de sustancias en agua potable .....	<b>19</b>
<i>Tabla 5.</i>	Límites máximos de sustancias en Agua no Potables .....	<b>20</b>
Tabla 6.	Clases de mezclas según asentamiento .....	<b>44</b>
Tabla 7.	Características Técnicas: Requisitos normalizados – NTP 334.082 / ASTM C 1157 .....	<b>55</b>
Tabla 8.	Propiedades Físicas y Químicas .....	<b>57</b>
Tabla 9.	Propiedades Físicas y Químicas del Cemento Andino Forte	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.	Ilustración de Ettingita rellenando un poro .....	29
Figura 2.	Pasta de cemento hidratada: Ca (OH) <sub>2</sub> y C-S-H .....	31
Figura 3.	Cono de Abrams .....	43
Figura 4.	Pueba de revenimiento - Slump .....	44
Figura 5.	Esquema de segregación .....	46
Figura 6.	Esquema de exudación del concreto .....	48

## RESUMEN

Esta investigación de tipo descriptiva correlacional y de diseño no experimental, tuvo como objetivo determinar las “Características en estado fresco del concreto cemento-arena elaborado con 5 marcas de cemento Portland tipo I y su relación con la resistencia a la compresión evaluada a los 7 días de curado”; para cuyo propósito se utilizó arena de un módulo de finura de 1.46; una sola relación  $a/c = 0.60$  y una mezcla para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Los resultados de los ensayos de asentamiento fueron de  $5 \frac{1}{2}$ ", 5",  $5 \frac{1}{4}$ ", 6" y  $5 \frac{1}{2}$ "; temperatura de  $31.80^\circ\text{C}$ ,  $33.40^\circ\text{C}$ ,  $32.00^\circ\text{C}$ ,  $31.50^\circ\text{C}$  y  $30.60^\circ\text{C}$ ; contenido de aire de 9.80%, 8.80%, 9.60%, 9.50% y 7.20%; y, de exudación, fueron de 3.115%, 2.517%, 2.575%, 3.094% y 3.012%; alcanzando resistencias promedio de  $211 \text{ kg/cm}^2$ ,  $215 \text{ kg/cm}^2$ ,  $249 \text{ kg/cm}^2$ ,  $213 \text{ kg/cm}^2$  y  $284 \text{ kg/cm}^2$  para las mezclas preparadas con cemento Inka tipo Ico, Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte tipo MH/R y Andino Premium Tipo I, respectivamente. La muestra estuvo conformada por 40 probetas, se evaluó la normalidad de los datos y se aplicó la prueba estadística de Correlación de Pearson, con un nivel de confianza de 95%, llegándose a confirmar que las propiedades en estado fresco del concreto difieren para las diferentes marcas de cemento Portland; y, asimismo, éstas influyen sobre la resistencia a la compresión; quedando confirmada la hipótesis en el sentido de existencia de variación en estas propiedades según marcas de cemento, correspondiendo al Andino Premium Tipo I, la mejor resistencia a los 7 días de curado.

**Palabras clave:** Concreto cemento-arena; estado fresco, resistencia.

## ABSTRACT

This descriptive correlational research and non-experimental design, aimed to determine the "Fresh characteristics of cement-sand concrete made with 5 brands of Portland type I cement and its relationship with the compressive strength evaluated at 7 days." curing"; for which purpose sand with a fineness modulus of 1.46 was used; a single ratio  $w/c = 0.60$  and a mixture for  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ . The results of the settlement tests were  $5\frac{1}{2}$ ", 5",  $5\frac{1}{4}$ ", 6" and  $5\frac{1}{2}$ "; temperature of  $31.80^\circ\text{C}$ ,  $33.40^\circ\text{C}$ ,  $32.00^\circ\text{C}$ ,  $31.50^\circ\text{C}$  and  $30.60^\circ\text{C}$ ; air content of 9.80%, 8.80%, 9.60%, 9.50% and 7.20%; and exudation were 3.115%, 2.517%, 2.575%, 3.094% and 3.012%; reaching average resistances of  $211\text{kg/cm}^2$ ,  $215\text{kg/cm}^2$ ,  $249\text{ kg/cm}^2$ ,  $213\text{ kg/cm}^2$  and  $284\text{kg/cm}^2$  for the mixtures prepared with cement Inka type Ico, Amazonian type GU, APU Type GU, Andino Forte type MH/R and Andean Premium Type I, respectively. The sample consisted of 40 test tubes, the normality of the data was evaluated and the Pearson Correlation statistical test was applied, with a confidence level of 95%, confirming that the properties in the fresh state of the concrete differ for the different Portland cement brands; and, likewise, they influence the resistance to compression; confirming the hypothesis in the sense of the existence of variation in these properties according to cement brands, corresponding to Andino Premium Type I, the best resistance at 7 days of curing.

**Keywords:** Cement-sand concrete; fresh state, resistance.

## CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de la Investigación

Con fines de mejorar la resistencia del concreto, diversos autores, han propuesto alcanzarla, e inclusive predecir su durabilidad a partir del estudio de sus propiedades en estado fresco; así, algunos investigadores efectuaron ensayos relacionados a la consistencia del concreto en estado fresco, estudiando la forma, tamaño y textura del agregado grueso. En este sentido, (Guillen y Llerena 2020) lo confirman en su estudio en el que utilizaron piedra chancada de forma irregular y textura áspera y el otro la grava de forma redondeada y textura lisa con diferentes granulometrías ( $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ ", 1" y 1  $\frac{1}{2}$ " ), y por los resultados obtenidos llegaron a concluir que, la forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto.

(Yam, Carcaño y Moreno 2003 ), en su tesis "Características de los agregados pétreos en las características del concreto", afirman que el concreto es un material compuesto, en el cual existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos, siendo éstas de carácter física y químico, producen diferentes efectos tanto en la trabajabilidad del concreto como en su comportamiento en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio; concluyendo que los agregados influyen en las características del concreto endurecido, tanto por su propia resistencia como la calidad y tamaño de las partículas sobre todas aquellas que facilitan la adherencia aunque generalmente va acompañado de mayor desgaste, estos agregados por su característica permite la utilización de la menor cantidad de pasta de cemento, producirán un concreto con mayor estabilidad volumétrica .

Contreras (2014 ), afirma que el agregado grueso es uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención en peso tiene en las mezclas (43% en ambos diseños de su investigación), y señala que la forma angular y textura áspera de la piedra chancada, permiten en el concreto fresco una buena adhesión del agregado con la pasta del cemento y le brinda a la mezcla menor asentamiento (de 3" a 4" en esta investigación), sin embargo el asentamiento con la con grava de rio varía entre 8% y 16%, esto debido a su forma redondeada y textura lisa.

De forma similar, Abril y Ramos (2017), pudieron comprobar que la resistencia del concreto es afectada cuando se usan agregados gruesos de distinto origen; así, grava extraída de un depósito aluvial contribuye a que el concreto soporte cargas superiores (3115 psi), a diferencia del material de origen montañoso con el cual se alcanzó tan solo una resistencia de 2652 psi, es decir no cumplió con el diseño de la mezcla. Identificaron cual es la incidencia que tiene el origen del agregado grueso en la resistencia del concreto cuando completa su tiempo de fraguado (a los 28 días). Para determinar la incidencia del origen de la roca y hacer la comparación se tomaron 2 canteras de forma aleatoria cercanas a Bogotá que produjeran agregados para la construcción y que tuvieran distinto origen, por lo cual los dos materiales seleccionados fueron: uno de peña proveniente del municipio de Mosquera en el departamento de Cundinamarca, el cual es producto de explotación mecánica y otro es extraído del rio Guayuriba ubicado en Villavicencio en el departamento del Meta , este material es sometido a un proceso de trituración posterior a su extracción. Teniendo en cuenta que las propiedades físicas encontradas en la grava de las dos canteras son diferentes, se realiza un diseño de mezcla único para los 40 especímenes, es decir, 20 muestras cilíndricas con cada uno de los tipos de agregados, con el fin de someterlas a ensayo a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días.

En términos de trabajabilidad la grava extraída de Mosquera resulto ser más frágil y susceptible en su manipulación en la mezcla del concreto en estado fresco, presentando constantes fracturas del agregado, y mayor absorción.

En la misma línea de investigación (Ferreira y Torres 2014 ), estudiaron directamente a los agregados que integran la mezcla, en su tesis denominada “ Caracterización física de agregados pétreos para concretos caso: Vista hermosa (Mosquera ) y mina Cemex (Apulo) Colombia “ , para lograr sus objetivos propuestos , realizaron la comparación de los resultados de los ensayos realizados a las muestras de dos canteras , así mismo observaron sus propiedades físicas encontrando diferencias, las mismas que afirmaron ser fundamentales porque, son parte de la calidad de los agregados, pues resultan determinantes para la variación de las propiedades físicas de las muestras en su petrografía de origen, y afecta directamente su composición.

En cuanto a elementos que conforman el concreto, algunas investigaciones y estudios similares a esta investigación afirman que para disminuir la segregación en una mezcla de concreto se debe distribuir adecuadamente el agregado mediante el cuarteo y luego el tamizado luego de las veinticuatro horas de haber estado en contacto con el agua según estudios realizados por (Héctor Vera S. 2017) en su tesis denominada “Diseño exploratorio de mezclas de concreto utilizando arenas finas”.

En este sentido (Barba y García 2019) (6), en su búsqueda por encontrar diseños óptimos para la elaboración de concretos livianos, realizaron diferentes diseños de mezcla, mediante un estudio de tipo experimental, en el que usaron perlas de poliestireno, manteniendo una resistencia a la compresión aceptable, según el Portland Cement Association. Por otro lado,

todas las pruebas de compresión y tracción calculadas con el coeficiente de variación obtuvieron valores menores que el 5%, lo que nos indicó dispersión baja, entre testigos.

Guevara et al (2012), estudiaron la relación agua-cemento (A/C) en la preparación de concreto. Los autores hicieron varias pruebas cambiando el volumen del agua con relación a la cantidad de cemento. A partir de los resultados identificaron la consistencia del concreto y, por tanto, sus propiedades, lo que los llevo a concluir que la resistencia es afectada directamente por dicha relación y lo midieron mediante la prueba de compresión. Sin embargo, resaltaron que es importante comprobar las propiedades del concreto con el que se está trabajando, para determinar su utilidad a largo plazo y cumplir con los estándares requeridos para tal finalidad.

(Parra y Bautista 2010), dosificaron cuatro mezclas con diferentes proporciones de material y tres relaciones agua/cemento (0.40, 0.45, 0.50) y a ellas adicionaron limallas y escombros, los mismos que tras los resultados, permitieron a los autores concluir que esta adición muestra un aumento de la resistencia del concreto y un aprovechamiento de dos residuos sólidos provenientes de actividades industriales y a su vez reporta ahorro del 30% con respecto a la producción de concreto con agregados convencionales. De 144 especímenes de concreto (dimensiones 30 cm de alto y 15 cm de diámetro, en promedio), los porcentajes asumidos correspondieron a valores de porcentaje de vacíos en mezclas de agregado entre 38,7% y 42,1%. Se observó que la mezcla dosificada con 61% de agregado grueso, 23% de agregado fino, 6% limalla fina y 10% de escombro, presento los valores más altos de resistencia promedio de los especímenes ensayados 306.74 kg/cm<sup>2</sup> lo cual representa un 46% por encima del valor del concreto que se requería (210 kg/cm<sup>2</sup>).

(López Pacheco 2019), determinó tablas que permitan obtener los mejores contenidos de agua para relaciones agua-cemento de 0.4; 0.5; 0.6 y 0.7 y consistencias plásticas de 3" a 4" y también establecer relaciones entre la relación agua-cemento y la resistencia en compresión. Para lograr su objetivo tuvo presente lo que indica el I Comité 211.1 del ACI, en las tablas para la selección del agua de diseño de mezcla y de la relación agua-cemento en función a la resistencia de diseño y consistencia cuando se emplea cementos portland normal de la clasificación ASTM C 150. Sin embargo, cuando se emplean cementos portland puzolánicos, que corresponden a la clasificación ASTM C 595, las mencionadas tablas dan valores que, al ser utilizados, no permiten obtener mezclas de la resistencia o consistencia deseadas. Sus estudios concluyeron que el alto contenido de cemento mejora significativamente las propiedades y resistencia del concreto, pero tiende a aumentar innecesariamente el costo de la unidad cúbica.

Así mismo, González, Guerrero y Delvasto (2012), se valieron de diferentes esfuerzos en la aplicación de la técnica de la inteligencia Artificial para predecir algunas propiedades del concreto, tanto en estado fresco como endurecido. Como premisa resaltan el uso importante de las Redes Neuronales Artificiales y de los Algoritmos Evolutivos, que son aplicados en la predicción de propiedades, la optimización, la dosificación de la materia prima, el control de calidad y la validación de modelos. Finalmente, revisan los avances para diseños de mezclas en concretos reforzados con fibras. Estos datos les permitieron concluir que el concreto es un material de ingeniería y de construcción por excelencia, elaborado a partir de la adecuada dosificación de su materia prima. En adición, los componentes se relacionan entre sí para influir de manera conjunta en sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, y hacen la modelación difícil de formular convencionalmente. Con respecto a la aplicación en el diseño de mezclas de

concreto reforzado con fibras, señalan que es un campo de interés por desarrollar.

En cuanto a las propiedades como la resistencia, es afectada directamente por la relación agua/cemento según señalan (Fallas et al 2012) (11), quienes hicieron varias pruebas cambiando el volumen del agua con relación a la cantidad de cemento, desarrollaron pruebas que les permitieron identificar la consistencia del concreto y sus propiedades, midiéndola mediante la prueba de compresión. Así mismo confirman la importancia de determinar las propiedades del concreto con el que se está trabajando, para determinar su utilidad a largo plazo y cumplir con los estándares requeridos. Sin embargo, autores como (Carrillo y Rojas 2016) (12), afirman que la resistencia del concreto tanto a compresión y flexión, varían respecto al volumen del agregado fino de la mezcla, los mismos que dan como resultado un mejor comportamiento a compresión y flexión del concreto.

En cuanto al espacio físico del concreto, autores como ( Irungaray 2007) (13), en su tesis de investigación “ Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obras por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala”, sostiene que las mezclas eran características del peso unitario, asentamiento, contenido de aire, temperatura y resistencia a la compresión para determinar el volumen real y la calidad del concreto, entregado en obra, esto después de realizar 30 muestras aleatorias en proyectos dentro del departamento de Guatemala. (González y Huansi, 2022).

Tenorio y Acosta (2020) como trabajo de tesis efectuaron un estudio comparativo de las propiedades del concreto cemento-arena utilizando arena fluvial de la cantera Astoria y arena cuarzosa de cantera de la comunidad de Varillal; y llegaron a las siguientes conclusiones: Ambas arenas tienen valores altos de superficie específica, por lo que necesitan mayor pasta para cubrir el

área superficial, asimismo, los diseños de mezcla tienen que ser los óptimos, porque a mayor superficie específica menor va a ser la consistencia de la mezcla y a mayor absorción, también mayor será el agua en la mezcla para obtener el asentamiento del diseño. Asimismo, señalan que el alto valor de materia orgánica en la arena fluvial, generó mayor consumo de agua por m<sup>3</sup> de mezcla en los diseños a comparación de las arenas cuarzosa, y “también debería afectar a la durabilidad del concreto o mortero”. En cuanto a los valores de exudación afirman que el mortero con arena de cantera cuarzosa tiene mayor % de exudación y que en ambos morteros a mayor relación agua/cemento su porcentaje de exudación es mayor y también es mayor el % de aire atrapado.

González y Huansi (2022), estudiaron la influencia de la consistencia del concreto cemento-arena sobre sus propiedades en estado fresco y endurecido. Conservando una misma relación a/c de 0.60 y variando la cantidad de agua hasta definir tres tipos de mezclas, seca (275.63 lts/m<sup>3</sup>), plástica (287.11 lts/m<sup>3</sup>) y fluida (315.44lts/m<sup>3</sup>), llegaron a los siguientes resultados de propiedades en estado fresco, según mezcla seca, plástica y fluida de: peso unitario de 2075 Kg/m<sup>3</sup>, 2070 kg/m<sup>3</sup> y 2093 kg/m<sup>3</sup>; contenido de aire atrapado de 6.42%, 6.01% y 3.63%; slump de 11/4”, 23/4”, 61/2”; temperaturas de 32.3°C, 31.5°C y 34.3°C; y, la exudación de 1.00, 1.50 y 0.90, respectivamente. En cuanto a las propiedades del concreto endurecido en igual sentido, se alcanzó para la resistencia a la compresión en las edades de 7, 14 y 28 días para el caso de mezcla seca 220kg/cm<sup>2</sup>, 244kg/cm<sup>2</sup> y 256kg/cm<sup>2</sup>, para la plástica 227kg/cm<sup>2</sup>, 252kg/cm<sup>2</sup> y 273kg/cm<sup>2</sup> y para la fluida de 254kg/cm<sup>2</sup>, 277kg/cm<sup>2</sup> y 309kg/cm<sup>2</sup>; es decir a mayor cantidad de agua en la mezcla manteniendo la relación a/c de 0.60 se logró mayor resistencia a la compresión. Igualmente, manteniendo la relación a/c de 0.60, la resistencia a la flexión fue de 41kg/cm<sup>2</sup>, 42 kg/cm<sup>2</sup> y 43kg/cm<sup>2</sup>, para mezclas seca, plástica y fluida, respectivamente. Similarmente para la

tracción indirecta se obtuvieron valores de 20.40kg/cm<sup>2</sup>, 26.70kg/cm<sup>2</sup> y 29.60kg/cm<sup>2</sup>, para mezclas seca, plástica y fluida. Sin embargo, para el módulo de elasticidad estático E y el coeficiente de Poisson, los valores en el mismo sentido del tipo de mezcla fueron de 218 187 kg/cm<sup>2</sup>, 230413kg/cm<sup>2</sup> y 236398 kg/cm<sup>2</sup>; y, de 0.231, 0.253 y 0.274, respectivamente.

(Picos, s.f.), en su investigación “La durabilidad en el hormigón armado. La resistividad eléctrica como indicador de durabilidad” señala: “La lucha contra la corrosión en las estructuras de hormigón armado hace necesaria la predicción de su vida útil y la mejora de las metodologías empleadas para dicho fin. Se ha buscado un ensayo que cuantifique todas las fases del proceso, desde la fabricación del hormigón hasta su curado y endurecimiento.

La resistividad eléctrica, como inversa de la conductividad-difusividad, nos da información sobre su microestructura, su porosidad y su contenido de agua, y con ello se tiene un control completo de las etapas por las que pasa el material. Esta medida puede valorar aspectos del hormigón como: el endurecimiento en estado fresco, el grado de curado, el grado de saturación, la resistencia mecánica, la impermeabilidad o resistencia al ingreso de sustancias agresivas y la velocidad de corrosión de la armadura. Al ser un ensayo no destructivo se puede repetir las veces necesarias sin perturbar el material. Por todo ello, es muy interesante estudiar su utilización como indicador de durabilidad, ya que nos puede dar una valoración de la calidad del hormigón en todos sus aspectos” (Picos, s.f. p.ii).

*“Renata D’Andrea y Carmen Andrade (2010) estudiaron una metodología de diseño y control de calidad basada en el uso de la resistividad eléctrica del hormigón como indicador de corrosión. Esta metodología permitirá asegurar el diseño de un hormigón para una durabilidad pre-definida en proyecto mediante la utilización de parámetros de resistividad eléctrica*

verificando experimentalmente si la mezcla alcanzará la vida útil esperada para poder re-diseñarla hasta conseguir el objetivo fijado”. (Picos, s.f. p.ii).

“El desarrollo de modelos de cálculo de la vida útil de la armadura y de métodos de ensayo comenzó en los años 70. Uno de los pioneros en este ámbito fue Tuutti (1982) y a él le siguieron otros investigadores como Castro-Borges, Andrade, Sagües, Maage o Baroguel-Bouny. Aunque estos métodos permanecen todavía a nivel experimental, algunas normativas incorporan recomendaciones para el cálculo de la vida útil como es el caso de la EHE-08 que incluye el Anejo 9 “Consideraciones adicionales sobre durabilidad”, aunque en él no se consideran todos los aspectos necesarios (Andrade, 2013)”. (Picos, s.f., p.4).

“Los resultados obtenidos en relación con la cantidad de cemento no aclaran realmente cómo influye la cantidad de cemento en la resistividad eléctrica del hormigón que se ensaya. En las mediciones de resistividad a 7 días se aprecia una diferencia de resistividad de un 11% entre el hormigón con mayor cantidad de cemento y el de menor cantidad, sin embargo, en cuanto el hormigón va endureciendo y su resistividad va aumentando, a 28 días se puede observar que esa diferencia no es más que del 2%. Es posible que esta diferencia fuese más perceptible a edades más avanzadas cuando la hidratación del cemento finalizase y la resistividad del hormigón ensayado se estabilizase”. (Picos, s.f., p.94).

En cuanto a la influencia de la relación agua / cemento en la resistividad eléctrica Picos (s.f., p.95), afirma: “Como se explica en apartados anteriores el nivel de flujo de iones cuando sometemos el hormigón al paso de una corriente se ve influenciado por la permeabilidad de éste y la cantidad y tamaño de la estructura porosa de la pasta de cemento. Si aumentamos la relación agua-cemento conseguimos un mayor volumen de poros capilares y

una mayor estructura porosa que facilita el transporte de iones aumentando así la conductividad, y, por consiguiente, disminuyendo la resistividad eléctrica. Se ha comprobado experimentalmente este razonamiento, se puede observar en la ilustración 9.2 y en la tabla 9.2, que a 7 días se obtiene una diferencia de un 52% entre la resistividad del hormigón con relación  $a/c=0,45$  y el de  $a/c=0,65$ ; a 28 días esta diferencia es de un 55% y a 42 días de 52%.” (Picos, s.f., p.95).

Con relación a la relación existente entre la resistividad eléctrica y la resistencia a compresión Picos (s.f.) afirma que, su relación es inversamente proporcional a la porosidad del material, “a medida que aumenta el nivel de hidratación y el hormigón va endureciendo, se produce una disminución de los capilares de poros y la resistencia a compresión aumenta al tener más fase sólida por volumen de material. Al producirse una disminución de los poros capilares se dificulta el traslado de iones que conducen la corriente eléctrica, por ello aumenta también la resistividad eléctrica” (Picos, s.f., p.97).

Como la permeabilidad del concreto depende de la porosidad del material, de la interconexión entre los poros, su forma, tamaño, etc., variables que influyen también en su resistividad eléctrica. En los resultados obtenidos podemos ver que existe una relación inversamente proporcional entre la profundidad penetración de agua y la resistividad eléctrica; esta última disminuye a medida que aumenta la primera.

Según se aumenta la relación  $a/c$  (y con ello la porosidad del material) de 0,45 a 0,65; vemos que la resistividad disminuye un 55% mientras que la profundidad de penetración de agua aumenta un 46%

Picos (s.f.), en su investigación llegó a las siguientes conclusiones: que la porosidad del concreto es la variable que más influye en la resistividad eléctrica, y que aquella a su vez se ve influenciada por otra serie de factores como la relación agua-cemento, el contenido de cemento, etc. Se puede decir que la resistividad tiene una relación inversamente proporcional a la porosidad del concreto y todos los factores que en ella influyen van a modificar la resistividad.

- La diferencia entre un hormigón con un contenido de cemento de 330kg a uno con un contenido de cemento de 400kg a 28 días sólo resultó ser de un 2%. Es posible que esto se deba al tipo de cemento utilizado, Portland puro, y si se hubiese utilizado un cemento con adiciones las diferencias de porcentaje hubiesen sido más notables. O también puede deberse a que las reacciones de hidratación del cemento aún no habían concluido y por tanto la resistividad eléctrica no llegase aún a estabilizarse.
- La relación entre la porosidad y la resistividad eléctrica es inversamente proporcional y los resultados obtenidos se pueden justificar sobre la relación agua-cemento. A los 7 días se obtiene una diferencia de un 52% entre la resistividad del concreto con relación  $a/c=0,45$  y el de  $a/c=0,65$ ; a 28 días esta diferencia es de un 55% y a 42 días de 52%. Como la penetración de agua en el interior del concreto depende esencialmente de la porosidad de éste, podemos deducir que la penetración de agua (y del agresivo en su caso) tiene también una relación inversamente proporcional a la resistividad eléctrica. Se justifica experimentalmente variando la relación agua-cemento de 0,45 a 0,65; con ello se observa que la resistividad disminuye un 55% mientras que la profundidad de penetración de agua aumenta un 46%.

- La temperatura influye notablemente en la resistividad eléctrica. Al realizar el curado del hormigón a 65°C y para una relación  $a/c=0,45$  disminuye en torno a un 28% respecto al curado del concreto a 19°C. La disminución es de un 33% para la relación  $a/c=0,55$  y un 37% para la relación  $a/c=0,65$ .
- La resistividad eléctrica y la resistencia a compresión tienen en común su relación inversamente proporcional a la porosidad del material, según aumenta la resistividad eléctrica aumenta también la resistencia a compresión. Mediante la resistividad eléctrica, haciendo comprobaciones experimentales a 7 días, se podría tener una idea de la resistencia a compresión que se obtendrá a 28 días sin necesidad de realizar el ensayo de rotura a compresión.

En cuanto a la predicción de la durabilidad mediante el método de resistividad eléctrica Picos (s.f.) concluye que, hay una relación inversamente proporcional entre la relación agua-cemento y el período de iniciación de la corrosión. A medida que aumentamos la relación  $a/c$  de 0,45 a 0,65 el período de iniciación de la corrosión se reduce aproximadamente en un 55%.

“Y, por otro lado, podemos concluir, que es posible el diseño en fase de proyecto de un hormigón con una durabilidad determinada, confeccionado individualmente para cada estructura, teniendo en cuenta los factores anteriormente citados que influyen de manera decisiva en la durabilidad del hormigón. Este sería un gran paso a seguir en futuras normativas, en las que se podría exigir, además de la resistencia a compresión a 28 días como condición necesaria para el control de calidad, una resistividad eléctrica determinada a una edad definida” (Picos, s.f., p.105).

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. Reseña histórica del concreto**

Fueron “los romanos quienes, antes de Cristo, usaron por primera vez el concreto hidráulico (14), constituido inicialmente de cal y ceniza volcánica, y podía estar bajo agua manteniendo sus propiedades, su obra maestra es el Panteón con su bóveda de 43.20m de diámetro, hasta la evolución de los morteros hidráulicos traídos al Nuevo Mundo durante el siglo XX, esta metodología evolucionaría con la introducción y preferencia por el cemento Portland 1 (15). Sus primeros registros en el tiempo moderno datan del año 1760, Inglaterra, cuando en la proyección del faro de Eddystone (Smeaton 1791) (16), descubrió que la mezcla de caliza (calcinada) y arcilla daba como producto un conglomerante hidráulico resistente al agua. Este tenía semejanza con las piedras de la Isla Portland (sur de Inglaterra) por las que de allí se adquirió su nombre”. (Gonzales y Huansi, 2022, p.7).

“El concreto armado hizo su aparición en el siglo XX, cuando entre 1832 y 1835, Sir Marc Isambard Brunel y Francois Martin Le Brun erigieron en Inglaterra y Francia estructuras como arcos y edificaciones con este material. Un año después Francois Coignet patentó el sistema reforzado para pisos que comprendía barras de acero embebidas en concreto. En el Perú, el cemento llegó en barriles en 1850 y en 1915 llegaron los primeros hornos para su fabricación por parte de la empresa estadounidense Foundation Co. Un año después fueron comprados por la Compañía Peruana de Cemento Portland. En Lima se estableció la primera empresa de concreto premezclado en el año 50. En la actualidad su uso es muy continuo en construcciones en nuestro país” (Gonzales y Huansi, 2022, p.7).

### 1.2.2. Definición del concreto

Material frágil que se obtiene al combinar cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agua, agregado fino, agregado grueso y, ocasionalmente, aditivos, cuyo medio aglutinador es la reacción química entre el agua y el cemento produce un endurecimiento compacto para soportar esfuerzos a compresión (Neville y Brooks, 1987); (Sánchez de Guzman, 2001). El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia elementos de comportamientos bien diferenciados (Tenorio y Huayllahua, 2020, p.39). “Asimismo Rivva López (2004 a), lo define como un producto artificial compuesto, que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligante denominado agregado. Kosmatka, Panarese y Bringas (1992), indican que la pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua, resultando una fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto”. (Gonzales y Huansi, 2022, p. 8).

La pasta conformada por el cemento y una fracción del agua de la mezcla, constituye la parte activa y envuelve los granos inertes y rellena los huecos de los áridos, confiriendo al material resultante conocido como concreto sus características físicas y mecánicas. Por su característica de fragilidad, este nuevo material, tiene una resistencia a la tracción relativamente baja, comparada con la resistencia a la compresión, cuya magnitud está ligada a aspectos como la relación agua- cemento, las características y proporciones de los materiales constitutivos, los procedimientos de curado y la calidad de la mano de obra, entre otros. (Montoya, 2017, p.33) en (Gómez y Villavicencio, 2020, p.76).

El concreto es un material poroso constituido por la pasta de cemento, los áridos, la interfaz pasta - árido y los poros de aire. Para la predicción de su durabilidad, es importante conocer el proceso de hidratación de la pasta de cemento y las fases que componen la microestructura de éste una vez endurecido (Gómez y Villavicencio, 2020).

### **1.2.3. Componentes del concreto**

#### **1.2.3.1. Cemento**

“Se forma por la pulverización del producto resultante de la cocción de una mezcla de materiales calizos y arcillosos (Clinker) y la adición ocasional de materiales que faciliten la dosificación de los crudos deseados en cada caso. El Clinker de cemento Portland está formado por una mezcla de silicato tricálcico y silicato dicálcico, al menos en dos tercios de su masa, el resto está constituido por fases del Clinker que contienen aluminato tricálcico, hierro aluminato tetracálcico y otros compuestos” (Picos, s.f.).

“El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, cuando es amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. (UNEEN 197-1:2011)” (Picos, s.f.). Por su parte la N.T.P. 334.001 define al cemento como un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

### 1.2.3.1.1. Componentes principales del cemento Portland

**Tabla 1. Componentes principales del cemento Portland y sus proporciones porcentuales**

Compuesto	Composición	Nomenclatura	Proporción %
Silicato Tricálcico	3CaO-SiO <sub>2</sub>	C3 S	40 - 60
Silicato Dicálcico	2CaO-SiO <sub>2</sub>	C2 S	20 - 30
Aluminato Tricálcico	3CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A	7 - 14
Hierro aluminato Tetracálcico	4CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF	5-12

Fuente: (Alcaraz Marín, 2012; D' Andrea, 2010) en (Picos, s.f.)

### 1.2.3.1.2. Límites de hidratación de la pasta

“La variación del porcentaje de estos componentes principales dará lugar a los diferentes tipos de cementos”. (Picos, s.f., p.5).

“Para la fabricación del cemento portland se pueden emplear tanto materiales de origen natural como de origen industrial. Los óxidos empleados para la fabricación se pueden dividir en dos tipos: Los óxidos principales de carácter básico como la cal (CaO) y de carácter ácido como la sílice (SiO<sub>2</sub>), la alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y la hematites (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Estos componentes ácidos son los responsables de la hidraulicidad del cemento al reaccionar con la cal constituyendo compuestos. Los óxidos secundarios como la magnesia (óxido magnésico MgO y el anhídrico sulfúrico SO<sub>3</sub>), cal libre (CaO), álcalis (óxido sódico Na<sub>2</sub>O y potásico K<sub>2</sub>O). Estos están limitados por la norma ya que pueden ser nocivos”. (Picos, s.f., p.6).

**Tabla 2. Límites usuales de composición del cemento Portland**

<b>Óxido</b>	<b>Porcentaje %</b>
CaO	60 - 67
SiO <sub>2</sub>	17 - 25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 – 0.6
MgO	0.4 – 0.5
Na <sub>2</sub> O	0.3 – 1.2
SO <sub>3</sub>	2.0 – 3.5

Fuente: Neville 1997 en (Picos, s.f., p.6)

#### **1.2.3.2. Agua**

El agua es un componente esencial en las mezclas de concretos y morteros, pues es el elemento que desencadena una reacción química y permite que el cemento desarrolle su capacidad.

El agua a usarse en la preparación del concreto hidráulico es recomendable que sea potable. Debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 339.088 2014.

Nuestra norma N.T.P. 339.088 2014, en cuanto a los criterios y los límites permisibles para las sustancias que puede contener el agua para para la preparación y curado del concreto, indica “Aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3ppm).

- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5gg/l (5000ppm).
- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO<sub>4</sub>, será menor de 0.6 gr/l (600ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion Cl, será menor de 1gr/l (1000ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en NaHCO<sub>3</sub>, será menor de 1gr/l (1000ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1ppm.

El agua debe estar libre de azúcares y sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.

La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto, agua de la fuente elegida” N.T.P. 339.088 2014.

Sin embargo, Rivva (2004) establece las siguientes limitaciones en la calidad del agua para la preparación y curado del concreto, precisando los siguientes valores máximos de sales y sustancias disueltas presentes en el agua para ser utilizada en la elaboración del concreto:

**Tabla 3. Valores máximos aceptados en el agua para elaborar concretos**

Cloruros	300ppm
----------	--------

Sulfatos	300ppm
Sales de magnesio	150ppm
Sales solubles totales	500ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10ppm

Fuente: Rivva López, 2004

Fabricantes de concreto premezclado señalan que aguas acidas con pH por debajo de 3 (tres) deben ser evitadas en lo posible. Asimismo, cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, pueden reducir la resistencia del concreto en un 20%.

#### 1.2.3.2.1. Tipos de Agua y su utilización

- **Aguas Acidas:** La cantidad permisible del ácido es diez mil ppm. Con un Ph =3.

- **Aguas Alcalinas**

La cantidad máxima permisible es de diez mil ppm.

**Tabla 4. Límites máximos de sustancias en agua potable**

Sustancia	Miligramos / litro
Cloro	60
Ácido Sulfúrico	50
Cal	150
Magnesio	50
Materia orgánica	3

Amoníaco libre por destilación	0.02
Ácido Nítrico	20

**Tabla 5. Límites máximos de sustancias en Agua no Potables**

<b>Sustancia</b>	<b>gramos / litro</b>
Anhídrido sulfúrico	0.3
Materia orgánica	0.03
Sulfuros expresados en azufres	0.05
Cloruros	10
Ph	6 pH 8

Definitivamente, el agua para la elaboración y curado del concreto será limpia y estar libre de cantidades perjudiciales, tales como aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero. Está prohibido el empleo de aguas ácidas (ácidos clorhídricos, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes); calcáreas (con cal); minerales; carbonatadas (dióxido de carbono); aguas con un contenido de sulfatos mayor al 1%; aguas que contengan algas; humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados; aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible.

Si hubiese dudas sobre la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario efectuar un análisis químico.

Se deben desechar aguas provenientes de relaves mineros o que contengan residuos minerales o de instalaciones industriales.

### **1.2.3.3. Agregados**

Es el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 60 a 75% del volumen de la unidad cúbica del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente tanto en las propiedades del concreto recién mezclado como en aquellas del concreto ya endurecido, y también en las proporciones de la mezcla y en la economía.

Los agregados, ingenierilmente y por lo general se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152mm. Es muy regular utilizar un tamaño máximo de agregado de 19mm o el de 25mm.

Las propiedades y características de los agregados no son inertes dentro del concreto, sino que intervienen dentro de las reacciones químicas de la mezcla y en las propiedades del concreto en estado endurecido. “La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importantes no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de una

unidad de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo.

Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones; sin embargo, es la textura del material, la que dice que tan lisa o rugosa es la superficie del agregado, y ésta es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos“(Tenorio y Huayllahua, 2020 p.39).

La norma de concreto E-060, recomienda, en la medida de lo posible, usar agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto, en razón a que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados de durabilidad y similar comportamiento a lo largo de la vida útil de la estructura.

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales los de uso frecuente, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino. Se pueden clasificar en agregado grueso, fino y hormigón:

- a) Agregado fino: aquel que pasa el tamiz 3/8 y queda retenido en la malla No 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada, siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm. Los agregados finos son comúnmente identificados por un

número denominado módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino.

- b) Agregado grueso: aquel que queda retenido en el tamiz No 4 y proviene de la desintegración de las rocas, puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava. Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm.
- c) Hormigón o agregado global: material conformado por una mezcla de arena y grava que se encuentra en forma natural en la corteza terrestre, como material mezclado en proporciones arbitrarias, y se emplea tal cual se extrae de la cantera.

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm. Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm.

Los agregados por su densidad se pueden clasificar en agregados de peso específico normal, ligeros y pesados. El peso específico del normal está comprendido entre 2.50 gr/cc a 2.75gr/cc, de los ligeros es menor a 2.5gr/cc, y de los pesados es mayores a 2.75 gr/cc.

Los agregados tienen forma irregular, y aleatoriamente esta geometría está compuesta por caras redondeadas y angulares:

- a) Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- b) Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- c) Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- d) Redondeada: Bordos casi eliminados.
- e) Muy redondeada: Sin caras ni bordes.

El agregado, según Tenorio y Huayllahua (2020, p.41), “dentro del concreto cumple, principalmente, las siguientes funciones:

- a) Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico: La función es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta, no solamente cubre totalmente la superficie de los agregados, sino también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta; esta es la razón que hace recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura.
- b) Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c) Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.” (Tenorio y Huayllahua, 2020, p. 41)

“Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril optimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la

adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistosas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones”. (Tenorio y Huayllahua, 2020, p. 43)

#### **1.2.3.3.1. Granulometría de los agregados finos:**

En general, “la granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción” (Tenorio y Huayllahua, 2020, p.43).

“Depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua – cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia” (Tenorio y Huayllahua, 2020, p.44).

“Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa las mallas de 0.30mm (No. 50) y de 15mm (No. 100) sean reducidos a 15% y 0%, respectivamente, siempre y cuando:

- El agregado que se emplee en un concreto que contenga más de 296 Kg de cemento por metro cubico cuando el concreto no tenga inclusión de aire.
- Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, el agregado fino se deberá rechazar a menos de que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones el agregado fino y grueso.
- Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30 mm (No. 50) y de 1.15 mm (No. 100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial, y el sangrado del concreto.
- El módulo de finura (FM) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100” (Tenorio y Huayllahua, 20220, p. 44).

“El módulo de finura es un índice de la finura del agregado entre mayor sea el modo de finura, más grueso será el agregado. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto” (Tenorio y Huayllahua, 2020 p.44). Duff Abrams en 1925, para determinar el módulo de finura propuso la siguiente fórmula:

$$MF =$$

$$\frac{\sum \% \text{ acumulados retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N° 100)}}{100}$$

Entre las propiedades físicas de los agregados están: Densidad, porosidad, peso unitario (ASTM C29, NTP 400.017), porcentaje de vacíos (ASTM C29), coeficiente de expansión térmica, calor específico, conductividad térmica, difusividad.

Entre las propiedades mecánicas: Resistencia, tenacidad, dureza, módulo de elasticidad.

Como propiedades químicas: Reacción Álcali-Sílice y Reacción Álcali-carbonatos.

a) Reacción Álcali-Sílice:

“Los álcalis en el cemento están constituidos por el Óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones que se encuentran definidas en ASTM C227, ASTM C289, ASTM C-295 y que permiten obtener información para calificar la reactividad del agregado” (Tenorio y Huayllahua, 2020, p. 49).

b) Reacción Álcali-Carbonatos:

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción. Los procedimientos para la evaluación n de esta característica se encuentran normalizados en ASTM C-586. (Tenorio y Huayllahua, 2020, p. 50).

#### 1.2.4. Proceso de hidratación de la pasta

Picos (s.f., p.6), “El proceso de hidratación de la pasta se inicia a partir del contacto entre el cemento y el agua; el inicio de fraguado del cemento se alcanza en menos de una hora, y posteriormente se transformará en un sólido endurecido. El proceso responde a la siguiente fórmula”:

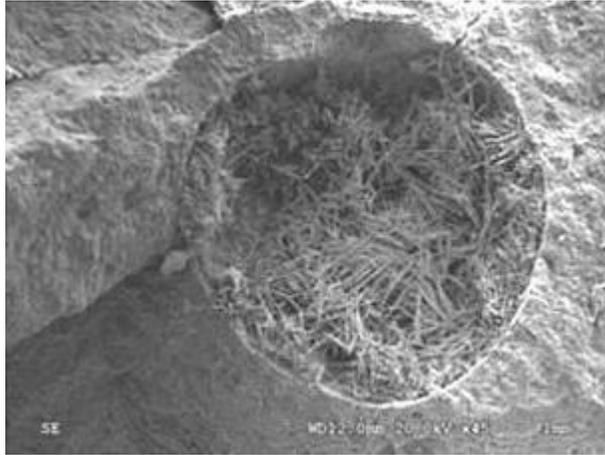


“El Clinker constituido por los C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A y C<sub>4</sub>AF reacciona con el agua dando una serie de compuestos: C-S-H o silicatos, C-A-H o aluminatos, Ca(OH)<sub>2</sub> o “portlandita” y la ettringita producto de la hidratación del aluminato tricálcico. En el proceso de hidratación debemos diferenciar dos fases: la hidratación de los silicatos y la hidratación de los aluminatos.

La hidratación de los silicatos genera un producto que varía su composición según las condiciones de curado pero que generalmente será C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>H<sub>3</sub> que se simplifica como CSH. Los silicatos, dada su gran cantidad de poros, al hidratarse crean un gel rígido y poroso que recibe el nombre de “tobermorita” que es la responsable de la estructura interna de la pasta de cemento, de la adherencia de esta pasta con los áridos y de la resistencia mecánica. Al hidratarse los silicatos también se genera otro producto, el hidróxido de calcio o “portlandita”, que gracias a su alta alcalinidad (pH 12,5) es el responsable de la protección frente a la corrosión y ayuda también a la adherencia pasta-árido. La hidratación de los aluminatos se produce al reaccionar el C<sub>3</sub>S con el agua dando lugar a C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub>. Dependiendo de la concentración de iones hidróxido y de sodio se formará también o trisulfato de aluminato cálcico o monosulfato de aluminato cálcico. En el caso de soluciones muy saturadas de iones de hidróxido de calcio se producirá la

ettringita, también llamada sal de Candlot o bacilo de portland”. (Picos, s.f., p. 6-7).

Figura 1. Ilustración de Ettringita relleno un poro



Fuente: (Picos, s.f., p.7)

“Durante el fraguado, los componentes más solubles del cemento se disuelven más fácil y rápidamente, así la pasta de cemento pierde su docilidad y trabajabilidad además de emitir calor, hasta que al final la pasta queda endurecida por completo. En el proceso de hidratación debemos distinguir dos procesos diferenciados: el fraguado y el endurecimiento. El fraguado responde a la reacción en el tiempo por la cual la pasta hidratada pierde su plasticidad con ganancia de resistencias iniciales y el endurecimiento es el proceso en el que se conforman las resistencias del cemento hasta quedar totalmente endurecido”. (Picos, s.f., p. 7).

“El tiempo de fraguado se puede controlar mediante la adición de aceleradores de fraguado (como los cloruros, los hidróxidos, los carbonatos o los silicatos) o retardantes del fraguado (como el yeso). El endurecimiento tiene lugar al final del proceso de fraguado se prolonga durante mucho más tiempo que éste, en él continúan los procesos de hidratación y consolidación,

aunque disminuye su velocidad puesto que el agua cada vez tiene más dificultad para penetrar al interior del grano). Progresivamente va aumentando la rigidez, dureza y resistencias mecánicas de la pasta. Se puede decir que el C3A es el responsable de las resistencias mecánicas iniciales, el C3S de las primeras resistencias mecánicas importantes y el C2S el responsable de las resistencias a largo plazo”. (Picos, s.f., p. 8).

#### **1.2.4.1. Microestructura de la pasta endurecida.**

“En la microestructura de la pasta endurecida podemos distinguir los siguientes componentes: pasta de cemento, áridos, interfase árido-pasta e interfase aceropasta si es armado.

La pasta de cemento endurecida se divide en tres partes: fase sólida, porosidad y fase acuosa”. (Picos, s.f., p. 8):

##### **a) Fase sólida**

“En la fase sólida podemos distinguir los siguientes componentes: el cemento anhidro, el gel CSH o tobermorita, el hidróxido de calcio o portlandita y el sulfoaluminato cálcico hidratado. El gel CSH es el componente mayoritario (50- 60% del volumen de sólidos) que es quién aporta al material endurecido su resistencia, seguido de los cristales de portlandita (20-25% del volumen de sólidos) que son los que aportan la elevada alcalinidad a la pasta y los sulfoaluminatos (15-20% del volumen total de sólidos)”. (Picos, s.f., p. 8).

Figura 2. Pasta de cemento hidratada: Ca (OH)<sub>2</sub> y C-S-H



Fuente: (Picos, s.f., p.9)

b) Porosidad

“Capacidad que tiene un material para tener poros, entendiendo poro como cualquier espacio del material que no esté ocupado por un sólido. Se distingue tres tipos de porosidad: la porosidad total, la porosidad abierta y la porosidad cerrada. La porosidad total es el volumen total de poros vacíos por unidad de volumen total de materia. En ella se contabilizan tanto los poros abiertos como los cerrados. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$n = \left( \frac{\rho_s + \rho_d}{\rho_s} \right) \cdot 100$$

Porosidad total.

Siendo  $\rho_s$  la densidad del material,  $\rho_d$  la densidad del material seco y  $n$  la porosidad total. No se puede obtener su valor experimentalmente ya que se incluyen los poros cerrados no comunicados con el exterior” (Picos, s.f., p.9)

- Porosidad abierta: Picos (s.f., p.10) señala: “La porosidad abierta es el volumen de poros abiertos o poros comunicados con el exterior y entre sí. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$n_a = \frac{V_a}{V_t} \cdot 100$$

Siendo  $V_a$  el volumen de poros abiertos y  $V_t$  el volumen de poros totales. El volumen de poros totales se determina mediante métodos experimentales de intrusión de líquidos y cuantificación por pesada hidrostática” (Picos, s.f., p.10).

- Porosidad cerrada: Picos (s.f., p.10) señala: “La porosidad cerrada es aquella en la que los poros que aun estando comunicados entre sí no tienen comunicación con el exterior. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_C = V_t - V_a$$

- Porosidad de la pasta: Picos (s.f., p.10) señala: “La porosidad de la pasta de cemento disminuye con el tiempo debido a los procesos de hidratación, pero sigue existiendo un volumen de vacíos en su interior, la distribución de tamaño y la conectividad entre ellos van a influir en la transferencia de materia en el medio poroso. No existe una clasificación única de tipos de poros; pero, generalmente se clasifican por su tamaño. Powers [1960] clasifica los poros de la pasta endurecida en dos grupos distintos que se distinguen por el tamaño: poros de gel y poros capilares. Existen también los poros de aire y los macroporos debidos a defectos de compactación. Los poros de gel CSH constituyen una porosidad intrínseca del gel; se desprecia su contribución a la capacidad

de transporte de fluidos en el material, por su diámetro ínfimo. Los poros capilares se corresponden con la fracción del espacio total (volumen de cemento y agua) no ocupado por la suma de volumen de los productos de hidratación y del volumen de cemento que permanezca en estado anhidro. Por esto el volumen de los poros capilares depende de la relación agua-cemento y del grado de hidratación del cemento. Se puede calcular el índice de poros capilares mediante la siguiente ecuación dada por el modelo de Powers (Fórmula de Powers):” (Picos, s.f., p.10-11).

$$n_p (\%) = \frac{\frac{a}{c} - 0.3623 \alpha}{\frac{a}{c} + \frac{1}{\gamma_c}} = \frac{\frac{a}{c} - 0.36 \alpha}{\frac{a}{c} + 0.32} \cdot 100$$

Donde:

- $n_p$  Índice de poros capilares.
- $\alpha$  Grado de hidratación del cemento.
- $\frac{a}{c}$  Relación agua – cemento.
- $\gamma_c$  Densidad del cemento.

Picos (s.f., p.11) indica: “En cuanto a la durabilidad, los poros capilares son los más importantes, pues son los que controlan el transporte de materia en el interior del concreto, debido a las fuerzas capilares y a la tensión superficial de estos huecos, y porque a través de ellos es por donde penetran y se difunden los agentes agresivos externos. Por ello las normativas limitan el valor máximo de la relación agua-cemento en función de la agresividad ambiental. Si el grado de hidratación del cemento es bueno se pueden dar dos situaciones en función de la relación agua-cemento:

- Si la relación agua-cemento es baja, los poros capilares que se formen tendrán un diámetro que variará en un rango de valores de 10 a 50 nanómetros.
- Si la relación agua-cemento es alta, a edades tempranas el diámetro de los poros variará de 3 a 5  $\mu\text{m}$ . (Metha y Monterio, 2001)". (Picos, s.f., p.11).

c) Fase Acuosa.

“El agua perteneciente a la matriz de la pasta de cemento endurecida contiene disueltos tanto los iones que provienen del cemento como los que penetran desde el exterior ( $\text{Cl}^-$ )” (Picos, s.f., p.11).

“Diversos autores citados por Picos (s.f. p. 50-51), señalan que la porosidad del concreto que se configura básicamente según la relación agua - cemento, el grado de hidratación del cemento y las propiedades del concreto en estado fresco, es la que más influye en la durabilidad del concreto; asimismo, que existe un tipo de relación entre las propiedades del concreto en estado fresco y los valores de la resistividad eléctrica, que nos permitiría predecir, a partir de los primeros minutos de elaborada la mezcla, la durabilidad del concreto, a cuyo propósito contribuye este trabajo de investigación” (Hammond, et al., 1995); (Monfore, 1968); (Hughes et al., 1985); (Quidel Cortes, 2008); (González Sersen, 2011) en (Picos, s.f., p.50-51).

Interfase árido-pasta. “Esta capa de interfase se forma por la exudación superficial en los áridos, tiene un espesor aproximado de 50  $\mu\text{m}$  y es de gran importancia en cuanto a la durabilidad y resistencia del hormigón. Presenta una microestructura característica: tiene una relación agua-cemento superior a la del resto de la masa, mayor porosidad y mayor concentración de portlandita”. (Picos, s.f. p. 9).

### 1.2.5. Relación entre el tipo de concreto y la resistividad eléctrica

Como ya se indicó anteriormente, diversos investigadores, en la tarea de estudiar la durabilidad del concreto han encontrado la relación que existe entre sus diversos componentes y características en estado fresco y los valores la medición de la resistividad eléctrica. Estudiaron la influencia en la resistividad eléctrica, de los componentes del concreto, como de las características físicas o de calidad de su elaboración:

- a) El Cemento: Picos (s.f.) señala: “El cemento es el que origina la circulación de los diferentes iones en la matriz porosa y asegura la conducción electrolítica en el material. Las especies químicas presentes en la solución intersticial dependen por lo tanto del tipo de cemento utilizado. El tipo de cemento, el contenido de álcali o el contenido de aluminatos son los elementos de la química de los cementos que se consideran influyentes en las propiedades del cemento. Hammond et al. (1955) estudiaron el efecto sobre la resistividad eléctrica de tres tipos de cemento, de diferentes contenidos de aluminatos (cemento Portland, cemento de alta resistividad inicial y cemento aluminoso), de un concreto a 28 días; la resistividad varía un factor 20 entre un concreto fabricado con un cemento Portland tradicional y un cemento de alto contenido en aluminatos”. (Picos, s.f., p.50).

Así, Monfore (1968) estudió el efecto sobre la resistividad eléctrica del concreto elaborado con dos tipos de cemento de contenido en álcalis diferente. Las medidas realizadas a 28 días después de la fabricación muestran que la resistividad eléctrica varía poco. Por su parte Hughes et al. (1985), estudiaron la influencia sobre la resistividad eléctrica del contenido de cemento (contenido de 300, 350 y 400 kg/m<sup>3</sup>) y para una relación  $a/c=0.50$ , se observa una

disminución lineal de la resistividad de un 20% con el aumento de la proporción de cemento de 300 a 400 kg/m<sup>3</sup>, y para una relación  $a/c=0.55$ , esta disminución fue del 25%. (Picos, s.f., p.51).

“Quidel Cortés (2008) estudió la influencia del tipo de cemento sobre la resistividad eléctrica variando el porcentaje de puzolana presente en el cemento entre el 0% y el 15%. Las mezclas con cemento Portland Puzolánico presentan un aumento de resistividad eléctrica de hasta un 38% sobre el cemento Portland puro a 7 días; esto se debe a que, a medida que transcurre el tiempo de curado, las mezclas con adiciones de puzolana presentan una estructura de pasta de cemento con capilares de poros de menor tamaño. González Sersen (2011) estudió la adición de escorias de alto horno y puzolanas en la composición cementícea y su relación con la resistividad eléctrica. De este estudio deduce que las dosificaciones con adiciones puzolánicas son mucho mejores de cara a aumentar la resistividad del concreto, pero además tienden a aumentar la resistividad con el tiempo. Los concretos Portland puro presentan un mayor número de capilares de poros que hacen que aumente la conductividad eléctrica y disminuya la resistividad” (Picos, s.f., p. 51).

- b) La relación agua-cemento: “Se trata de la relación entre la masa de agua (A) y la masa del cemento (C), utilizadas para la fabricación del concreto. Es un parámetro importante que controla el rendimiento del concreto (resistencia mecánica y durabilidad), juega un papel importante en la microestructura del hormigón y la concentración iónica de la solución de los poros. La resistividad eléctrica está influenciada por la relación  $a/c$ . Monfore (1968) estudió la relación entre la resistividad eléctrica y esta relación para pastas de cemento, llegando a demostrar que la resistividad aumenta cuando la relación  $a/c$

disminuye: una pasta de cemento con relación a/c de 0.40 tiene una resistividad eléctrica dos veces mayor que una con una relación a/c de 0.60. Quidel Cortés (2008) estudió la influencia de la relación a/c sobre la resistividad eléctrica del concreto, demostró que el aumento de la relación a/c conlleva una disminución de la resistividad, esto es debido a que a medida que aumenta la relación a/c se obtiene una mayor cantidad de capilares de poros, consiguiendo así un mayor nivel estructural que facilita la conductividad eléctrica. La relación a/c influye en el flujo de iones que pasa en el interior del hormigón, teniendo que para un mismo tipo de hormigón a menor relación a/c, menor es la intensidad de corriente que pasa a través de él. Esto se debe a que a menor relación a/c menor es la dispersión de las partículas del cemento y por ello es menor el volumen de poros; y con ello se dificulta el desplazamiento de los electrones en la microestructura del concreto y aumenta la resistividad eléctrica. Una mezcla con menor relación a/c presenta una matriz menos permeable a la solución de poros y por tanto mayor resistividad eléctrica. (González Sersen, 2011)” (Picos, s.f., 52).

- c) La porosidad: “La porosidad total se define como la relación entre el volumen total de huecos y el volumen total de material. La porosidad abierta es la relación entre el volumen total de poros intercomunicados y el volumen total del material. La conducción de la corriente eléctrica en el concreto depende de la porosidad abierta y de sus características (cantidad, tamaño, conectividad, tortuosidad). Después de muchos estudios, para un concreto saturado, cuanto mayor es la porosidad abierta, menor es la resistividad eléctrica (Lataste, 1998)”. (Picos, s.f., p.53).

“Para muchos autores, la medida de la resistividad eléctrica se utiliza como herramienta de laboratorio para evaluar las características de la

porosidad del concreto. Andrade et al. (2000) afirman que la medida de la resistividad eléctrica es un parámetro que permite caracterizar la conectividad de los poros. Físicamente, la porosidad es la conectividad de los poros, o la ruta de acceso de los agentes exteriores al interior del concreto, por lo que, la medida eléctrica es una herramienta que permite calificar la sensibilidad del concreto a las agresiones exteriores, es decir a predecir su durabilidad. Cuanto mayor sea el volumen de poros en la fase acuosa más disminuye la resistividad eléctrica del concreto”. (Picos, s.f., 53).

- d) El Grado de Saturación: “Cuando el hormigón se encuentra semi saturado la conducción de los iones ocurre a través de la capa de agua adsorbida en las paredes de los poros y, la resistividad alcanza su valor máximo; mientras que en concretos muy secos la conductividad disminuye sensiblemente y éste actúa como aislante. Cuanto mayor sea el grado de saturación del concreto menor será la resistividad eléctrica de éste, puesto que cuando los poros están totalmente saturados de agua la disponibilidad de oxígeno en los poros es mínima impidiendo así la buena circulación de los iones”. (Picos, s.f., p.53).
- e) Los iones cloruro: “Henry (1964), estudió la influencia de la concentración de cloruros en el agua de amasado sobre la resistividad eléctrica del concreto. A medida que la concentración de iones cloruro aumenta en el concreto la resistividad eléctrica disminuye. El mecanismo de transporte de iones cloruro viene determinado por la estructura de poros del concreto (diámetro, volumen y conectividad) y por el grado de saturación de dichos poros. Un concreto poco poroso y con baja interconexión entre ellos tendrá baja permeabilidad, baja difusividad, baja absorción capilar y baja conductividad eléctrica, por consiguiente, su resistividad eléctrica será alta al igual que la resistencia a la penetración de iones cloruro (González Sersen, 2011)”. (Picos, s.f., p.54).

### 1.2.6. Adiciones en el concreto y su influencia en la resistividad eléctrica

**Cenizas volantes:** “Las cenizas volantes son puzolanas artificiales, es decir, materiales silíceos. Sus partículas son esféricas (diámetro de 1 a 100  $\mu\text{m}$ ) y muy finas. Así que interactúan fácilmente con el hidróxido de calcio producido por la hidratación del cemento. La adición de cenizas volantes a una dosificación de concreto tiene reduce los poros capilares del material mediante la reacción puzolánica, esto influye en la conducción de la corriente eléctrica en el concreto, reduciéndola, pero aumenta la resistividad eléctrica de manera importante”. (Picos, s.f., p.54).

**Humo de sílice:** “La adición de humo de sílice, cuyo tamaño es 100 veces menor que el de las partículas de cemento Portland, provoca un cambio en la microestructura del concreto y especialmente una disminución de la porosidad de la pasta (Picos, s.f., p.54).

El humo de sílice en el concreto debido a sus efectos tanto químicos (reacciona con el hidróxido de calcio hidratado y forma el silicato de calcio hidratado CSH), como físicos pues rellena pequeños poros con finas partículas. Ayuda a la reducción de la porosidad en la zona de transición entre la matriz y el árido, lo que proporciona una microestructura más fuerte, con mayor densidad y menor volumen de poros interconectados para la conducción de cargas por iones. Este proceso físico químico que genera la adición de humo de sílice hace que la resistividad eléctrica aumente (Picos, s.f., p.54-55).

### **1.2.7. Propiedades del Concreto**

Las propiedades del concreto fresco son importantes porque afectan la calidad, la apariencia de la estructura terminada y su costo. Los materiales para el concreto deben elegirse no sólo para obtener la resistencia necesaria sino también para producir concreto fresco que pueda transportarse, colocarse, consolidarse y terminarse con facilidad.

Los agregados igualmente afectan mucho a las propiedades del concreto fresco, en primer lugar, por su forma, textura, granulometría y tamaño máximo. Las proporciones de los materiales empleados, así como la relación agua/cemento y la proporción del agregado, son factores importantes que influyen en las propiedades del concreto fresco. Las propiedades del concreto al estado fresco, básicamente, son las siguientes: trabajabilidad, consistencia, flujo, contenido de aire, tiempo de fraguado, exudación y peso unitario. (Rivva López, 2014, p.30).

#### **1.2.7.1. Propiedades en estado fresco**

##### **Trabajabilidad**

“Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia. (Abanto Castillo, 2000, p.47)” en (Champi y Espinoza, 2017, p.26).

“El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que, con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de

colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permitir que la masa fluya en las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una más homogénea sin una inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire entrampado, burbujas macroscópicas, o bolsas de agua en el concreto.” (Rivva López, 2000, p.205).

“Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.” (Pasquel, 1993, p.135).

### **Consistencia**

“Propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia de una mezcla es función de su contenido de agua, de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada.

Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas”. (Rivva López, 2000, p. 208-209) en (Champi y Espinoza, 2017, p.27).

“La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

Los norteamericanos clasifican el concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es el método del cono de asentamiento (método de cono de Abrams) o método de slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Se puede definir al asentamiento como la medida de la diferencia de la altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría.

En la actualidad se acepta una correlación entre la norma alemana y los criterios norteamericanos, considerándose que:

A las consistencias secas corresponden asentamientos de 1” – 2” (25mm a 50mm). A las consistencias plásticas corresponden asentamientos de 3” – 4” (75mm a 100mm). A las consistencias fluidas corresponden asentamientos de 6” – 7” (150mm a 175mm)” (Rivva, López, 2014, p.34).

### **Ensayo de Consistencia del concreto**

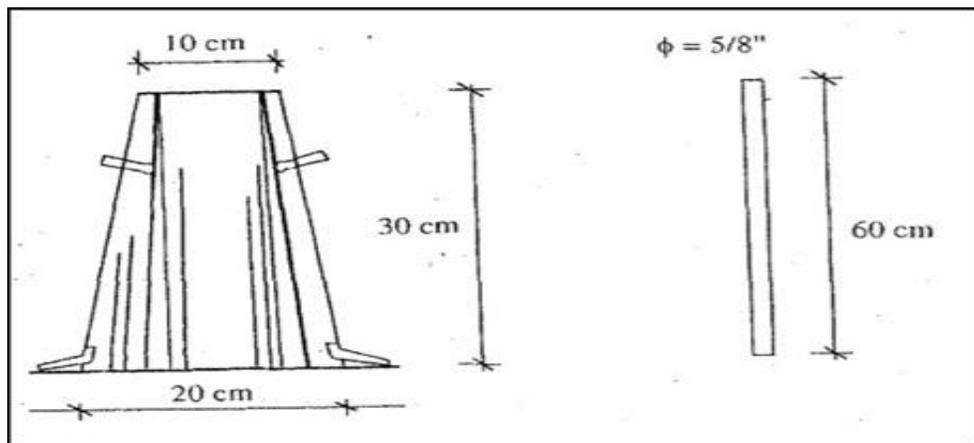
Con respecto al ensayo de consistencia, Abanto Castillo (2000, p.47 - 49), en Champi y Espinoza (2017, p.28), señala:

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla. “El ensayo de consistencia, llamado también

revenimiento o “slump test”, es utilizada para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Este ensayo está en la NTP 339.035” (Champi y Espinoza, 2017, p. 28).

“El ensayo de consistencia consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldeado. El equipo consiste en un tronco de cono, donde los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20cm y 10cm, la altura del molde es de 30cm. El molde se construye con plancha de acero galvanizado, de espesor mínimo de 1.5 mm. Se utiliza una barra de acero liso de 5/8” de diámetro y 60cm de longitud punta semiesférica

Figura 3. Cono de Abrams



Fuente: (Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 1998)

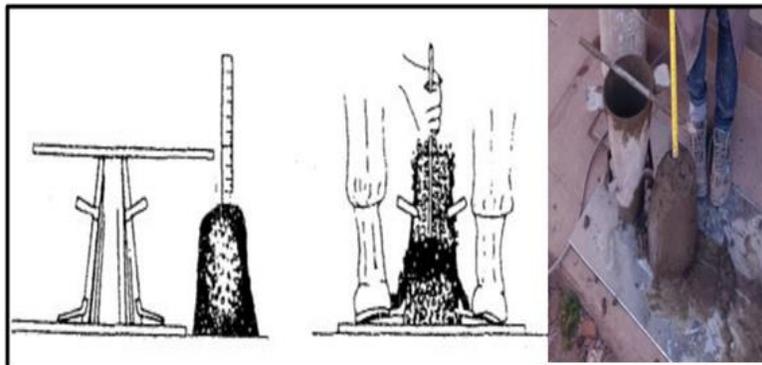
### Procedimiento

El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando

25 golpes, distribuido uniformemente. En seguida se coloca otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior. La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical”

“El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina slump. Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.” (Champi y Espinoza, 2017, p.29).

Figura 4. Pueba de revenimiento - Slump



Fuente: Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 1998

Tabla 6. Clases de mezclas según asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado

Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado
--------	-----	----------------	----------

Fuente: Tecnología del concreto (Abanto castillo, 2000)

## Segregación

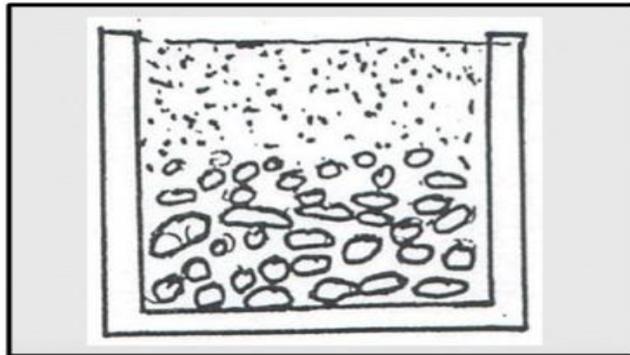
Fenómeno perjudicial en el concreto fresco, que generalmente se debe a procesos inadecuados de manipulación y colocado de las mezclas, que implica la descomposición de éste en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. “Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior de las mismas fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido”. (Rivva López, 2000, p.210)”.

La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la “lechada” asciende a la superficie, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas cangrejeras, etc. El excesivo vibrado de la mezcla, también, produce segregación. (Abanto Castillo, 2000, p.50)

“Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta de los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos, lo cual sumado a la viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas

gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación” (Pasquel Carbajal, 1993, p.139), en (Champi y Espinoza, 2017, p.30-31).

Figura 5. Esquema de segregación



Fuente: Generalidades del concreto –

Ing. Carlos Mario Quintana Picón, p.31 (2013)

### **Exudación:**

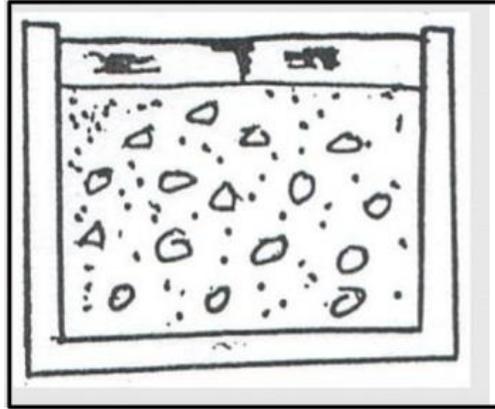
“Definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continúa hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas (Rivva López, 2000, p. 211).

Para Pasquel Carbajal (1993, p.141), “La exudación es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de éste y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla. Entonces, la exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudieran tener” (Pasquel Carbajal, 1993, p.141).

Según (Quintana Picón, 2013), en Champi y Espinoza (2017, p.32) “La exudación puede ser controlada con aditivos inclusores de aire, cementos más finos, y un control de agregado fino. El Fenómeno de la exudación se presenta en mezclas de deficiente contenido de arena y de cemento; y, excesivo contenido de agua y excesivo tiempo de vibrado” (Champi y Espinoza, 2017, p. 32):

Figura 6. Esquema de exudación del concreto



Fuente: Generalidades del concreto –  
Ing. Carlos Mario Quintana Picón, p.31 (2013)

### **Contracción por secado:**

Es una de las propiedades más importantes del concreto en estado fresco, cuando se trata del estudio de los problemas de fisuración que este fenómeno, acarrea con frecuencia. La llamada “contracción por secado”, es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. Es necesario, tener claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas indefectiblemente se fisura, y en muchos casos esta fisuración es inevitable por lo que sólo resta prevenirla y orientarla”. (Pasquel Carbajal, 1993, p.142) en (Champi y Espinoza, 2017, p. 33).

## **Asentamiento**

“Cuando el concreto queda en reposo luego de ser compactado y colocado dentro del encofrado o cualquier tipo de contenedor, la gravedad da lugar a fenómeno natural mediante el cual los componentes más pesados los cuales son: el cemento, el agregado grueso y el agregado fino tienden a descender mientras que el agua, la cual es menos densa, tiende a ir a la parte superior de la mezcla; a este fenómeno se le conoce como asentamiento, el cual cuando se produce en exceso se le considera indeseable, debido a que provoca cierta estratificación en la mezcla del concreto, de tal manera que en la parte inferior se acumulan todos los componentes pesados y en la parte superior se forma una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. (Ruiz y Vasallo, 2018, p.25-26).

## **Temperatura**

Durante la hidratación de la mezcla se forman cristales microscópicos en la parte superior que aumentan de tamaño entrelazándose para encajar entre ellos de manera compacta; la formación de cristales va depender del tiempo que dure la reacción, mediante este proceso se forma la mezcla de cemento endurecida; la velocidad con la que se da la formación de los cristales es directamente proporcional al aumento de la temperatura, lo cual es beneficioso para la resistencia a la compresión inicial, por otra parte, mantener una alta temperatura del concreto fresco y durante el proceso de endurecimiento no es muy beneficioso ya que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada lo cual puede generar poros y la resistencia a la compresión a largo plazo (28 días) se vería comprometida, por lo tanto se recomienda mantener la temperatura del concreto fresco y durante su proceso de endurecimiento en los 20 °C aproximadamente; por otro lado, el tiempo de

fraguado de la mezcla de concreto es tardío en climas extremadamente fríos, ya que la velocidad de crecimiento de los cristales se ve realentizada debido a las bajas temperaturas, además este mismo puede sufrir agrietamientos debido al congelamiento del agua, fenómeno que genera grietas en el concreto endurecido al expandirse. (Ruiz y Vasallo, 2018, p.25-26).

### **Peso Unitario del concreto**

“Se define como el peso del concreto por unidad de volumen, el cual depende de la densidad de los agregados, cantidad de aire atrapado, relaciones agua – cemento, tamaño máximo nominal, entre otros; usualmente fluctúa entre un rango de 2240 kg/m<sup>3</sup> a 2400 kg/m<sup>3</sup>” (Ruiz y Vasallo, 2018, p.25-26).

### **Contenido de aire**

“El aire en el concreto se encuentra incorporado de manera natural debido a muchas razones, algunas de ellas son: concretos con poco cemento, mezclados de larga duración, tamaños máximos nominales no adecuados, etc.; a su vez este aire puede ser liberado a través de procesos de compactación, además existe concretos donde el aire es incorporado intencionalmente para brindar mayor trabajabilidad; práctica que se debe realizar con las consideraciones adecuadas, ya que por cada 1% de aire incorporado la resistencia a la compresión se ve afectada en un 5%. (Ruiz y Vasallo, 2018, p.25-26).

### **1.2.8. Marcas y tipos de cementos Portland comercializados en Iquitos-Perú**

En el caso de nuestro país contamos con las NTP (Normativa Técnica Peruana) NTP 334.009 (Cementos Portland. Requisitos), basada en la ASTM C 150.

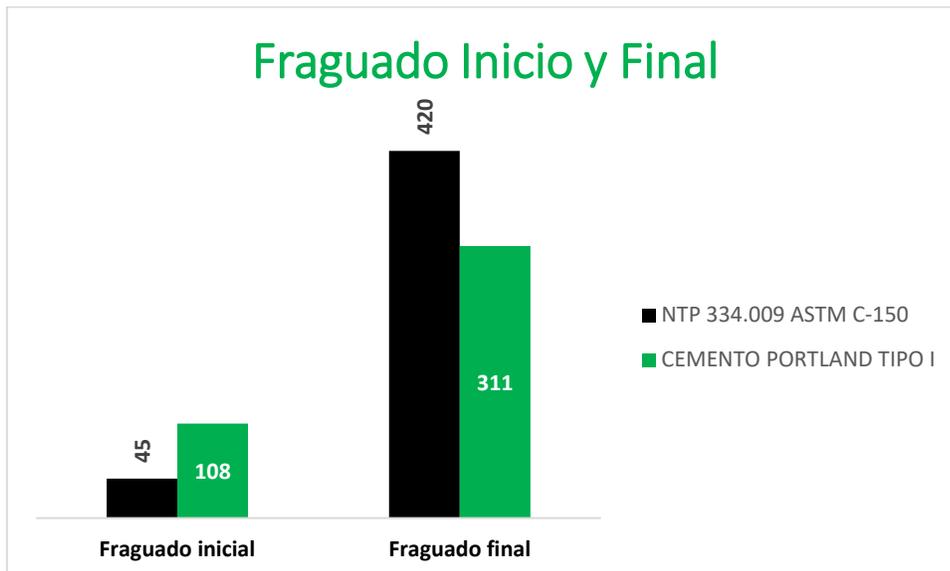
Actualmente en el mercado de la ciudad de Iquitos-Loreto se comercializan cementos de diferentes marcas, las cuales son usadas en construcción civil, por lo cual es importante describir sus propiedades y entender sus beneficios, entre ellos tenemos:

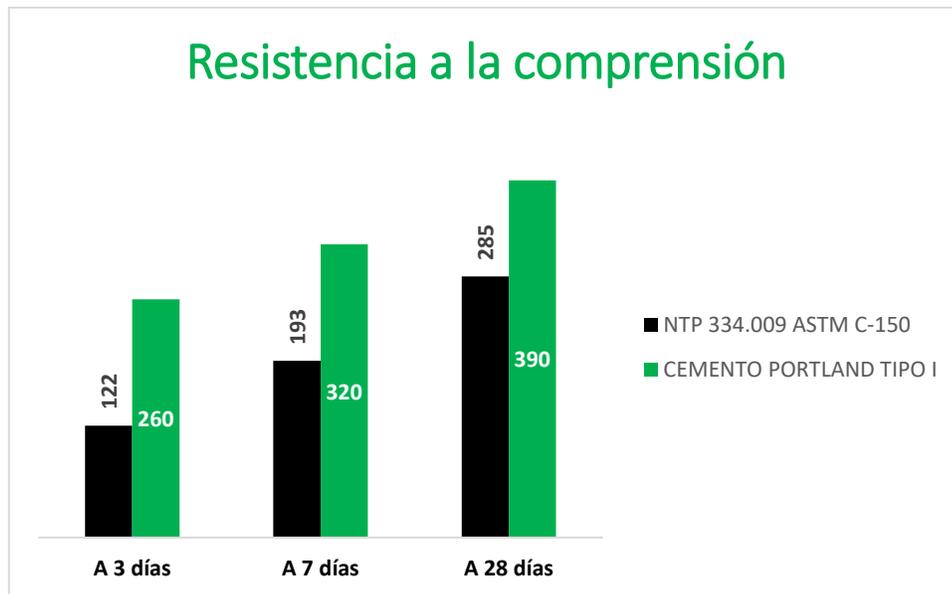
#### **1.2.8.1. Cemento Inka**

Según cartilla del fabricante, tiene las siguientes características: es un Cemento Portland tipo I, que se obtiene de la molienda de un exclusivo Clinker y componentes que otorgan la propiedad de un óptimo desarrollo de resistencias iniciales y en el tiempo.

- a) Mayor Rendimiento. Debido a la calidad de Clinker, se obtiene un cemento con altas resistencias iniciales y desarrollo en el tiempo, con el cual se puede optimizar su consumo.
- b) Menores Costos. Debido a su mayor rendimiento se puede optimizar en costos en los diseños de concretos.
- c) Menor Tiempo de Desencofrado. Su alta resistencia a edades iniciales y en el tiempo permite este beneficio de acuerdo al diseño del concreto establecido y con ello la posibilidad de optimizar tiempo en la construcción.

ANÁLISIS QUÍMICO			
	Valor	Unidad	NTP 334.009 ASTM C-150
Óxido de Magnesio (MgO)	1.2	%	Máx. 6.0
Trióxido de Azufre (SO3)	3.1	%	Máx. 3.5
Pérdida por Ignición	3.2	%	Máx. 3.5
Residuo Insoluble	1.2	%	Máx. 1.5
ENSAYOS FÍSICOS			
Densidad Le Chatelier	3.09	g/cm <sup>3</sup>	-
Contenido de aire mortero	8	% Vol.	Máx. 12
Finura Blaine	476	m <sup>2</sup> /kg	Mín. 260
Expansión en Autoclave	0.09	%	Máx. 0.80
TIEMPO DE FRAGUADO			
Inicial	108	minutos	Mín. 45
Final	311	minutos	Máx. 375
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
3 días	26 (260)	Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	Mín. 12 (Mín. 122)
7 días	32 (320)	Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	Mín. 19 (Mín. 193)
28 días	38 (390)	Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	Mín. 28 (Mín. 284)





#### 1.2.8.2. Cemento APU

Según cartilla del fabricante, tiene las siguientes características:

**a) Descripción:**

Tipo GU, Cemento hidráulico de uso general.

**b) Beneficios:**

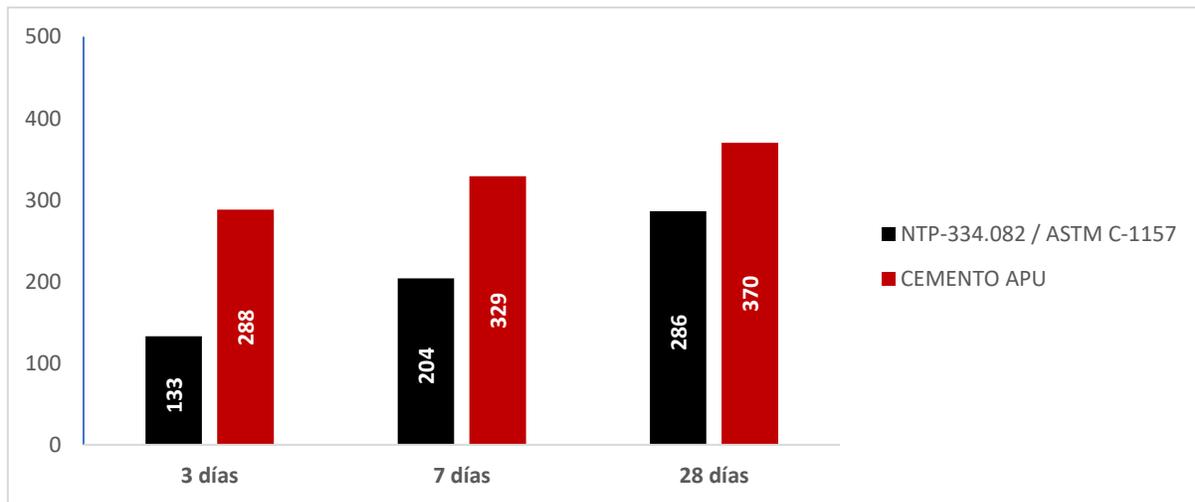
- Óptimos resultados en desarrollo de resistencias.
- Buena trabajabilidad y acabado.
- Permite menor tiempo de desencofrado.
- Ofrece un buen acabado en el terrajero.

**c) Características Técnicas:**

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.082 y la norma Técnica Americana ASTM C-1157

d) **Propiedades Físicas y Químicas**

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO APU	REQUISITOS NTP-334.082 / ASTM C-1157
Contenido de aire	%	4	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	371	No específica
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.05	No específica
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	288	Mínimo 133
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	329	Mínimo 204
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	370	Mínimo 285
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	128	45 a 420
<b>BARRAS CURADAS EN AGUA</b>			
Expansión a 14 días	%	0.011	Máximo 0.020



\* Valores referenciales

### 1.2.8.3. Cemento Amazónico

Según cartilla del fabricante, tiene las siguientes características:

- a) **Descripción:** Cemento Portland Tipo GU. Con nueva fórmula diseñada especialmente para nuestra selva. Su diseño brinda un excelente acabado y trabajabilidad. Además, cuenta con un empaque diseñado para proteger al cemento de la humedad.
- b) **Atributos:** Especial para climas tropicales.

**Tabla 7. Características Técnicas: Requisitos normalizados – NTP 334.082 /**

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	4
<b>Finura</b>					
Superficie específica			cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	4380
Retenido M325			%	NTP 334.045	2.7
Expansión autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.05
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	25.4 (3680)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.8 (4320)
28 días	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	34.9 (5060)
<b>TIEMPO DE FRAGUADO VICAT</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	213
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	345
Expansión Barra de mortero a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.004

#### ASTM C 1157

\*Valores promedios referenciales de lotes despachados

Fuente: Hoja técnica Cemento Cemento Portland Tipo GU

#### 1.2.8.4. Cemento Andino Premium

Según cartilla del fabricante, tiene las siguientes características:

- a) **Descripción:** Tipo I, Cemento Portland de uso general.
  
- b) **Beneficios:**
  - Excelente trabajabilidad.
  - Acabado perfecto.
  - Alta resistencia a mediana y largo plazo.
  - Alta durabilidad.
  - Alto desempeño.
  - Bajo contenido de álcalis.
  
- c) **Características Técnicas:**
  - Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP – 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.
  
- d) **Aplicaciones:**
  - Para estructuras sólidas de acabados perfectos.
  - Construcciones en general de gran envergadura.
  
- e) **Dosificación:**
  - Se debe dosificar según la resistencia deseada.
  - Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
  - Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

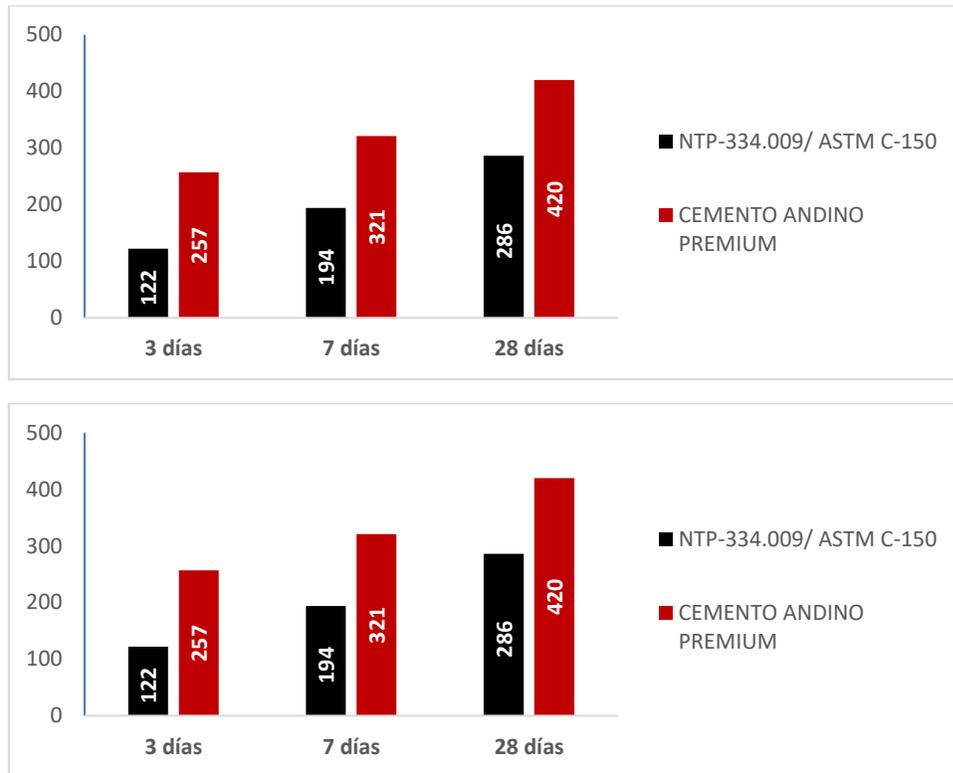
**Tabla 8. Propiedades Físicas y Químicas**

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO ANDINO PREMIUM	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	6	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.03	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	386	Mínimo 260
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.18	No especifica
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	257	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	321	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	420	Mínimo 286
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	128	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>			
MgO	%	1.6	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.2	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.5	Máximo 1.5
<b>FASES MINERALÓGICAS</b>			
C3S	%	55	No especifica
C2S	%	16	No especifica
C3A	%	7	No especifica
C4AF	%	10	No especifica
<b>ÁLCALIS EQUIVALENTES</b>			

\*Requisito opcional

Fuente: Hoja Técnica Cemento Andino Premium

Figura 1. Cemento Andino Premiun



Fuente: Elaboración propia

#### 1.2.8.5. Cemento Andino Forte

Según cartilla del fabricante, tiene las siguientes características:

- a) **Descripción:** Tipo MH (R), Cemento hidráulico de moderado calor de hidratación, obtenido de la molienda conjunta de Clinker Tipo I, yeso y puzolana.
- b) **Beneficios:**
  - Alta durabilidad de las estructuras.
  - Altamente impermeable.

- Alta resistencia a los sulfatos, moderada resistencia al salitre.
- Baja reactividad con agregados reactivos (álcali Sílice). Bajo contenido de álcalis.
- Alta resistencia a mediana y largo plazo.
- Moderado calor de hidratación.
- Excelente trabajabilidad y acabado.

**c) Características Técnicas:**

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-1157.

**d) Aplicaciones:**

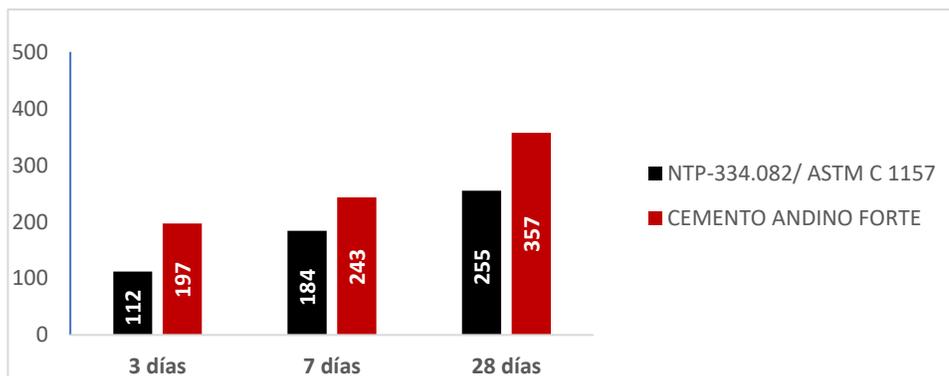
- Ideal para obras hidráulicas y sanitarias.
- Estructuras y construcciones en general, con facilidad de colocación en encofrados, cimentaciones, asentamiento de ladrillos y tarrajeo.
- Debido a su moderado calor de hidratación, trabaja perfectamente en climas cálidos propios de la sierra y selva peruana.

**Tabla 9. Propiedades Físicas y Químicas del Cemento Andino Forte**

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO ANDINO FORTE	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	5	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	461	No especifica
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.95	No especifica
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			

Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	197	No especifica
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	243	Mínimo 112
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 214
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 420
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>			
MgO	%	1.6	No especifica
SO <sub>3</sub>	%	2.6	No especifica
Pérdida al fuego	%	3.3	No especifica
<b>RESISTENCIA A LOS SULFATOS</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.032	0.05 % máx. a 180 días
<b>CALOR DE HIDRATACIÓN</b>			
Calor de hidratación a 3 días	cal/g	56.69	Máximo 80
<b>OPCIÓN R</b>			
Expansión a 14 días	%	0	Máximo 0.02
Expansión a 56 días	%	0.001	Máximo 0.06

Fuente. Hoja Técnica Cemento Andino Forte



## Definición de términos básicos

**Cemento Portland:** Cemento hidráulico de uso general, apropiado para todos los usos donde no se requiere las propiedades específicas de otros cementos.

**Concreto:** Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

**Concreto estado fresco:** Es aquel que acaba de ser mezclado, por lo tanto, la masa es blanda, trabajable y moldeable hasta el momento en que empieza a fraguar.

**Concreto en estado endurecido:** Inicia inmediatamente después del fraguado, el estado plástico empieza a endurecer, es decir adquiere resistencia y durabilidad.

**Trabajabilidad:** Es esencialmente determinada por la consistencia y cohesividad del concreto fresco.

**Movilidad:** Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de un trabajo externo.

**Consistencia:** Propiedad del concreto en estado fresco, que se determina a partir de un ensayo que prueba el asentamiento del concreto.

**Compacidad:** Capacidad de acomodamiento de los agregados en el concreto.

**Segregación:** Separación de los componentes del concreto en estado fresco.

**Asentamiento:** Refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica que tan seco o tan fluida esta la mezcla.

**Porosidad:** Cantidad de poros que se encuentran en una masa de concreto; también puede referirse a cualquier superficie.

**Cloruros:** Aniones derivados de cloruro de hidrógeno; y, son compuestos que llevan un átomo de cloro.

## **CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. Descripción del problema**

El concreto es el material más empleado en la construcción, por lo que la necesidad del conocimiento de sus propiedades debe ir actualizándose conforme vayan variando las características de los materiales componentes; si bien es cierto, las características del concreto cemento-arena dependen fundamentalmente de la relación agua-cemento y del grado de hidratación; su calidad final depende de las propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales (Rivva López 2004b), con la finalidad de obtener la calidad máxima establecida dentro de los parámetros normativos y garantizar el funcionamiento y durabilidad de la infraestructura.

En esta investigación es necesaria la predicción de vida útil del concreto cemento-arena, a partir del estudio de sus propiedades en estado fresco. Las mediciones de la resistividad eléctrica del concreto en estado fresco, permite obtener información sobre su microestructura, porosidad y contenido de agua; aspectos que, son necesarios a la vez evaluarlos por métodos experimentales convencionales y conocerlos para nuestros agregados y fundamentalmente para nuestras arenas, porque el conocimiento de los agregados, el cemento, el agua y el medio son determinantes en el diseño de un buen concreto para el futuro de una estructura, en especial la óptima elección de la relación agua-cemento

“En estos tiempos en los que los avances tecnológicos nos permiten hacer estructuras de ingeniería espectaculares y de gran tamaño, garantizar una vida útil desde proyecto debería de ser una de las principales premisas para los proyectistas. El método de predicción de la durabilidad basado en la

resistividad eléctrica en un futuro próximo será un método de referencia para el diseño y control de calidad de hormigones. Nos permitirá precisar con bastante exactitud la vida útil de cualquier estructura, puesto que este método es individualizado para cada una de ellas y tiene en cuenta todos los factores que pueden afectar a su durabilidad. Su aplicación es sencilla y no se necesitan grandes conocimientos sobre la materia para poder utilizarlo, esto facilitará su uso a todos los niveles” (Picos, s.f., p.105).

Para resolver esta situación problemática, la pregunta general quedó formulada de la siguiente manera:

## **2.2. Formulación del problema**

### **2.2.1. Problema General**

¿Cómo influyen la marca y el tipo de cemento Portland en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento- arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?

### **2.2.2. Problemas Específicos**

1. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en la consistencia del concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?
2. ¿De qué manera Influye la marca y el tipo de cemento, en el porcentaje de contenido de aire atrapado del concreto cemento – arena, elaborado

con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?

3. ¿De qué manera influye la marca y el tipo de cemento en la temperatura que alcanza el concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?
4. ¿De qué manera influye la marca y el tipo de cemento, en la exudación que alcanza el concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1?
5. ¿De qué manera influye la marca y el tipo de cemento, en el peso unitario que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1?
6. ¿De qué manera influye la marca y el tipo de cemento, en la resistencia a la compresión que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1?

### **2.3. Objetivos**

#### **2.3.1. Objetivo general**

Determinar y describir cómo influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, la marca y tipo de cemento Portland usado en la elaboración de mezclas.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en la consistencia del concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I.
2. Determinar cómo influye la marca y el tipo de cemento, en el porcentaje de contenido de aire atrapado del concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I
3. Determinar cómo influye la marca y el tipo de cemento en la temperatura que alcanza el concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I.
4. Determinar cómo influye la marca y el tipo de cemento, en la exudación que alcanza el concreto cemento – arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1.
5. Determinar cómo influye la marca y el tipo de cemento, en el peso unitario que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1.
6. Determinar cómo influye la marca y el tipo de cemento, en la resistencia a la compresión que alcanza el concreto cemento-arena,

elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

El conocimiento de las propiedades físico-químicas del cemento Portland tipo I y las características del concreto cemento - arena en estado fresco permiten determinar con un alto grado de precisión sus propiedades en estado endurecido.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

No pertinente.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Identificación de variables**

#### **Independiente:**

X: Propiedades físico-químicas del cemento.

#### **Dependiente:**

Y<sub>1</sub>: Propiedades del concreto en estado fresco.

Y<sub>2</sub>: Propiedades del concreto en estado endurecido.

### **2.5.2. Definición conceptual y operacional de variables**

### 2.5.2.1. Definición conceptual

**X:** Propiedades físico-químicas del cemento, que según sea la relación agua/cemento y el diseño, determinan el grado de plasticidad que alcanza la pasta de cemento y que influyen, de acuerdo a la calidad de los materiales, en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

**Y1:** Propiedades del concreto en la etapa en la que la masa es blanda, trabajable y moldeable, hasta el momento en que empieza a fraguar: Consistencia, exudación, contenido de aire, porosidad, absorción, asentamiento, peso unitario.

**Y2:** Propiedades del concreto en estado endurecido el que inicia después del fraguado y donde el estado plástico empieza a endurecer, es decir adquiere resistencia y durabilidad: Resistencia a la compresión, módulo elástico, entre otros.

### 2.5.2.2. Definición operacional

#### 2.5.2.2.1. Operacionalización de variables

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Indicadores
¿Cómo influyen las marcas y el tipo de cemento Portland en las propiedades físicas y mecánicas del concreto-cemento arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un	Determinar y describir cómo influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, la marca y tipo de cemento Portland usado en su elaboración.	H: El conocimiento de las propiedades físico-químicas del cemento Portland tipo I y las características del concreto cemento -	X: Propiedades físico-químicas del cemento	Propiedades físicas.  Propiedades químicas

<p>módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I?</p>		<p>arena en estado fresco permiten determinar con un alto grado de precisión sus propiedades en estado endurecido.</p>		
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>1. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en la consistencia del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?</p> <p>2. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en el porcentaje de contenido de aire atrapado del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?</p> <p>3. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en la temperatura que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>1. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en la consistencia del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I.</p> <p>2. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en el porcentaje de contenido de aire atrapado del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I.</p> <p>3. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en la temperatura que alcanza concreto cemento-arena,</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>No pertinente</p>	<p>Y1: Propiedades del concreto en estado fresco.</p> <hr/> <p>Y2: Propiedades del concreto en estado endurecido</p>	<p>Consistencia</p> <p>Exudación</p> <p>Temperatura</p> <p>Contenido de aire atrapado</p> <p>Porosidad</p> <p>Absorción</p> <p>Peso unitario</p> <hr/> <p>Resistencia a la compresión.</p> <p>Otras</p>

<p>un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?</p> <p>4. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en la exudación que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?</p> <p>5. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en el peso unitario del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?</p> <p>6. ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento, en la resistencia a la compresión que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo I?</p>	<p>elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I.</p> <p>4. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en la exudación que alcanza el concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I</p> <p>5. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en el peso unitario del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I.</p> <p>6. Determinar cómo influye la marca y tipo de cemento, en la consistencia del concreto cemento-arena, elaborado con una relación agua/cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.40 y con cemento Portland tipo I.</p>			
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

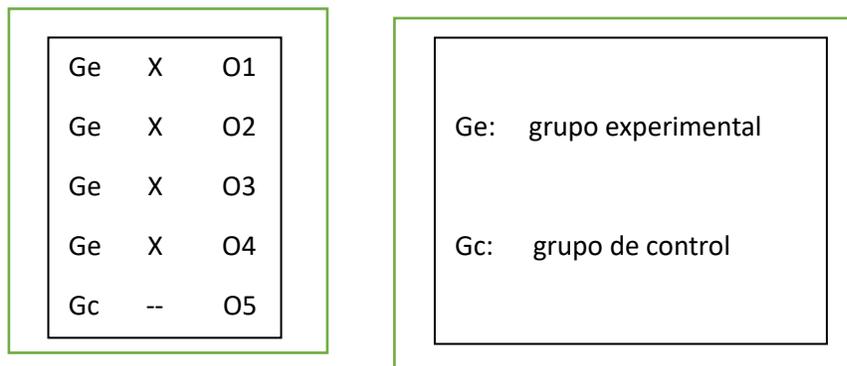
### 3.1. Tipo y diseño de la Investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa y de nivel descriptivo, correlacional, explicativo y aplicativo. Se cuantificaron las características del agregado fino y del cemento y la cantidad de agua, como componentes en el diseño de mezclas. Luego se determinaron cuantitativamente las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto elaborado con dichos diseños correspondientes a cinco marcas de cemento.

#### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es cuasi experimental, en el sentido que se mantuvo constante la relación agua / cemento y en la elaboración del concreto se usaron diferentes cantidades de arena y diferentes pesos específicos del cemento que corresponden a cada marca; y, no existió selección aleatoria de la muestra.



Se aplicó el tratamiento al grupo experimental y se estableció como grupo de control en la variable independiente, a la mezcla diseñada con el

cemento INKA, que es uno de los más usados en la ciudad. Comparamos la media del (O1), (O2), (O3), (O4) Ge con la (O5) del Gc, para finalmente evaluar si el tratamiento experimental tuvo efecto en la variable dependiente.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

La población está conformada por el diseño de mezcla de concreto cemento-arena de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , elaborado con cinco marcas de cemento Portland tipo I, con agua potable, manteniendo la misma relación agua/cemento de 0.60; y, con agregado fino de la cantera “Grupo Sánchez” carretera Iquitos Nauta km 25+500; y a la temperatura entre 29°C a 32°C. El módulo de fineza promedio del agregado fue de 1.46, peso unitario suelto promedio de 1435 kg/m<sup>3</sup>, peso unitario compactado promedio de 1663 kg/m<sup>3</sup>, con un promedio del porcentaje que pasa la malla N° 200 de 5.22% y con un promedio de peso específico de 2.663 gr/cc y un promedio de absorción de 0.2%.

### **3.2.2. Muestra**

Se extrajo un subconjunto representativo y finito de la población. Para determinar las propiedades físicas en estado fresco, la muestra para determinación de exudación del concreto estuvo conformada por 55 especímenes, correspondiendo a 11 especímenes por cada una de las siguientes marcas de cemento: El tamaño de la muestra para el ensayo de asentamiento fue de 5, correspondiendo una por cada diseño con la marca de cemento correspondiente. La muestra para el peso unitario del concreto fue también de 5, una por cada diseño con cada marca. La muestra para el ensayo de contenido de aire fue similarmente de 5, una por cada diseño con

cada marca. El tamaño de la muestra para el ensayo de temperatura del concreto también fue de 5, una por cada marca.

El tamaño de la muestra para el ensayo de compresión del concreto fue de 40, conformada por 8 testigos de concreto por cada marca de cemento. En todos los casos se ensayaron a los 7 días de curado en poza. Las marcas de cemento Portland que se usaron fueron: Inka Tipo Ico, Amazónico Tipo GU, APU tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R, y, Andino Premiun Tipo I

### **3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

#### **3.3.1. Técnicas de recolección de datos**

Para la colección de los datos se usó la observación; así como para la obtención de datos históricos e información secundaria, se usó la revisión documental. La obtención de datos históricos fueron de mucha importancia en esta sección del informe, esto debido a que toda información respecto a los materiales y elementos que intervienen en el diseño de la mezcla del concreto, así como las pruebas de laboratorio, se apuntaron en ellos, después de ser la analizados.

#### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos utilizados fueron las fichas de registro de datos en los que se fueron apuntando todos los datos obtenidos de cada ensayo practicado; y, los cuestionarios, para el logro de objetivos de esta investigación.

Se utilizaron las Normas ASTM C-136, las Normas Técnicas Peruanas N.T.P. 400.011 y N.T.P. (análisis granulométrico por tamizado). Para la

determinación del peso unitario suelto y peso unitario compactado del agregado se utilizaron la norma ASTM C-29 y Norma Técnica Peruana NTP 400.017. La cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 fue determinado usando la Norma ASTM C-117. La gravedad específica y absorción del agregado se determinó usando las Normas ASTM C 128 y N.T.P. 400.022. El ensayo a la compresión se determinó según la Norma ASTM C-39.

#### **Equipos y materiales en general 400.012**

- Agregado fino
- Cemento
- Balanza con sensibilidad 01  $\approx$  1.0 gramos.
- Estufa
- Tara
- Regla metálica y varilla de apizonado
- Agua
- Escobilla
- Moldes
- Otros materiales propios de los ensayos (ver Anexo 3. Panel fotográfico).

#### **3.3.3. Procedimientos de recolección de datos**

Las muestras fueron recolectadas en las fichas de registros, formatos con los que se trabajó en los que se apuntó los resultados obtenidos, los mismos que fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú, cumpliéndose los procedimientos de las normas técnicas y los protocolos correspondientes.

Se describen a continuación los ensayos realizados:

### **Características de los materiales**

Se realizaron los ensayos previos respecto al agregado fino.

#### **1. Peso unitario Suelto (PUS)**

**Materiales:** balanza, molde de 4", agregado fino, regla.

Este ensayo se usó para la conversión del agregado de peso a volumen, para el manejo y tratamiento del mismo, es importante porque se hacen en estado suelto.

Primero pesamos el molde de 4", sin contenido. Luego separamos el agregado fino en porciones o cuartos, tomando muestras de ellas, seguidamente colocamos en la estufa para su secado, programando a una temperatura de 105° - 110°C por todo un día.

Cuando retiramos el contenido, pasado las 24 horas, el agregado fino ya perdió toda su humedad. Vertimos el material sin compactar dentro del molde, una vez hecho esto, tomamos una regla y emplazamos el material y el envase. Luego eliminamos todo tipo de residuo que pueda afectar el proceso de pesado del material y el molde. Finalmente calculamos el peso unitario el peso seco suelto del material.

#### **2. Peso Unitario Compactado (PUC)**

**Materiales:** Varilla de apisonado, molde.

**Procedimiento:** Para cumplir con este ensayo, se usó el proceso de paleo. Llenamos el recipiente a un tercio del total y nivelamos la superficie con los dedos. Apisonamos la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Llenamos el recipiente a los dos tercios del total y nuevamente nivelamos y apisonamos. Finalmente, se cumplió ese procedimiento hasta llenar el recipiente a sobre volumen capa por capa.

Este ensayo se refiere al peso unitario de volumen a granel del agregado, en condiciones de compactación y humedad. Mencionamos que este ensayo es de mucha importancia para el diseño de mezclas. Su unidad de medida es kg/m<sup>3</sup>.

### 3. Gravedad específica y absorción

**Materiales:** Balanza, picnómetro, cono (40±3mm diámetro interno parte superior, 90±3mm en la parte del fondo), cuchara metálica, pisón, bandejas metálicas, horno, cuchara de albañilería, agregado fino, Norma ASTM-128.

**Procedimiento:** Pesamos todos los recipientes a utilizar sin el agregado fino, pesamos también el agregado fino.

Seleccionamos por cuarteo una cantidad de 1kg que se secó en el horno a una temperatura de 100°C -110°C. Después de 24 horas, se sacó el material del horno, y lo dejamos enfriar a temperatura ambiente durante 3 horas, una vez fría se pesó. Luego cubrimos la muestra con agua, y lo dejamos sumergido por 24 horas.

Cumplido el periodo de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua a fin de evitar la pérdida del agregado fino. Luego se procede al secado de las partículas del agregado, con aire caliente moderado (con equipo de secado), esto se hizo de manera uniforme.

Luego en el molde cónico se echa una muestra suficiente del agregado, para lo cual debe estar firmemente sujetado a fin de no cometer errores. Seguidamente apisonamos con 25 golpes utilizando la varilla. A continuación, levantamos con cuidado el molde, en este caso verificamos sí que la superficie de las partículas conserva un exceso de humedad, por lo que el cono de agregado manía su forma original, ante la ocurrencia, debimos seguir agitando y secando la muestra realizando la prueba del cono hasta que se produjo el primer desmoronamiento superficial, lo cual nos indicaba que el agregado alcanzó su condición de superficie seca.

Seguidamente, se introduce en el picnómetro (pesado previamente solo), 500gr de agregado fino, añadiendo agua, aproximadamente el 90% de su capacidad, para eliminar el porcentaje de aire atrapado se rueda el picnómetro en una superficie totalmente plana, agitándolo. Luego le colocamos dentro de un recipiente de mayor diámetro y profundidad que el picnómetro, a fin de darle un baño de agua de 21°C-25°C por una hora. Transcurrida la hora, sacamos el picnómetro del recipiente de baño, enrazamos con agua de igual temperatura, secamos todo y determinamos la superficie total pesando todo, con aproximación de 0.1gr. Finalmente extraemos el agregado fino del picnómetro, y pasamos a secarlo en el horno a 100°C-110°C hasta peso

constante dejándolo todo un día. Pasado las 24 horas, sacamos la muestra del horno y lo dejamos secar de una a una hora y media, seguidamente pasamos a determinar su peso seco.

#### 4. Análisis granulométrico

**Materiales:** Tamiz (según especificación E11), bandeja metálica, agitador mecánico, horno, balanza, agregado fino Norma ASTM -C136.

**Procedimiento:** Según Norma C-702, debemos tener la muestra a una cantidad adecuada. Luego secamos la muestra en el horno a una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ , en este caso es 300gr del agregado fino.

Seguidamente colocamos los tamices en orden decreciente de tamaño, y colocamos la muestra en el tamiz, desde la parte superior sin sobrellenarlo, luego agitamos el tamiz. Para mezcla de material menos a 4.75mm debe ser tamizado en incremento o reducido. Luego determinamos la masa retenida en cada tamiz. Calculamos la masa total de la sumatoria de las muestras individuales y vemos si difiere de la muestra original. Finalmente calculamos los porcentajes que pasan por cada tamiz y calculamos el módulo de fineza.

#### 5. Diseño de Mezcla

Se realizaron 3 diseños de mezclas de concreto cemento-arena.

Los diseños tienen una relación de agua cemento de 0.60, con una dosificación de 270lt, 280lt y 300 lt respectivamente.

**Materiales:** Recipiente, moldes, agua, cemento (APU), agregado fino.

**Procedimiento:** trabajamos con relación a 1m<sup>3</sup> de concreto cemento-arena y procedimos a realizar el diseño, después de mezclar y previamente haber realizado los cálculos respectivos para cada muestra, obteniendo diseños diferentes en cuanto a cantidad de agua, cemento y agregado fino, cumpliendo con el objetivo principal de este apartado.

Mencionamos que el diseño de mezcla se realizó con la finalidad de encontrar las diferentes consistencias (sentamientos cm) del concreto cemento-arena, mientras la masa está fresca y dispuesta a experimentar deformaciones, según el molde que lo contenga.

### **Ensayos del concreto al estado fresco**

#### **6. Peso unitario, contenido de aire atrapado y Ensayo de asentamiento de concreto (Slump)**

**Materiales:** Cono de Abrams (sin abolladuras ni protuberancias), varilla compactadora, lámina metálica plana, cucharón y flexómetro, Norma ASTM C143, NTP 339.035, NTP 339.033, INV 404-07.

**Procedimiento:** En primer lugar, se humedece el molde y se lo coloca sobre una lámina metálica o superficie plana (húmeda), luego homogenizamos la mezcla. Sujetamos el molde con los pies y se va llenando con la muestra de concreto en tres capas (un tercio del volumen del molde aproximadamente), compactando de forma uniforme, cada capa con los 25 golpes de la varilla lisa. Las capas del fondo se compactan en todo su espesor y las capas intermedias, y superior se compactaron en su espesor respectivo, sin intervenir en la capa de fondo. Se llenó la última capa hasta que estuvo por encima de la superficie, dándole los 25 golpes, luego se enraza la superficie y retira los sobrantes de mezcla. Finalmente, suavemente retiramos el molde a velocidad constante y manteniendo su verticalidad. Acto seguido se gira el molde y lo coloca sobre la superficie superior la varilla compactadora tomando la lectura desde el centro del nivel superior de la muestra hasta la parte inferior de la varilla. Aplicamos lo mismo para las tres muestras.

El tiempo desde la toma de la muestra y la realización de la medición del revenimiento fue menos de cinco minutos, cumpliéndose con los parámetros de la norma.

El tiempo máximo que duró el ensayo por cada muestra fue de 2.5 minutos y el tiempo de retirar el molde de forma vertical fue entre 3 a 7 segundos.

## **Ensayo del concreto al estado endurecido**

### **7. Resistencia a la Compresión**

**Materiales:** Máquina de prueba a compresión (error permitido  $\pm 3\%$  de la carga aplicada), cilindros de prueba, Norma NMX-C-083-ONNCCE-2002.

**Procedimiento:** Este ensayo es realizado después de que los testigos de concreto estén listos para su realización, en nuestro caso, únicamente a los 7 días de curado. Se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

Medición del diámetro de los testigos, con una aproximación de 1mm. Se promedió las medias de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del cilindro. Esta altura se determinó con una aproximación de 1mm en dos alturas opuestas y seguidamente se determinó la masa del cilindro.

Cabeceamos los cilindros y los humedecemos, antes de someterlo al ensayo. Limpiamos la superficie de las placas superior e inferior, y de prueba de la máquina de prueba de compresión.

Se colocó el cilindro sobre la placa inferior, alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga superior. Se tuvo cuidado extremo en la colocación para que la placa tenga un contacto suave y uniforme con el espécimen cilíndrico. Encendido de la máquina de prueba de compresión del concreto. La carga se aplicó con velocidad uniforme y continua sin impactos ni pérdida de carga. Para el caso de cilindros de 15cm de diámetro nominal se aplicó dentro de los intervalos de 84 a 210kg/cm<sup>2</sup> por minuto, es decir de 15 a 37 toneladas por minuto, existiendo una variación en la duración del ensayo de 1.5min a 2.5min. Sin embargo,

permitimos una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima, manteniendo la segunda mitad en su velocidad especificada. A la cercanía de la falla, la velocidad de aplicación no fue modificada y la carga se mantuvo hasta que el cilindro falló (a la vista de su destrucción o al observarse que no hay incremento de carga e inicio del retroceso de la aguja indicadora).

Registramos la carga máxima, y para el cálculo de la compresión, realizamos lo siguiente:

- Dividimos la carga máxima entre el área promedio de la sección transversal (1kgf/cm<sup>2</sup>), anotando en el formato de muestreo.

Terminado el ensayo, sacamos el cilindro para la limpieza de toda el área utilizada.

$$f'c = \frac{F}{A}$$

f'c= Resistencia a la compresión

F= Fuerza aplicada en Kgf

A= Área de sección transversal del especimen en cm<sup>2</sup>

### **3.4. Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de la información se logró después de un procedimiento computarizado, del que se adjuntan los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

 Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>		
	<b>Realizado en:</b> LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.	

## ENSAYO DE COMPRESIÓN

### SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Resistencia específica	210 kg/cm <sup>2</sup>	Marca y Tipo de Cemento	APU Tipo GU
Relación agua/cemento (a/c)	0.60	Peso específico	3.03 gr/cc

Condición	Curado en poza durante 7 días
-----------	-------------------------------

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Res. Obt. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio
1	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.90	190.8	19,460	76.977	253	<b>249</b>
2	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.96	199.5	20,343	77.913	261	
3	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.95	188.6	19,228	77.756	247	
4	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.99	196.7	20,053	78.304	256	
5	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.90	193.9	19,772	76.977	257	
6	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.96	179.1	18,266	77.913	234	
7	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.91	188.4	19,215	77.133	249	
8	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.94	180.1	18,364	77.6	237	

DESVIACIÓN ESTANDAR
9.60

VARIANZA
92.21

COEF. DE VARIACION
3.86

 Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>		
	<b>Realizado en:</b> LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.	

## ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Resistencia específica	210 kg/cm <sup>2</sup>	Marca y Tipo de Cemento	Amazónico Tipo GU
Relación agua/cemento (a/c)	0.60	Peso específico	3.18 gr/cc

Condición	Curado en poza durante 7 días
-----------	-------------------------------

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Res. Obt. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio
1	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.99	156.2	15,931	78.383	203	<b>215</b>
2	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.97	158.1	16,125	78.069	207	
3	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.98	167.5	17,081	78.226	218	
4	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.98	157.5	16,055	78.148	205	
5	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.99	168.3	17,166	78.383	219	
6	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	10.01	162.1	16,529	78.697	210	
7	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.99	187.6	19,134	78.383	244	
8	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	10.00	163.5	16,668	78.461	212	

DESVIACIÓN ESTANDAR
13.13

VARIANZA
172.50

COEF. DE VARIACION
6.11

 Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>		
	<b>Realizado en:</b> LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.	

## ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Resistencia específica	210 kg/cm <sup>2</sup>	Marca y Tipo de Cemento	Inka Tipo Ico
Relación agua/cemento (a/c)	0.60	Peso específico	3.08 gr/cc

Condición	Curado en poza durante 7 días
-----------	-------------------------------

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Res. Obt. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio
1	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	10.02	165.7	16,901	78.854	214	<b>211</b>
2	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	9.98	166.2	16,951	78.148	217	
3	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	9.96	163.0	16,621	77.835	214	
4	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	10.01	161.4	16,456	78.697	209	
5	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	9.92	157.1	16,018	77.288	207	
6	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	9.96	158.3	16,143	77.913	207	
7	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	9.88	161.0	16,416	76.666	214	
8	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.59	18/04/2023	25/04/2023	7	9.98	154.8	15,780	78.226	202	

DESVIACIÓN ESTANDAR
5.04

VARIANZA
25.43

COEF. DE VARIACION
2.39



 Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>		
	<b>Realizado en:</b> LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.	

## ENSAYO DE COMPRESIÓN

### SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Resistencia específica	210 kg/cm <sup>2</sup>	Marca y Tipo de Cemento	Andino Forte Tipo MH/R
Relación agua/cemento (a/c)	0.60	Peso específico	2.94 gr/cc

Condición      Curado en poza durante 7 días

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Res. Obt. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio
1	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.97	158.7	16,181	78.069	207	<b>213</b>
2	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.86	155.3	15,836	76.356	207	
3	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.95	164.4	16,766	77.678	216	
4	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.95	162.5	16,567	77.756	213	
5	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.85	159.4	16,255	76.201	213	
6	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.98	166.1	16,933	78.226	216	
7	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.89	163.1	16,634	76.821	217	
8	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	18/04/2023	25/04/2023	7	9.89	161.2	16,441	76.821	214	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.91

VARIANZA
15.27

COEF. DE VARIACION
1.83

 Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>		
	<b>Realizado en:</b> LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.	

## ENSAYO DE COMPRESIÓN

### SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Resistencia específica	210 kg/cm <sup>2</sup>	Marca y Tipo de Cemento	Andino Premium Tipo I
Relación agua/cemento (a/c)	0.60	Peso específico	3.18 gr/cc

Condición      Curado en poza durante 7 días

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Res. Obt. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio
1	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.87	214.4	21,867	76.434	286	<b>284</b>
2	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.90	220.3	22,460	76.977	292	
3	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.92	212.8	21,698	77.288	281	
4	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.92	210.0	21,417	77.288	277	
5	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	10.05	230.6	23,518	79.327	296	
6	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.97	196.7	20,061	78.069	257	
7	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.98	228.4	23,285	78.226	298	
8	Testigo de concreto cemento - arena, W/C=0.60	22/04/2023	29/04/2023	7	9.97	218.0	22,234	77.991	285	

DESVIACIÓN ESTANDAR
13.07

VARIANZA
170.86

COEF. DE VARIACION
4.60

Institución: Investigación:



Universidad Científica del Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

**PROGRESIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DURANTE 7 DÍAS (Kg/cm<sup>2</sup>)**

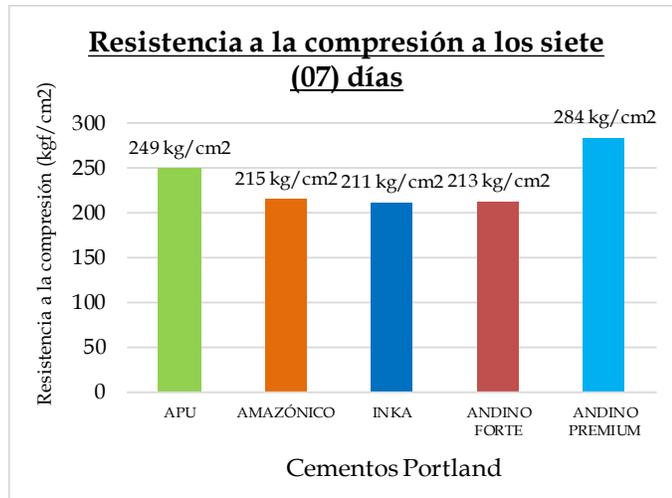
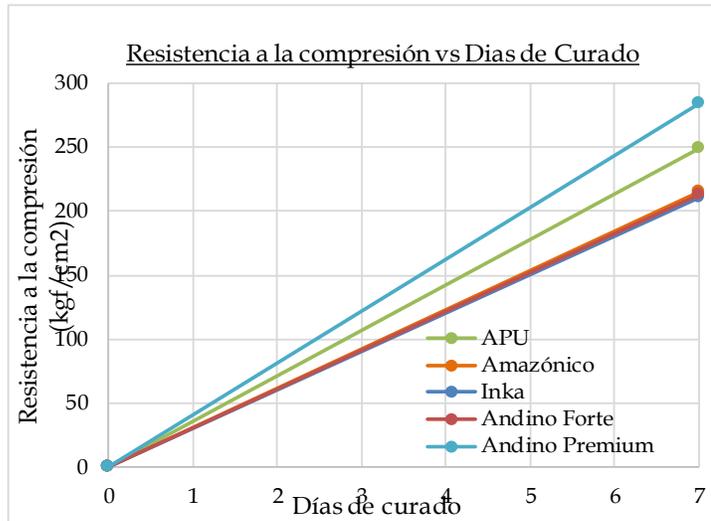
Cemento Portland/ Agregado de cantera arena blanca

Cementos/ días de curado	APU	AMAZÓNICO	INKA	ANDINO FORTE	ANDINO PREMIUM
7 días	249	215	211	213	284

**COEFICIENTE DE VIARIACIÓN (%)**

Cemento Portland/ Agregado de cantera arena blanca

Cementos/ días de curado	APU	AMAZÓNICO	INKA	ANDINO FORTE	ANDINO PREMIUM
7 días	3.86	6.11	2.39	1.83	4.60



Peso Unitario Compactado	1,663 Kg/m <sup>3</sup>
Modulo de Fineza	1.46
Humedad para Diseño	1.11 %

## B. CARACTERISTICAS

### 3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump	3 1/2" - 5 1/2"
Estimación de Agua	300 Lts/m <sup>3</sup>
Relacion Agua/Cemento (A/C)	0.60
Factor Cemento	<b>C=A/Rac</b> 300.00 / 0.6 = 500 = 11.76 Bls./m <sup>3</sup>
Contenido de Aire Atrapado	8.50 %

## C. CALCULO

### 4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento	:	500	/	2940	=	0.170 m <sup>3</sup>
Agua	:	300.00	/	1000	=	0.300 m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	:	8.50	/	100	=	0.085 m <sup>3</sup>
						0.555 m <sup>3</sup>

Volumen Absoluto de los agregados	1.000	-	0.555	=	0.445 m <sup>3</sup>
Peso del Agregado Fino	0.445	x	2649	=	1178.6 kg

### 5. VALORES DE DISEÑO

Cemento	:	500.0 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	300.0 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	:	1178.6 Kg/m <sup>3</sup>

### 6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Humedo del A. Fino	:	1178.60	x	1.0111	=	1191.68 Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Superficial A. Fino	:	1.11	-	0.20	=	0.91 %
Aporte de Humedad A. Fino	:	1178.60	x	0.0091	=	10.73 Lts.
Agua Efectiva de Diseño	:	300.00	-	10.73	=	289.3 Lts.

Institución: Investigación:



**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I. IQUITOS 2023**

Realizado en: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales - UCP  
 Realizado por: Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
 Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.  
 Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

### 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	:	500.0 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	289.3 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	:	1191.7 Kg/m <sup>3</sup>

### 8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento	:	500.00	/	500.00	=	1.00
Agregado Fino	:	1191.68	/	500.00	=	2.38
Agua	:	0.58	x	42.50	=	24.65

**DOSIFICACIÓN EN PESO** : **C** : **AF** : **Agua**  
 : **1** : **2.38** : **24.65** Lts/m<sup>3</sup>

### 9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie3)

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	1450.93 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto Humedo A. Gruesc	0.00 Kg/m <sup>3</sup>

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I. IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE  
MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Inq. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

**7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento : 500.0 Kg/m<sup>3</sup>  
Agua : 289.3 Lts/m<sup>3</sup>  
Agregado Fino : 1191.7 Kg/m<sup>3</sup>

**8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)**

Cemento : 500.00 / 500.00 = 1.00  
Agregado Fino : 1191.7 / 500.00 = 2.38  
Agua : 0.58 x 42.50 = 24.65

**DOSIFICACIÓN EN PESO** : **C** : **AF** : **Agua**  
: **1** : **2.38** : **24.65** Lts/m<sup>3</sup>

**9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie<sup>3</sup>)**

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino 1450.93 Kg/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Suelto Humedo A. Grueso 0.00 Kg/m<sup>3</sup>

**DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN** : **C** : **AF** : **Agua**  
: **1** : **2.44** : **24.65** Lts/m<sup>3</sup>

**10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO**

Cemento 42.5 Kg  
Agregado Fino 101.2 Kg  
Agua Efectiva 24.65 lts.

**ESPECIFICACIONES** : El Diseño de Mezcla se desarrollo según especificaciones del COMITE N° 211 - ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) seguida de las experiencias de diseño registradas en el Laboratorio.

**OBSERVACIONES** : El material en la mezcla es arena de color blanco, traslada al laboratorio por los bachilleres. El concreto se realizó a una temperatura ambiente entre 29 a

<b>Institución:</b>  Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>	
	<b>Realizado en:</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado por:</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

**PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO**  
**ASTM C-138**

**Relación agua/cemento:** 0.60  
**Cemento:** Andino Forte Tipo MH/R

**DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 500.00 kg	0.17007 m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1180.96 kg	0.44497 m <sup>3</sup>
AGUA	: 300.00 kg	0.30000 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>1980.96 kg</b>	<b>0.915 m<sup>3</sup></b>

S.S.S.\* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{1980.96 \text{ kg}}{0.915 \text{ m}^3} = 2164.89 \text{ kg/m}^3$$

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO**

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	18200	18213	18240
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14854	14867	14894
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm <sup>3</sup> )	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm <sup>3</sup> )	2.100	2.102	2.105
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>2.10230</b>	
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2102.30</b>	

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{1980.96 \text{ kg.}}{2102.3 \text{ kg/m}^3} = 0.942282 \text{ m}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{0.942282 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.942$$

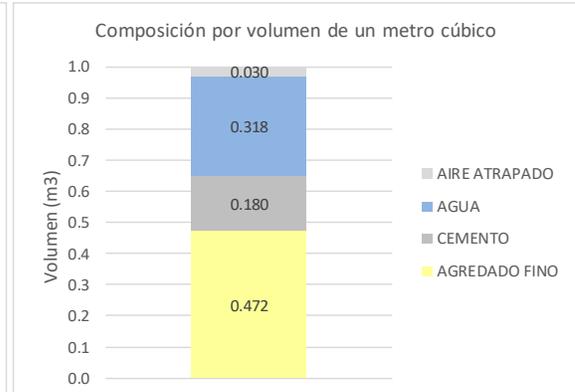
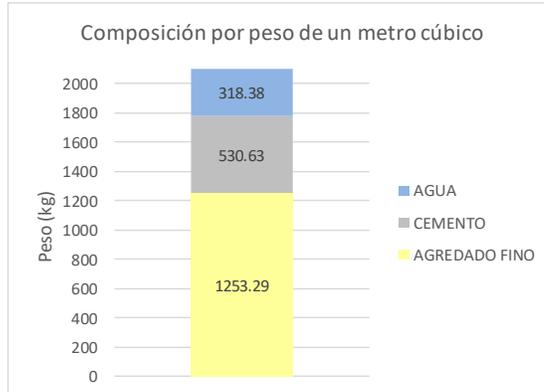
$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{500 \text{ m}^3}{0.942282 \text{ m}^3} = 530.63 \text{ kg/m}^3 = 12.49 \text{ bolsas/m}^3$$

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 2.89 % Método gravimétrico  
 CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 9.50 % Método de presión  
 TEMPERATURA DE LA MEZCLA 31.7 °C

**COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 530.63 kg	0.180 m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1253.29 kg	0.472 m <sup>3</sup>
AGUA	: 318.38 lts.	0.318 m <sup>3</sup>
<u>AIRE ATRAPADO</u>	<u>0.00</u>	<u>0.030 m<sup>3</sup></u>
<b>TOTAL</b>	<b>2102.30 kg</b>	<b>1.0000 m<sup>3</sup></b>

<b>Institución:</b>  Universidad Científica del Perú	<b>Investigación:</b> <b>CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023</b>	
	<b>Realizado en:</b> LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP	<b>Realizado por:</b> Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen. Br. GONZÁLES PAREDES, Christian. <b>Asesor:</b> Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.



Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

## CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023

Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE  
MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.

Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CEMENTO - ARENA

Resistencia Específica : F'c : 210 kg/cm2  
F'cr : 210 + 84 kg/cm2

### INFORMACION

#### A. MATERIALES

##### 1. CEMENTO

Marca y Tipo : **Andino Premium Tipo I**  
Peso Específico : 3.18 gr/cc  
Peso Unitario : 1500 kg/m3

##### 2. AGREGADOS

###### AGREGADO FINO

Peso Específico 2.649 gr/cc  
Porcentaje de Absorción 0.20 %  
Peso Unitario Suelto 1,435 Kg/m3  
Peso Unitario Compactado : 1,663 Kg/m3  
Modulo de Fineza 1.46  
Humedad para Diseño 1.11 %

#### B. CARACTERISTICAS

##### 3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump 3 1/2" - 5 1/2"  
Estimación de Agua 300 Lts/m3  
Relacion Agua/Cemento (A/C) 0.60  
Factor Cemento **C=A/Rac** 300.00 / 0.6 = 500 = 11.76 Bls./m3  
Contenido de Aire Atrapado 8.50 %

#### C. CALCULO

##### 4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento : 500 / 3180 = 0.157 m3  
Agua : 300.00 / 1000 = 0.300 m3  
Aire Atrapado : 8.50 / 100 = 0.085 m3  
0.542 m3

Volumen Absoluto de los agregados 1.000 - 0.542 = 0.458 m3  
Peso del Agregado Fino 0.458 x 2649 = 1212.6 kg

##### 5. VALORES DE DISEÑO

Cemento : 500.0 Kg/m3  
Agua : 300.0 Lts/m3  
Agregado Fino : 1212.6 Kg/m3

##### 6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Humedo del A. Fino : 1212.60 x 1.0111 = 1226.06 Kg/m3  
Humedad Superficial A. Fino : 1.11 - 0.20 = 0.91 %  
Aporte de Humedad A. Fino : 1212.60 x 0.0091 = 11.04 Lts.  
Agua Efectiva de Diseño : 300.00 - 11.04 = 289.0 Lts.

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE  
MATERIALES - UCP**

**Realizado en:**

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Inq. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

Asesor: Inq. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

Asesor: Inq. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

### 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	:	500.0 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	289.0 Lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	:	1226.1 Kg/m <sup>3</sup>

### 8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento	:	500.00	/	500.00	=	1.00
Agregado Fino	:	1226.1	/	500.00	=	2.45
Agua	:	0.58	x	42.50	=	24.65

		<b>C</b>		<b>AF</b>		<b>Agua</b>
<b>DOSIFICACIÓN EN PESO</b>	:	<b>1</b>	:	<b>2.45</b>	:	<b>24.65</b> Lts/m <sup>3</sup>

### 9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie<sup>3</sup>)

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	1450.93 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto Humedo A. Grueso	0.00 Kg/m <sup>3</sup>

		<b>C</b>		<b>AF</b>		<b>Agua</b>
<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN</b>	:	<b>1</b>	:	<b>2.51</b>	:	<b>24.65</b> Lts/m <sup>3</sup>

### 10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	42.5 Kg
Agregado Fino	104.1 Kg
Agua Efectiva	24.65 lts.

**ESPECIFICACIONES** : El Diseño de Mezcla se desarrollo según especificaciones del COMITE N° 211 - ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) seguida de las experiencias de diseño registradas en el Laboratorio.

**OBSERVACIONES** : El material en la mezcla es arena de color blanco, traslada al laboratorio por los bachilleres. El concreto se realizó a una temperatura ambiente entre 29 a

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.

Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

**PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO**  
**ASTM C-138**

Relación agua/cemento:

**0.60**

Cemento:

**Andino Premium Tipo I**

**DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 500.00 kg	0.15723 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1215.03 kg	0.45781 m3
AGUA	: 300.00 kg	0.30000 m3
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>2015.03 kg</b>	<b>0.915 m3</b>

S.S.S.\* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{2015.03 \text{ kg}}{0.915 \text{ m}^3} = 2202.12 \text{ kg/m}^3$$

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO**

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	18042	18271	18145
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14696	14925	14799
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.077	2.110	2.092
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)</b>		<b>2.09311</b>	
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)</b>		<b>2093.11</b>	

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{2015.03 \text{ kg.}}{2093.113333 \text{ kg/m}^3} = 0.962695 \text{ m}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{0.962695 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.963$$

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{500 \text{ m}^3}{0.962695 \text{ m}^3} = 519.38 \text{ kg/m}^3 = 12.22 \text{ bolsas/m}^3$$

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 4.95 % Método gravimétrico

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 7.20 % Método de presión

TEMPERATURA DE LA MEZCLA 30.4 °C

**COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 519.38 kg	0.163 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1262.11 kg	0.476 m3
AGUA	: 311.63 lts.	0.312 m3
AIRE ATRAPADO	: 0.00	0.049 m3
<b>TOTAL</b>	<b>2093.11 kg</b>	<b>1.0000 m3</b>

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS  
DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

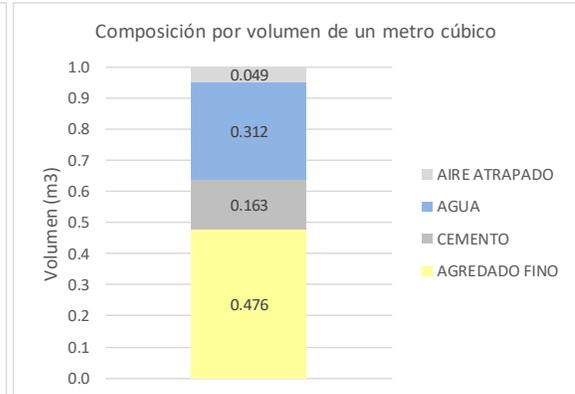
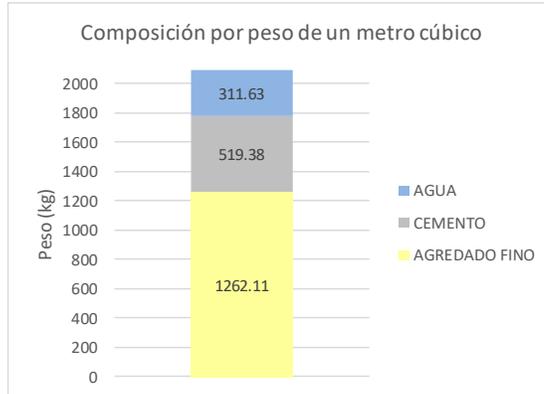
LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.

Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.



Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

## CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023

Realizado en:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE  
MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.

Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CEMENTO - ARENA

Resistencia Específica :  $F'c$  : 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 $F'cr$  : 210 + 84 kg/cm<sup>2</sup>

### INFORMACION

#### A. MATERIALES

##### 1. CEMENTO

Marca y Tipo : APU Tipo GU  
Peso Específico : 3.03 gr/cc  
Peso Unitario : 1500 kg/m<sup>3</sup>

##### 2. AGREGADOS

###### AGREGADO FINO

Peso Específico 2.649 gr/cc  
Porcentaje de Absorción 0.20 %  
Peso Unitario Suelto 1,435 Kg/m<sup>3</sup>  
Peso Unitario Compactado : 1,663 Kg/m<sup>3</sup>  
Modulo de Fineza 1.46  
Humedad para Diseño 1.11 %

#### B. CARACTERÍSTICAS

##### 3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump 3 1/2" - 5 1/2"  
Estimación de Agua 300 Lts/m<sup>3</sup>  
Relacion Agua/Cemento (A/C) 0.60  
Factor Cemento  $C=A/Rac$  300.00 / 0.6 = 500 = 11.76 Bls./m<sup>3</sup>  
Contenido de Aire Atrapado 8.50 %

#### C. CALCULO

##### 4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento : 500 / 3030 = 0.165 m<sup>3</sup>  
Agua : 300.00 / 1000 = 0.300 m<sup>3</sup>  
Aire Atrapado : 8.50 / 100 = 0.085 m<sup>3</sup>  
0.550 m<sup>3</sup>

Volumen Absoluto de los agregados 1.000 - 0.550 = 0.450 m<sup>3</sup>  
Peso del Agregado Fino 0.450 x 2649 = 1192.0 kg

##### 5. VALORES DE DISEÑO

Cemento : 500.0 Kg/m<sup>3</sup>  
Agua : 300.0 Lts/m<sup>3</sup>  
Agregado Fino : 1192.0 Kg/m<sup>3</sup>

##### 6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Humedo del A. Fino : 1192.00 x 1.0111 = 1205.23 Kg/m<sup>3</sup>  
Humedad Superficial A. Fino : 1.11 - 0.20 = 0.91 %  
Aporte de Humedad A. Fino : 1192.00 x 0.0091 = 10.85 Lts.  
Agua Efectiva de Diseño : 300.00 - 10.85 = 289.2 Lts.

**Institución:** **Investigación:**  
**UCP** **CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**  
**Realizado en:** **Realizado por:**  
 Universidad LABARATORIO DE MECÁNICA DE Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
 Científica del SUELOS Y ENSAYO DE Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.  
 Perú MATERIALES - UCP **Asesor:** Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

#### 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento : 500.0 Kg/m<sup>3</sup>  
 Agua : 289.2 Lts/m<sup>3</sup>  
 Agregado Fino : 1205.2 Kg/m<sup>3</sup>

#### 8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento : 500.00 / 500.00 = 1.00  
 Agregado Fino : 1205.2 / 500.00 = 2.41  
 Agua : 0.58 x 42.50 = 24.65

**DOSIFICACIÓN EN PESO** : **C** : **AF** : **Agua**  
 : **1** : **2.41** : **24.65** Lts/m<sup>3</sup>

#### 9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie<sup>3</sup>)

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino 1450.93 Kg/m<sup>3</sup>  
 Peso Unitario Suelto Humedo A. Grueso 0.00 Kg/m<sup>3</sup>

**DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN** : **C** : **AF** : **Agua**  
 : **1** : **2.47** : **24.65** Lts/m<sup>3</sup>

#### 10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento 42.5 Kg  
 Agregado Fino 102.4 Kg  
 Agua Efectiva 24.65 lts.

**ESPECIFICACIONES** : El Diseño de Mezcla se desarrollo según especificaciones del COMITE N° 211 - ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) seguida de las experiencias de diseño registradas en el Laboratorio.

**OBSERVACIONES** : El material en la mezcla es arena de color blanco, traslada al laboratorio por los bachilleres. El concreto se realizó a una temperatura ambiente entre 29 a

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.  
Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

**PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO**  
**ASTM C-138**

Relación agua/cemento:

**0.60**

Cemento:

**APU Tipo GU**

**DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 500.00 kg	0.16502 m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1194.38 kg	0.45003 m <sup>3</sup>
AGUA	: 300.00 kg	0.30000 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>1994.38 kg</b>	<b>0.915 m<sup>3</sup></b>

S.S.S.\* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{1994.38 \text{ kg}}{0.915 \text{ m}^3} = 2179.54 \text{ kg/m}^3$$

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO**

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	18417	18391	18412
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	15071	15045	15066
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm <sup>3</sup> )	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm <sup>3</sup> )	2.130	2.127	2.130
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>2.12902</b>	
<b>PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2129.02</b>	

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{1994.38 \text{ kg.}}{2129.016667 \text{ kg/m}^3} = 0.936761 \text{ m}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{0.936761 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.937$$

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{500 \text{ m}^3}{0.936761 \text{ m}^3} = 533.75 \text{ kg/m}^3 = 12.56 \text{ bolsas/m}^3$$

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	2.32 %	Método gravimétrico
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	9.60 %	Método de presión
TEMPERATURA DE LA MEZCLA	32.2 °C	

**COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL**

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 533.75 kg	0.176 m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1275.01 kg	0.480 m <sup>3</sup>
AGUA	: 320.25 lts.	0.320 m <sup>3</sup>
AIRE ATRAPADO	0.00	0.024 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>2129.02 kg</b>	<b>1.0000 m<sup>3</sup></b>

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

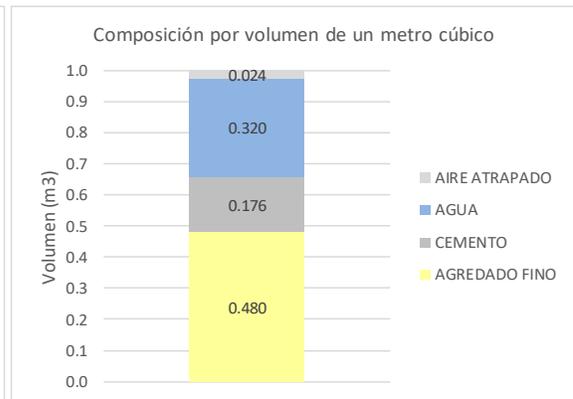
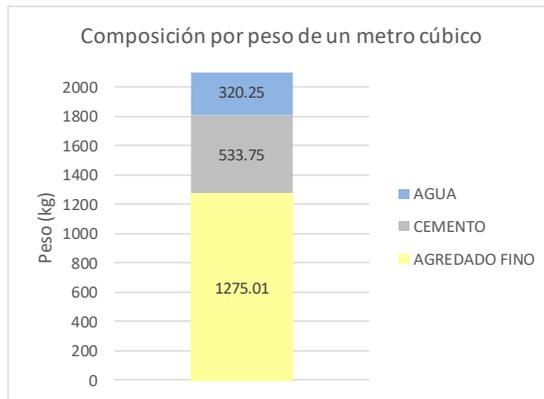
Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y ENSAYO DE MATERIALES - UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.



Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**INVESTIGACIÓN:**  
**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES -  
UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Cemento	:	APU Tipo GU
Relación agua - cemento	:	0.60
Diámetro del recipiente	:	25.83 cm
Área del concreto expuesto	:	524.01 cm <sup>2</sup>
Peso de la mezcla + recipiente	:	42375 gr
Peso del recipiente	:	15650 gr
Peso de la muestra	:	26725 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregado	:	320.25 kg
Peso del concreto por metro cúbico	:	2129.02 kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	volumen de agua Extraída (ml)	Agua de Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )
12:02	0	0	0.000
12:12	10	14.47	0.028
12:22	20	17.76	0.034
12:32	30	18.44	0.035
12:42	40	14.14	0.027
1:12	70	44.4	0.085
1:42	100	40.12	0.077
2:12	130	13.76	0.026
2:42	160	1.03	0.002
3:12	190	0	0.000
<b>Total</b>		164.12	0.313

<b>Peso del agua en la muestra</b>	=	6374.10 gr
<b>Exudación</b>	=	2.575 (%)

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES -  
UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Cemento	:	Amazónico Tipo GU
Relación agua - cemento	:	0.60
Diámetro del recipiente	:	25.83 cm
Área del concreto expuesto	:	524.01 cm <sup>2</sup>
Peso de la mezcla + recipiente	:	41975 gr
Peso del recipiente	:	15650 gr
Peso de la muestra	:	26325 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregado	:	314.92 kg
Peso del concreto por metro cúbico	:	2115.21 kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	volumen de agua Extraída (ml)	Agua de Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )
8:36	0	0	0.000
8:46	10	3.8	0.007
8:56	20	12.56	0.024
9:06	30	9.58	0.018
9:16	40	11.98	0.023
9:46	70	36.27	0.069
10:16	100	32.36	0.062
10:46	130	31.00	0.059
11:16	160	19.06	0.036
11:46	190	0.69	0.001
12:16	200	0	0.000
<b>Total</b>		157.3	0.300

<b>Peso del agua en la muestra</b>	=	6249.39 gr
<b>Exudación</b>	=	2.517 (%)

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES -  
UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.

Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Cemento	:	Andino ForteTipo MH/R
Relación agua - cemento	:	0.60
Diámetro del recipiente	:	25.83 cm
Área del concreto expuesto	:	524.01 cm <sup>2</sup>
Peso de la mezcla + recipiente	:	42890 gr
Peso del recipiente	:	15650 gr
Peso de la muestra	:	27240 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregado	:	318.38 kg
Peso del concreto por metro cúbico	:	2102.3 kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	v olumen de agua Extraída (cm <sup>3</sup> )	Agua de Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )
12:05	0	0	0.000
12:15	10	9.47	0.018
12:25	20	16.27	0.031
12:35	30	17.26	0.033
12:45	40	14.26	0.027
1:15	70	45.82	0.087
1:45	100	51.83	0.099
2:15	130	28.02	0.053
2:45	160	17.93	0.034
3:15	190	0.12	0.000
3:45	200	0	0.000
<b>Total</b>		<b>200.98</b>	<b>0.384</b>

<b>Peso del agua en la muestra</b>	=	6495.42 gr
<b>Exudación</b>	=	3.094 (%)

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES -  
UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.  
Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Cemento	:	Inka Tipo Ico
Relación agua - cemento	:	0.60
Diámetro del recipiente	:	25.83 cm
Área del concreto expuesto	:	524.01 cm <sup>2</sup>
Peso de la mezcla + recipiente	:	42930 gr
Peso del recipiente	:	15650 gr
Peso de la muestra	:	27280 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregado	:	317.33 kg
Peso del concreto por metro cúbico	:	2117.09 kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	Volúmen de agua Extraída (ml)	Agua de Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )
3:30	0	0	0.000
3:40	10	5.03	0.010
3:50	20	14.93	0.028
4:00	30	20.56	0.039
4:10	40	19.37	0.037
4:40	70	46.76	0.089
5:10	100	42.68	0.081
5:40	130	36.09	0.069
6:10	160	14.92	0.028
6:40	190	0.09	0.000
7:10	200	0	0.000
<b>Total</b>		200.43	0.382

<b>Peso del agua en la muestra</b>	=	6434.77 gr
<b>Exudación</b>	=	3.115 (%)

Institución: Investigación:



Universidad  
Científica del  
Perú

**CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO ELABORADO CON CINCO (05) MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS 2023**

Realizado en:

LABARATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES -  
UCP

Realizado por:

Br. MÉNDEZ DOMINGUEZ, María del Carmen.  
Br. GONZÁLES PAREDES, Christian.  
Asesor: Ing. IRIGOIN CABRERA, Ulises Octavio. Mg.

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Cemento	:	Andino Premium Tipo I
Relación agua - cemento	:	0.60
Diámetro del recipiente	:	25.83 cm
Área del concreto expuesto	:	524.01 cm <sup>2</sup>
Peso de la mezcla + recipiente	:	42145 gr
Peso del recipiente	:	15650 gr
Peso de la muestra	:	26495 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregado	:	311.63 kg
Peso del concreto por metro cúbico	:	2093.11 kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	v olumen de agua Extraída (cm <sup>3</sup> )	Agua de Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )
2:37	0	0	0.000
2:47	10	10.77	0.021
2:57	20	16.78	0.032
3:07	30	14.9	0.028
3:17	40	17.89	0.034
3:47	70	48.89	0.093
4:17	100	44.38	0.085
4:47	130	25.75	0.049
5:17	160	8.61	0.016
5:47	190	1.03	0.002
6:17	200	0	0.000
<b>Total</b>		189	0.361

<b>Peso del agua en la muestra</b>	=	6274.70 gr
<b>Exudación</b>	=	3.012 (%)

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Discusión de resultados**

Según nuestros resultados, las características del agregado logran efectos en el concreto como la docilidad y fácil acomodo de las mezclas en las probetas, datos que coinciden con las investigaciones de Guillén y Llerena 2020, quienes indican que la forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto. Así mismo Ferreira y Torres 2014, señalan que, dependiendo de sus propiedades físicas, la calidad de los agregados, resultan determinantes para la variación de las propiedades físicas de las muestras, pues su origen afecta directamente su composición. En términos de trabajabilidad Abril y Ramos 2017 y Yam, Carcaño y Moreno 2003, afirman que dependiendo del origen (cantera y aluvial) y estructura del agregado puede resultar frágil y susceptible en su manipulación en la mezcla del concreto en estado fresco, presentando constantes fracturas del agregado, así mismo mayor absorción.

Por otro lado comprobamos lo dicho por Contreras 2014, quien afirma que siendo el agregado grueso uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención en peso tiene en las mezclas la forma angular y textura áspera, permiten en el concreto fresco una buena adhesión del agregado con la pasta de cemento y le brinda a la mezcla menor asentamiento (de 3" a 4" en esta investigación), sin embargo, el asentamiento con la con grava de rio varía entre 8% y 16%, esto debido a su forma redondeada y textura lisa, dando similares resultados como los encontrados en esta investigación.

En este sentido Héctor Vera S. 2017, se enfoca en la segregación de la mezcla de concreto, en lo que coincidimos con su análisis, el mismo que

enfatisa en la distribución adecuada del agregado mediante el cuarteo y luego el tamizado.

Así mismo coincidimos con los estudios de Guevara et al. 2012, quienes señalan que la relación agua-cemento (A/C) afecta directamente en la resistencia del concreto, sin embargo, resaltan que es importante comprobar las propiedades del concreto con el que se está trabajando, para determinar su utilidad a largo plazo y cumplir con los estándares requeridos para tal finalidad. Nuestros valores encontrados en cuanto a resistencia. Carrillo y Rojas 2016, afirman que la resistencia del concreto tanto a compresión y flexión, varían respecto al volumen del agregado fino de la mezcla, los mismos que dan como resultado un mejor comportamiento a compresión y flexión en el concreto.

## **5.2. Conclusiones**

A la luz de los resultados de la investigación se concluye:

1. Las propiedades físicas y químicas del cemento Portland de distintas marcas y tipo usado en la elaboración de mezclas, sí influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento- arena, quedando de esta manera confirmada la hipótesis general.
2. Distintas marcas y tipos de cemento, sí influyen en la *consistencia* del concreto cemento – arena; así, este tipo de concreto, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1 de la marca INKA Tipo Ico, de peso específico 3.08 gr/cc alcanzó un slump inicial de 5 ½” y un slump final tomado después de 5 minutos de 4” en el concreto patrón y en el concreto

con las marcas Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R y Andino Premiun Tipo I los valores alcanzados del slump fueron de 5" y 4 ½", 5 ¼" y 4 ¼", 6" y 4 ½" y 5 ½" y 35/8", respectivamente. En cuanto a la resistencia el concreto con la marca INKA Tipo Ico alcanzó a los 7 días una resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> y en tanto el elaborado con los otros alcanzó una resistencia de 215kg/cm<sup>2</sup>, 249kg/cm<sup>2</sup>, 213 kg/cm<sup>2</sup> y 284kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

3. Distintas marcas y tipos de cemento, sí influyen en el *porcentaje de contenido de aire atrapado* del concreto cemento – arena; así, este tipo de concreto, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1 de la marca INKA Tipo Ico, de peso específico 3.08 gr/cc alcanzó un contenido de aire, por el método de presión, alcanzó un valor de 9.80 % en el concreto patrón y en el concreto con las marcas Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R y Andino Premiun Tipo I se obtuvieron valores de 8.80%, 9.60% ,9.50% y 7.20%, respectivamente. En cuanto a la resistencia el concreto con la marca INKA Tipo Ico alcanzó a los 7 días una resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> y en tanto el elaborado con los otros alcanzó una resistencia de 215kg/cm<sup>2</sup>, 249kg/cm<sup>2</sup>, 213 kg/cm<sup>2</sup> y 284kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.
4. Distintas marcas y tipos de cemento, sí influyen en la *temperatura* que alcanza el concreto cemento – arena; así, este tipo de concreto, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1 de la marca INKA Tipo Ico, de peso específico 3.08 gr/cc alcanzó una temperatura inicial de 31.80°C y una temperatura final de 32.00°C en el concreto patrón y en el concreto con las marcas Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R y Andino Premiun Tipo I se obtuvieron valores de

33.40°C y 33.40°C, 32.00°C y 32.30°C, 31.50°C y 31.80°C, y 30.60°C y 30.20°C, respectivamente. En cuanto a la resistencia el concreto con la marca INKA Tipo Ico alcanzó a los 7 días una resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> y en tanto el elaborado con los otros alcanzó una resistencia de 215kg/cm<sup>2</sup>, 249kg/cm<sup>2</sup>, 213 kg/cm<sup>2</sup> y 284kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

5. Distintas marcas y tipos de cemento, sí influyen en la *exudación* que alcanza el concreto cemento – arena; así, este tipo de concreto, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1 de la marca INKA Tipo Ico, de peso específico 3.08 gr/cc alcanzó un valor de exudación 3.115% en el concreto patrón y en el concreto con las marcas Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R y Andino Premiun Tipo I se obtuvieron valores de 2.517%, 2.575%, 3.094% y 3.012%, respectivamente. En cuanto a la resistencia el concreto con la marca INKA Tipo Ico alcanzó a los 7 días una resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> y en tanto el elaborado con los otros alcanzó una resistencia de 215kg/cm<sup>2</sup>, 249kg/cm<sup>2</sup>, 213 kg/cm<sup>2</sup> y 284kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.
  
6. Distintas marcas y tipos de cemento, sí influyen en el *peso unitario* que alcanza el concreto cemento-arena; así, este tipo de concreto, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1 de la marca INKA Tipo Ico, de peso específico 3.08 gr/cc alcanzó un valor de peso unitario de 2117.09 kg/m<sup>3</sup> en el concreto patrón y en el concreto con las marcas Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R y Andino Premiun Tipo I se obtuvieron valores de 2115.21kg/m<sup>3</sup>, 2129.02kg/m<sup>3</sup>, 2102.30kg/m<sup>3</sup> y 2093.11kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. En cuanto a la resistencia el concreto con la marca INKA Tipo Ico alcanzó a los 7 días una resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> y en tanto el elaborado con los otros

alcanzó una resistencia de 215kg/cm<sup>2</sup>, 249kg/cm<sup>2</sup>, 213 kg/cm<sup>2</sup> y 284kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

7. Distintas marcas y tipos de cemento, sí influyen en *la resistencia a la compresión* que alcanza el concreto cemento-arena; así, este tipo de concreto, elaborado con una relación agua / cemento de 0.60, con arena de un módulo de fineza de 1.46 y con cemento Portland tipo 1 de la marca INKA Tipo Ico, de peso específico 3.08 gr/cc , a los 7 días de curado, alcanzó un valor de resistencia de 211 kg/cm<sup>2</sup> en el concreto patrón y en el concreto con las marcas Amazónico tipo GU, APU Tipo GU, Andino Forte Tipo MH/R y Andino Premiun Tipo I se obtuvieron valores de 215kg/cm<sup>2</sup>, 249kg/cm<sup>2</sup>, 213kg/m<sup>3</sup> y 284kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.
8. La marcas de Cemento Andino premium tipo I fue el cemento que presentó mejores resultado en los ensayos realizado del concreto en su estado fresco y endurecido con un Peso unitario menor que los demás, de 2093.11 kg-m<sup>3</sup> , un concreto con menos contenido de aire atrapado 7.20% con un muy buen asentamiento de 3 5/8 pulgadas, se obtuvo una temperatura baja de 30.20 °C y una resistencia a la compresión de 284.00 kg/cm<sup>2</sup>. Siendo un cemento muy bueno para su uso en elaboración de estructuras que serán sometidos a grandes esfuerzos.
9. La marca de cemento Amazónico tipo GU, fue la marca de cemento que presentó una mayor temperatura de 33.40 °C, se recomienda que la temperatura del concreto fresco esté entre 10°C y 32°C. y este sobrepaso. La temperatura del concreto es crucial para garantizar la durabilidad y resistencia adecuadas del concreto en sus aplicaciones. Siendo un cemento mas para uso de acabados que para uso de estructuras de concreto.

### 5.3. Recomendaciones

En razón a los resultados y conclusiones de la presente tesis, se recomienda:

Investigar, para diferentes marcas y tipos de cementos, la relación entre peso unitario del concreto y los valores tempranos de resistencia a la compresión; asimismo, evaluar esta relación a los 28 días de curado, porque en nuestro caso el Cemento Andino Premiun Tipo I es el único que a los 7 días alcanzó una resistencia más alta comparado con los otros cuyo peso volumétrico mantienen relación directa con este tipo de resistencia.

Determinar para diferentes marcas y tipos de cementos si la proporcionalidad entre temperatura de la mezcla y exudación, que se observó en la presente investigación, se conserva para que se confirme que a menor temperaturas de mezcla corresponde una mayor exudación; porque, es posible que un aumento de temperatura en la mezcla cauce un aumento del nivel de fragua del concreto y, éste se refleje en la disminución de la exudación.

Confirmar con mayores observaciones, para diferentes marcas y tipos de cementos, sí mezclas más fluidas conseguidas con incremento de la cantidad de agua por metro cúbico siempre evidencian que a mayores valores de slump se consigue disminuir el contenido de aire atrapado y por consiguiente menor porosidad.

Continuar en la línea de investigación para determinar para diferentes marcas y tipos de cementos, cómo a partir de las propiedades del

concreto en estado fresco se pueda predecir y estimar su resistencia a la compresión y su durabilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABANTO Castillo, Flavio. 2000. Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas). Lima, Perú. 2000.
2. ABRIL, Gil Martha Liliana and RAMOS, Sánchez Ana Milena. Presenta: Martha Liliana Abril Gil Cód. 504718 Ana Milena Ramos Sánchez Cód. 40474. 2017. P. 105.
3. ASTM C29. ASTM C29/C29M-17a Método de prueba estándar para determinar la densidad a granel (“peso unitario”) y los huecos de aire de un agregado. [online]. [Accessed 30 August 2021]. Available from: <https://www.astm.org/Standards/C29C29M-SP.htm>
4. BARBA, Silva Christian Roberto and GARCÍA, Sánchez Víctor Hugo. Estudio Exploratorio En Diseño De Mezclas Del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas De Poliestireno, Arcilla Expandida Y Agregado Fino De La Cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018. 2019.
5. CARRILLO, Leiva Joel Romario and ROJAS, Chávez Jairo Francisco. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto patrón  $f_c$  210kg/cm<sup>2</sup> y un concreto reemplazado en porcentajes del 1, 2, 3 y 4% con Dramix 3D respecto al volumen del agregado fino de la mezcla, elaborado con agregados de las canteras de Vicho y Cunyac. 2016.

6. CEMEX PERÚ. Cementos Portland. 2019. Hablando de Cementos Portland.
7. Champi Chávez Carmen Rosa y Espinoza Chile, Lisbet. 2017. Análisis comparativo de las características mecánicas a compresión, flexión y costos de materiales de un concreto patrón y otro adicionado con fibra sintética mejorada Sikafiber ® PE, elaborado con agregado de las canteras Cunyac y Vicho. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil. Universidad Andina del Cusco. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
8. CONTRERAS, Delgado Weeder Alexander. Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén-Cajamarca. 2014.
9. DEL CUETO, Beatriz. Los mosaicos hidráulicos y los bloques de concreto en el trópico caribeño: Su origen, historia y conservación. En: *Actas del Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, Segovia, España*. 2015. p. 509–519.
10. FALLAS, Génesis Guevara, MADRIGAL, Carolina Hidalgo, GARCÍA, Mariannys Pizarro, VALENCIANO, Iván Rodríguez, VEGA, Luis Diego Rojas and GUZMÁN, Georgana Segura. Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en marcha*. 2012. Vol. 25, no. 2, p. 80–86.

11. FERREIRA, Cuellar Daniel A. and TORRES, López Karen M. “Caracterización física de agregados pétreos para concretos casos: Vista hermosa (Mosquera) y mina Cemex (Apulo) Colombia.”. 2014. P. 44.
12. Gonzales Lino, Jean Pier y Huansi Panduro, Alcides Telesphoro. 2022. Influencia de las consistencias del concreto cemento-arena sobre las propiedades en estado fresco y endurecido, distrito de San Juan Bautista, Iquitos 2020. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Científica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. 138pp. Iquitos, 2022.
13. GONZÁLEZ, Salcedo Luis Octavio, GUERRERO, Zúñiga Aydée Patricia and DELVASTO, Arjona Silvio. Aplicación de la Inteligencia Artificial en el diseño de mezclas de concreto. Estado del Arte. *Cuaderno Activa*. 2012. Vol. 4, p. 55–65.
14. GUEVARA, Fallas Génesis, HIDALGO, Madrigal Carolina, PIZARRO, García Mariannys, RODRÍGUEZ, Valenciano Iván, ROJAS, Vega Luis Diego and SEGURA, Guzmán Geogana. Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en marcha*. 2012. Vol. 25, no. 2, p. 80–86.
15. GUILLÉN, Flores Luis Fernando and LLERENA, Tinoco Mariela Idelia. Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto. *Tesis*. 2020. P. 139.

16. HARMSEN, Teodoro E. *Diseño de estructuras de concreto armado*. Fondo editorial PUCP, 2005.
17. IRUNGARAY SIERRA, Sergio Armando. Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según la norma ASTM C-94. . 2007. P. 149.
18. KOSMATKA, Steven H., PANARESE, William C. and BRINGAS, Manuel Santiago. *Diseño y control de mezclas de concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1992.
19. LÓPEZ PACHECO, Danitza Nora. "Relación agua-cemento-resistencia en concretos preparados con cementos puzolanicos2. *Universidad Nacional de Ingeniería*.
20. NEVILLE, Adam M. and BROOKS, Jeffrey John. *Concrete technology*. Longman Scientific & Technical England, 1987.
21. NORMA E. 060. *CONCRETO ARMADO*. 2009. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN.
22. NTP 334.001. *CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura*. 2011. NORMA TÉCNICA PERUANA.
23. NTP 334.009. *CEMENTOS PORTLAND REQUISITOS*. 2020.
24. NTP 334.090. *CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos*. 2013. NORMA TÉCNICA PERUANA.
25. NTP 334.090. *CEMENTOS. Cemento Pórtland adicionados. Requisitos MODIFICACIÓN TÉCNICA 1*. 2016. Norma Técnica Peruana.

26. NTP 339.088. *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.* 2014. Norma Técnica Peruana.
27. NTP 400.011. *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos).* 2008. NORMA TÉCNICA PERUANA.
28. NTP 400.037. *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.* 2014.
29. NTP 339.035. *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland.* 2015. Reemplaza a la NTP 339.035:2009.
30. NTP 339.046. *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto.* 2008. Norma Técnica Peruana.
31. NTP 339.077. *CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto. (Revisada el 2018).* 2013. Norma Técnica Peruana.
32. NTP 400.017.1999. *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.* En: Segunda Edición.
33. O'REILLY, DIAZ, VITERVO, A., BANCROFFT HERNANDEZ, Rubén A. and RUIZ GUTIERREZ, Lourdes. *Las tecnologías del concreto en su ciclo de vida. Concr. cem. investig. desarro.* 2010. P. 42–47.

34. PARRA, Maya Katty Milena and BAUTISTA, Moros María Alejandra. *Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros*. Tesis. Universidad Pontificia Seccional Bucaramanga, 2010.
35. Pasquel Carbajal, Enrique Néstor. 1993. *Tópicos en Tecnología del Concreto en el Perú*.
36. Picos Pérez, María del Carmen. *Durabilidad en el hormigón armado. La resistividad eléctrica como indicador de durabilidad*. Trabajo de fin de grado, Curso 2013-2014. Universidad Da Coruña. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Grado en Arquitectura Técnica.
37. Renata d'Andrea. 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. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. 342pp.
38. RIVVA LÓPEZ, Enrique. *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: ICG. 2000.
39. RIVVA LÓPEZ, Enrique. *Control del concreto en obra*. Lima: ICG. 2004.
40. RIVVA LÓPEZ, Enrique. *Diseño de Mezclas*. Perú, 2013.
41. Ruiz Uceda, Renzo Francisco Luiggi Alekxandro y Vasallo Barrios Michael. 2018. *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con cementos ICO, MS y UG*, Trujillo 2018. Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte. Repositorio de la

Universidad Privada del Norte. Recuperado de

<https://hdl.handle.net/11537/14825>

42. SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. *Tecnología del concreto y del mortero*. Pontificia Universidad Javeriana, 2001.
43. SMEATON, John. *A Narrative of the Building and a Description of the Construction of the Edystone Lighthouse with Stone*. J. Smeaton, 1791.
44. Tenorio Chung, Juan Leonardo y Acosta Huayllahua, Sergio. 2020. Estudio comparativo de las propiedades del concreto (cemento-arena): con arena de cantera fluvial – Comunidad Astoria y con arena de cantera cuarzosa – Comunidad Varillal en la ciudad de Iquitos. Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil. 241pp.
45. YAM, José Luis Chan, CARCAÑO, Rómel Solís and MORENO, Éric Iván. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*. 2003. Vol. 7, no. 2, p. 39–46.

## **ANEXOS**

## PANEL FOTOGRÁFICO











## RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS POR MARCA Y TIPO DE CEMENTO

CEMENTOS					
ENSAYOS					
MARCA DE CEMENTO	Andino Premium tipo I	APU Tipo GU	Amazónico Tipo GU	Andino Forte Tipo MH/R	Inka Tipo Ico
PESO UNITARIO	2093.11 (kg/m <sup>3</sup> )	2129.02 (kg/m <sup>3</sup> )	2115.21 (kg/m <sup>3</sup> )	2102.30 (kg/m <sup>3</sup> )	2117.09 (kg/m <sup>3</sup> )
CONTENIDO DE AIRE	7.20 %	9.60 %	8.80 %	9.50 %	9.80 %
ENSAYO DE ASENTAMIENTO	3 5/8 Pulgadas	4 1/2 Pulgadas	4 1/2 Pulgadas	4 1/2 Pulgadas	4.00 Pulgadas
TEMPERATURA °C	30.20	32.30	33.40	31.80	32.00
EXUDACION	3.01 %	2.57 %	2.52 %	3.09 %	3.11 %
RESISTENCIA A LA COMPRESION (7 DÍAS)	284.00 (Kg/cm <sup>2</sup> )	249.00 (Kg/cm <sup>2</sup> )	215 (Kg/cm <sup>2</sup> )	213.00 (Kg/cm <sup>2</sup> )	211.00 (Kg/cm <sup>2</sup> )
RENDIMIENTO	12.22 Bolsas/m <sup>3</sup>	12.56 Bolsas/m <sup>3</sup>	12.35 Bolsas/m <sup>3</sup>	12.49 Bolsas/m <sup>3</sup>	12.44 Bolsas/m <sup>3</sup>