



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023”

Presentado por:

Durand Chaiña, Diego Raul

0009-0007-5568-2474

Lopez Huamani, Elmo

0009-0009-7688-0028

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor: Mg. Ing. Ascue Escalante, Kildare

Jussety

0000-0003-1309-4280

CUSCO – PERÚ

2023



Metadatos

Datos del autor 01	
Nombres y apellidos	Diego Raul Durand Chaiña
Numero de documento de identidad	74635886
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0007-5568-2474
Datos del autor 02	
Nombres y apellidos	Elmo Lopez Huamani
Numero de documento de identidad	46024692
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0009-7688-0028
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Kildare Jussety Ascue Escalante
Numero de documento de identidad	45246758
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0003-1309-4280
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Werner Calderon Gonzales
Numero de documento de identidad	41834778
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Hugo Cana Paullo
Numero de documento de identidad	40331257
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Javier Rodrigo Arenas Lazarte
Numero de documento de identidad	70577293
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Goyo Alvarez Alvarez
Numero de documento de identidad	46383097
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Tecnología del concreto y Construcciones



“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO

Submission date: 19-Mar-2024 10:21PM (UTC-0500)

Submission ID: 2325417261

File name: TESIS_DURAND_LOPEZ.pdf (12.78M)

Word count: 48590

Character count: 247597

ULTRASÓ

by DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023”

Presentado por:

Durand Chaiña, Diego Raul

0009-0007-5568-2474

Lopez Huamani, Elmo

0009-0009-7688-0028

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor: Mg. Ing. Ascue Escalante, Kildare
Jussety

0000-0003-1309-4280

CUSCO – PERÚ

2023



MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓ

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

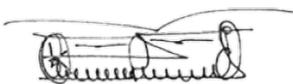
2%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	7%
2	vdocumento.com Internet Source	2%
3	repositorio.utea.edu.pe Internet Source	2%
4	www.scribd.com Internet Source	2%
5	pdfcookie.com Internet Source	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	1%
7	clenerleon.blogspot.com Internet Source	1%
	 Mg.-Ing. KILDARE JUSSETY ASCUE-ESCALANTE Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC	
8	repositorio.uap.edu.pe Internet Source	1%



Mg. Ing. KILDARE JUSSETY ASCUE ESCALANTE
Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA
Assignment title: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MEC...
Submission title: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MEC...
File name: TESIS_DURAND_LOPEZ.pdf
File size: 12.78M
Page count: 262
Word count: 48,590
Character count: 247,597
Submission date: 19-Mar-2024 10:21PM (UTC-0500)
Submission ID: 2325417261

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 2023"

Presentado por:
Durand Chaiña, Diego Raul
0009-0007-5568-2474
Lopez Huamani, Elmo
0009-0009-7688-0028

**Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil**

Asesor: Mg. Ing. Ascue Escalante, Kildare
Jussety
0000-0003-1309-4280

CUSCO - PERÚ
2023

Mg. Ing. KILDARE JUSSETY ASCUE ESCALANTE
Docente de la E.P. de Ingeniería Civil - UAC



Dedicatoria

A Dios, por darme el más grande don que es la vida y estar conmigo hasta el día de hoy.

Con mucho amor a mi madre, Florencia, por estar siempre a mi lado y dándome apoyo durante todo mi trayecto de vida.

A mi padre, Wilbert, por el sacrificio y la orientación de vida.

A mis compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo su conocimiento y palabras de aliento para hacer de mí una mejor persona haciendo que este sueño se haga realidad.

DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA



Dedicatoria

A mis padres que son el pilar fundamental para el desarrollo de un mejor futuro y su compañía en los diferentes procesos de mi vida.

A mí tío Ángel, mi tía Avelina y familia Choccechanca Apaza por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermana María y mis hermanos por involucrarse en diferentes procesos de mi existir.

ELMO LOPEZ HUAMANI



Agradecimientos

Agradezco a Dios quien me ha guiado y dado fortaleza para seguir adelante.

Mi querida familia, quiero agradecerles por todas las enseñanzas y la paciencia que me dieron.

Al Mg. Ing. Kildare Jussety Ascue Escalante por la apoyo, confianza y asesoría durante todo el proceso de desarrollo de la investigación.

A todas las personas que colaboraron en el desarrollo de la presente investigación.

DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA



Agradecimientos

A los familiares de mis padres quienes me brindaron su apoyo en diferentes momentos de este camino.

Al Mg. Ing. Kildare Jussety Ascue Escalante por su apoyo y orientaciones en el proceso de investigación.

A la Universidad Andina del Cusco conjuntamente con los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por su compromiso de formación con estándares de calidad e integridad.

ELMO LOPEZ HUAMANI



Resumen

La investigación se orientó a desarrollar el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante (CAC) frente al concreto convencional (CC) de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en diferentes edades de curado en nuestra localidad por medio del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico como métodos no destructivos debido a la demanda continua del concreto en la región y en nuestro país en general.

El propósito de la investigación es dar a conocer sobre las ventajas que tienen los métodos indirectos de evaluación de la resistencia del concreto a diferentes edades de madurez y la utilización del concreto autocompactante como otra alternativa en el rubro de la construcción por sus propiedades físico - mecánicas, beneficios en su trabajabilidad; sin descuidar las particularidades del concreto convencional, proponiendo el diseño de mezcla para ambos concretos con agregados de la región Cusco así como los insumos y aditivo reductor de agua de alto rango en el caso del concreto autocompactante de fácil adquisición.

Las dosificaciones de ambos concretos se realizaron de acuerdo a la metodología ACI 237R-07 y ACI 211.1 para el concreto autocompactante y concreto convencional respectivamente los cuales fueron evaluados siguiendo las normas técnicas peruanas y normativas internacionales.

Las principales propiedades mecánicas evaluadas en diferentes edades son la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión la primera evaluada con el índice de madurez y velocidad del pulso ultrasónico y la segunda con el método de madurez sin dejar de lado para ambos concretos la evaluación con la máquina de compresión. En la investigación la muestra es igual a la población para lo cual se elaboraron especímenes cilíndricos de $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ y especímenes prismáticos de $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ los cuales son sometidos a esfuerzos a compresión y esfuerzos de flexión respectivamente a los 1, 3, 5, 7, 14, 21 y 28 días de edad.

De acuerdo al análisis de las propiedades físico-mecánicas en el concreto convencional se observa que hasta el día 3 de edad presentan variaciones fuera de 10% a 15% frente a la máquina de compresión y en el concreto autocompactante se observa que solo hasta el primer día presentan variaciones fuera de 10% a 15% frente a la máquina de compresión. Es decir, después del tercer día de curado para ambos concretos tanto el índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico permiten estimar la resistencia del concreto al esfuerzo de compresión con una variación dentro del rango de 10% a 15%.

Palabras Clave: Índice de madurez, Velocidad de pulso ultrasónico, Propiedades físico-mecánicas, Concreto autocompactante, Concreto convencional, Aditivo reductor de agua.



Abstract

The research was aimed at developing a comparative analysis of the physical-mechanical properties of self-compacting concrete versus conventional concrete of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ at different curing ages in our town through the index of maturity and the speed of the ultrasonic pulse as non-destructive methods due to the continuous demand for concrete in the region and in our country in general.

The purpose of the research is to raise awareness about the advantages of indirect methods for evaluating the resistance of concrete at different ages of maturity and the use of self-compacting concrete as another alternative in the construction sector due to its physical-mechanical properties. , benefits in its workability; without neglecting the particularities of conventional concrete, proposing the mix design for both concretes with aggregates from the Cusco region as well as the inputs and high-range water-reducing additive in the case of easily available self-compacting concrete.

The dosages of both concretes were carried out according to the ACI 237R-07 and ACI 211.1 methodology for self-compacting concrete and conventional concrete respectively, which were evaluated following Peruvian technical standards and international regulations. The main mechanical properties evaluated at different ages are compressive strength and flexural strength, the first evaluated with the maturity index and speed of the ultrasonic pulse and the second with the maturity method without leaving aside for both concretes the evaluation with the compression machine. In the investigation, the sample is equal to the population for which cylindrical specimens of 15 cm 5, 7, 14, 21 and 28 days old.

According to the analysis of the physical-mechanical properties in conventional concrete, it is observed that up to day 3 of age they present variations of 10% to 15% compared to the compression machine and in self-compacting concrete it is observed that only until the first day they present variations of 10% to 15% compared to the compression machine. That is, after the third day of curing for both concretes, both the maturity index and the speed of the ultrasonic pulse allow estimating the resistance of the concrete to compressive stress with a variation within the range of 10% to 15%.

Keywords: Maturity index, Ultrasonic pulse speed, Physical-mechanical properties, Self-compacting concrete, Conventional concrete, Water-reducing admixture.



INTRODUCCIÓN

El concreto como lo conocemos actualmente tiene sus inicios en el siglo XVIII por las investigaciones de John Smeaton y Joseph Vicat, a inicios del siglo XIX se desarrolla el cemento Portland y a comienzos del XX se estudian y establecen las relaciones que gobiernan el comportamiento del material (Porrero et al., 2014, p.31).

Por lo que es importante y necesario conocer las propiedades físico-mecánicas del concreto empleando diferentes métodos, equipos e instrumentos de acuerdo al avance de la ciencia y la tecnología.

En la actualidad también se busca la incorporación de diferentes tipos de concretos que garanticen sus propiedades. Según la Norma ACI 318-19 establece límites de $f'c$ mínimo de 21 MPa para estructuras de pórticos especiales y muros estructurales. Es por eso que hoy en día las normas ASTM-C597, NTP 339.237, ASTM-C1074 y NTP 339.217 se deben emplear para los métodos de la velocidad del pulso ultrasónico y el método de la madurez en nuestro país, ya que a nivel internacional los métodos no destructivos están en proceso de implementación con las respectivas especificaciones técnicas para que contribuyan a un mejor control de calidad. La investigación tiene la finalidad de realizar el análisis comparativo de sus propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con cemento portland tipo IP, agregado grueso y fino de las canteras Cunyac, Vicho y Huambutío empleándose los diseños de mezcla ACI 211.1 y ACI 237R-07 con el aditivo superplastificante Sikament® - 290 N, para el concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concreto autocompactante respectivamente, a través, del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico.

En consecuencia, el método de la madurez a través, del índice de madurez y el método de la velocidad del pulso ultrasónico por medio de la velocidad de propagación de las ondas de un pulso ultrasónico permitirán determinar la resistencia, empleando equipos y dispositivos de registro del historial de temperaturas del concreto y transductores respectivamente. Con la finalidad de tener un mejor control de calidad, de acuerdo a la norma técnica peruana 339.217, nos indica que en función a un índice de madurez calculado y la madurez-resistencia, la resistencia se puede determinar tanto del concreto autocompactante y el concreto convencional por ser un método no destructivo y poder realizarlos in situ facilitará tener información confiable al momento de estimar la resistencia a diferentes edades.



Índice general

Resumen	6
Abstract	7
INTRODUCCIÓN	8
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	23
1.1. Identificación del problema	23
1.1.1. Descripción del problema.....	23
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	24
1.2. Justificación e importancia de la investigación	25
1.2.1. Justificación técnica	25
1.2.2. Justificación social	26
1.2.3. Justificación por viabilidad	26
1.2.4. Justificación por relevancia	27
1.3. Delimitación de la investigación	27
1.3.1. Delimitación espacial	27
1.3.2. Delimitación temporal.....	28
1.4. Objetivos de la investigación.....	28
1.4.1. Objetivo general	28
1.4.2. Objetivos específicos.....	28
Capítulo II: Marco Teórico	30
2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación	30
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional	30
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.....	32
2.2. Bases teóricas	34
2.2.1. Concreto	34
2.2.2. Concreto convencional.....	41
2.2.3. Concreto autocompactante	50



2.2.4.	Ensayos del concreto en su estado endurecido realizados en la investigación ..	64
2.2.5.	Definición de términos	73
2.3.	Hipótesis	76
2.3.1.	Hipótesis general	76
2.3.2.	Hipótesis específicas	76
2.4.	Definición de variables	77
2.4.1.	Variables.....	77
2.4.2.	Cuadro de operacionalización de variables	78
Capítulo III: Método.....		79
3.1.	Metodología de la investigación.....	79
3.1.1.	Enfoque de la investigación	79
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación	79
3.2.	Diseño de la investigación.....	79
3.2.1.	Diseño metodológico.....	79
3.2.2.	Diseño de ingeniería.....	80
3.3.	Población y muestra.....	82
3.3.1.	Población.....	82
3.3.2.	Muestra.....	82
3.4.	Instrumentos	85
3.4.1.	Instrumentos metodológicos de recolección de datos	85
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería	101
3.5.	Procedimientos de recolección y análisis de datos	105
3.5.1.	Procedimiento realizado para la recolección de datos	105
3.5.2.	Toma de datos y cálculos vinculados con la cuantificación de variables	148
3.5.3.	Diseños	162
3.5.4.	Análisis de costos por metro cúbico de concreto	175
3.5.5.	Análisis de costo por partida	176



Capítulo IV: Resultados	178
4.1. Resultados de los ensayos de agregados.....	178
4.1.1. Análisis granulométrico de agregado fino por canteras independientes	178
4.1.2. Análisis granulométrico de agregado fino por combinación	181
4.1.3. Análisis de granulométrico de agregado fino resultante	183
4.1.4. Análisis granulométrico del agregado grueso	184
4.2. Resultados de dosificaciones	186
4.2.1. Dosificación de concreto convencional.....	186
4.2.2. Resultado de la dosificación del concreto autocompactante	187
4.3. Resultados en estado fresco	190
4.3.1. Resultado del ensayo de estabilidad de tamiz gtm	190
4.3.2. Resultado de ensayo de asentamiento para el concreto convencional	191
4.3.3. Resultado de la capacidad de relleno para el concreto autocompactante.....	191
4.3.4. Resultado de ensayo de embudo “V”	192
4.3.5. Resultado de ensayo de caja en “L”	192
4.3.6. Resultado de ensayo de caja en “U”	193
4.4. Resultados en estado endurecido	193
4.4.1. Resultados de esfuerzo a compresión del concreto convencional $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	193
4.4.2. Resultados de esfuerzo a compresión del concreto autocompactante	194
4.4.3. Resultados de ensayo de esfuerzo a flexión del concreto convencional	196
4.4.4. Resultados de ensayo de esfuerzo a flexión del concreto autocompactante	197
4.4.5. Resultados de la velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto convencional	198
4.4.6. Resultados de la velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto autocompactante	199
4.4.7. Resultado del historial de índice de madurez promedio	201



4.4.8. Resultado del índice de madurez del concreto convencional-esfuerzo a compresión.....	203
4.4.9. Resultado del índice de madurez del concreto autocompactante-esfuerzo a compresión.....	204
4.4.10. Resultado del índice de madurez del concreto convencional-esfuerzo a flexión	206
4.4.11. Resultado del índice de madurez del concreto autocompactante-esfuerzo a flexión ...	207
4.4.12. Resultados de las resistencias a compresión a través de los diferentes métodos	209
4.4.13. Resultados de las resistencias a flexión a través de diferentes métodos	211
4.5. Resultados de costo por metro cubico de concreto.....	213
4.5.1. Resultados de costos por insumos por tipo de concreto.....	213
4.5.2. Resultados del análisis de costos unitarios por tipo de concreto.....	214
Capítulo V: Discusión	214
5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico	215
5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	215
5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis	218
5.4. Aporte de la investigación	219
Conclusiones	220
Sugerencias.....	223
Referencias	225
Apéndices	228
Anexos.....	249



Índice de tablas

Tabla 1	<i>Cuadro comparativo de concretos</i>	35
Tabla 2	<i>Factores de incremento</i>	44
Tabla 3	<i>Valores de f'_{cr}</i>	44
Tabla 4	<i>Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras</i>	48
Tabla 5	<i>Contenido de aire atrapado</i>	48
Tabla 6	<i>Volumen de agua por m^3</i>	48
Tabla 7	<i>Relación de agua / cemento por resistencia</i>	49
Tabla 8	<i>Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto</i>	49
Tabla 9	<i>Módulo de fineza de la combinación de agregados</i>	49
Tabla 10	<i>Contenido de aire incorporado y total</i>	50
Tabla 11	<i>Condiciones especiales de exposición</i>	50
Tabla 12	<i>Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)</i>	59
Tabla 13	<i>Ensayos de clasificación del concreto autocompactante</i>	60
Tabla 14	<i>Clases de asentamiento</i>	61
Tabla 15	<i>Clases de viscosidad</i>	61
Tabla 16	<i>Clases de capacidad de paso (Ensayo de la caja el L)</i>	61
Tabla 17	<i>Clases de resistencia a la segregación (Segregación de tamiz)</i>	61
Tabla 18	<i>Ensayos para determinar las propiedades del concreto autocompactante</i>	62
Tabla 19	<i>Edades de ensayo tolerancias permisibles</i>	68
Tabla 20	<i>Relación longitud a diámetro del espécimen</i>	69
Tabla 21	<i>Operacionalización de variables</i>	78
Tabla 22	<i>Cuantificación de la muestra</i>	83
Tabla 23	<i>Tolerancias permisibles en edades de ensayo</i>	136
Tabla 24	<i>Relación de longitud y diámetro de espécimen</i>	137
Tabla 25	<i>Tamizado del agregado fino de la cantera Vicho</i>	148
Tabla 26	<i>Tamizado del agregado fino de la cantera Huambutío</i>	148



Tabla 27	<i>Tamizado del agregado fino de la cantera Cunyac</i>	149
Tabla 28	<i>Tamizado del agregado grueso de la cantera Huambutío</i>	149
Tabla 29	<i>Peso unitario suelto del agregado fino</i>	150
Tabla 30	<i>Peso unitario compactado del agregado fino</i>	150
Tabla 31	<i>Peso unitario suelto del agregado grueso</i>	150
Tabla 32	<i>Peso unitario compactado del agregado grueso</i>	151
Tabla 33	<i>Peso específico y absorción del agregado fino</i>	151
Tabla 34	<i>Peso específico y absorción del agregado grueso</i>	151
Tabla 35	<i>Contenido de humedad del agregado fino</i>	151
Tabla 36	<i>Contenido de humedad del agregado grueso</i>	152
Tabla 37	<i>Estabilidad de tamiz GTM</i>	152
Tabla 38	<i>Asentamientos del concreto convencional</i>	152
Tabla 39	<i>Flujos de asentamiento del concreto autocompactante</i>	152
Tabla 40	<i>Tiempos de flujo del concreto autocompactante</i>	153
Tabla 41	<i>Alturas de llenado del concreto autocompactante</i>	153
Tabla 42	<i>Relaciones de bloqueo del concreto autocompactante</i>	153
Tabla 43	<i>Esfuerzo a compresión del concreto convencional a diferentes edades</i>	154
Tabla 44	<i>Esfuerzo a compresión del concreto autocompactante a diferentes edades</i>	155
Tabla 45	<i>Esfuerzo a flexión del concreto convencional a diferentes edades</i>	156
Tabla 46	<i>Esfuerzo a flexión del concreto autocompactante a diferentes edades</i>	158
Tabla 47	<i>Velocidad de pulso ultrasónico a en el concreto convencional</i>	159
Tabla 48	<i>Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto autocompactante</i>	160
Tabla 49	<i>Valores de las propiedades de los agregados (CC)</i>	163
Tabla 50	<i>Valores de resistencia promedio requerida</i>	163
Tabla 51	<i>Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras</i>	163
Tabla 52	<i>Relación de agua / cemento por resistencias</i>	164
Tabla 53	<i>Volumen de agua por m³</i>	164



Tabla 54	<i>Contenido de aire atrapado</i>	164
Tabla 55	<i>Agregado grueso por unidad de volumen</i>	165
Tabla 56	<i>Dosificación en estado seco del concreto convencional</i>	166
Tabla 57	<i>Dosificación en peso del concreto convencional</i>	167
Tabla 58	<i>Dosificación en volumen del concreto convencional</i>	168
Tabla 59	<i>Valores de las propiedades de los agregados (CAC)</i>	169
Tabla 60	<i>Muestras de diseño de mezcla</i>	169
Tabla 61	<i>Objetivos de Slump Flow (Daczko and Constantiner 2001)</i>	170
Tabla 62	<i>Propiedades de aditivos</i>	171
Tabla 63	<i>Extracto de ficha técnica de aditivo</i>	171
Tabla 64	<i>Dosificación en estado seco del concreto autocompactante</i>	173
Tabla 65	<i>Dosificación en peso del concreto autocompactante</i>	174
Tabla 66	<i>Dosificación en volumen del concreto autocompactante</i>	175
Tabla 67	<i>Resultados del análisis granulométrico de la cantera Vicho</i>	178
Tabla 68	<i>Resultados del análisis granulométrico de la cantera Huambutío</i>	179
Tabla 69	<i>Resultados del análisis granulométrico de la cantera Cunyac</i>	180
Tabla 70	<i>Combinación de agregados de la cantera Vicho y Cunyac</i>	181
Tabla 71	<i>Combinación de agregados de la cantera Huambutío y Cunyac</i>	182
Tabla 72	<i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	183
Tabla 73	<i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	184
Tabla 74	<i>Resumen de las propiedades de los agregados</i>	185
Tabla 75	<i>Resumen de dosificación para el CC corregido</i>	186
Tabla 76	<i>Resumen de dosificación para el CC en volumen</i>	187
Tabla 77	<i>Resumen de dosificación para el CAC corregido</i>	187
Tabla 78	<i>Resumen de dosificación para el CAC en volumen</i>	188
Tabla 79	<i>Estabilidad de tamiz GTM</i>	190
Tabla 80	<i>Asentamiento del concreto convencional</i>	191



Tabla 81	<i>Flujo de asentamiento del concreto autocompactante</i>	191
Tabla 82	<i>Tiempo de flujo del concreto autocompactante</i>	192
Tabla 83	<i>Relación de bloqueo de relleno del concreto autocompactante</i>	192
Tabla 84	<i>Altura de llenado del concreto autocompactante</i>	193
Tabla 85	<i>Esfuerzo a compresión del concreto convencional</i>	193
Tabla 86	<i>Esfuerzo a compresión del concreto autocompactante</i>	194
Tabla 87	<i>Esfuerzo a flexión del concreto convencional</i>	196
Tabla 88	<i>Esfuerzo a flexión del concreto autocompactante</i>	197
Tabla 89	<i>Relación de VPU y esfuerzo a compresión del concreto convencional</i>	198
Tabla 90	<i>Relación de VPU y esfuerzo a compresión del concreto autocompactante</i>	199
Tabla 91	<i>Índice de madurez por edades del concreto convencional</i>	203
Tabla 92	<i>Índice de madurez por edades del concreto autocompactante</i>	204
Tabla 93	<i>Índice de madurez por edades del concreto convencional</i>	206
Tabla 94	<i>Índice de madurez por edades del concreto autocompactante</i>	207
Tabla 95	<i>Resistencias a compresión del concreto convencional</i>	209
Tabla 96	<i>Variación de los resultados</i>	209
Tabla 97	<i>Resistencias a compresión del concreto autocompactante</i>	210
Tabla 98	<i>Variación de los resultados</i>	210
Tabla 99	<i>Resistencias a flexión del concreto convencional</i>	211
Tabla 100	<i>Resistencias a flexión del concreto autocompactante</i>	212



Índice de figuras

Figura 1	<i>Segregación del concreto</i>	23
Figura 2	<i>Diagrama de causa – efecto 6M</i>	24
Figura 3	<i>Departamento Cusco</i>	27
Figura 4	<i>Provincia Cusco</i>	28
Figura 5	<i>Colocación de madurímetros</i>	38
Figura 6	<i>Madurímetro en contacto con concreto</i>	38
Figura 7	<i>Diagrama de error del sensor de temperatura DS18B20</i>	39
Figura 8	<i>Características eléctricas</i>	39
Figura 9	<i>Curva de rendimiento típica</i>	40
Figura 10	<i>Reograma ideal de fluido Newtoniano y Bingham</i>	53
Figura 11	<i>Comportamiento de la mezcla con agua y con aditivo superplastificante</i>	53
Figura 12	<i>Relación entre el volumen de pasta y la relación agua/finos</i>	55
Figura 13	<i>Efecto de contenido de superplastificante en la fluidez y viscosidad</i>	55
Figura 14	<i>Bandeja</i>	62
Figura 15	<i>Caja en “L”</i>	63
Figura 16	<i>Caja en “U”</i>	63
Figura 17	<i>Embudo “V”</i>	64
Figura 18	<i>Relación índice de madurez y resistencia</i>	65
Figura 19	<i>Resistencia a la compresión y el factor tiempo-temperatura</i>	66
Figura 20	<i>Esquema del principio de ensayo del pulso ultrasónico</i>	69
Figura 21	<i>Diagrama de flujo de la investigación</i>	81
Figura 22	<i>Hoja de registro del análisis granulométrico del agregado fino</i>	85
Figura 23	<i>Hoja de registro del análisis granulométrico del agregado grueso</i>	86
Figura 24	<i>Hoja de registro del contenido de humedad del agregado grueso y fino</i>	87
Figura 25	<i>Hoja de registro del peso específico del agregado grueso</i>	88
Figura 26	<i>Hoja de registro del peso específico del agregado fino</i>	89



Figura 27	<i>Hoja de registro del peso unitario suelto de agregado grueso y fino.....</i>	90
Figura 28	<i>Hoja de registro del peso unitario varillado del agregado grueso y fino.....</i>	91
Figura 29	<i>Hoja de registro del ensayo de estabilidad de tamiz GTM.....</i>	92
Figura 30	<i>Hoja de registro del asentamiento del concreto convencional.....</i>	93
Figura 31	<i>Hoja de registro del flujo de asentamiento.....</i>	94
Figura 32	<i>Hoja de registro del ensayo de embudo “V”.....</i>	95
Figura 33	<i>Hoja de registro del ensayo de caja en “U”.....</i>	96
Figura 34	<i>Hoja de registro del ensayo de caja en “L”.....</i>	97
Figura 35	<i>Hoja de registro del ensayo de resistencia a compresión del concreto.....</i>	98
Figura 36	<i>Hoja de registro de velocidades del pulso ultrasónico a través, del concreto ..</i>	99
Figura 37	<i>Hoja de registro del ensayo de resistencia a flexión del concreto.....</i>	100
Figura 38	<i>Muestreo de agregado fino de la cantera Vicho.....</i>	106
Figura 39	<i>Muestreo de agregado fino de la cantera Huambutío.....</i>	106
Figura 40	<i>Muestreo de agregado fino de la cantera Cunyac.....</i>	107
Figura 41	<i>Muestreo de agregado grueso Cantera Huambutío.....</i>	108
Figura 42	<i>Granulometría de agregado fino de la cantera Vicho.....</i>	109
Figura 43	<i>Granulometría de agregado fino de la cantera Huambutio.....</i>	110
Figura 44	<i>Granulometría de agregado fino de la cantera Cunyac.....</i>	110
Figura 45	<i>Combinación de agregado fino 40%Vicho y 60% Cunyac.....</i>	111
Figura 46	<i>Granulometría del agregado fino Cunyac 60% y Vicho 40%.....</i>	111
Figura 47	<i>Granulometría del agregado grueso.....</i>	112
Figura 48	<i>Agregado fino suelto en molde.....</i>	113
Figura 49	<i>Agregado fino suelto y molde en balanza.....</i>	113
Figura 50	<i>Agregado fino compactado en molde.....</i>	114
Figura 51	<i>Agregado fino compactado y molde en balanza.....</i>	114
Figura 52	<i>Agregado grueso suelto en molde.....</i>	115
Figura 53	<i>Agregado grueso suelto y molde en balanza.....</i>	116



Figura 54	<i>Agregado grueso compactado en molde</i>	116
Figura 55	<i>Agregado grueso compactado y molde en balanza.....</i>	117
Figura 56	<i>Muestra del agregado fino en estado parcialmente seca.....</i>	118
Figura 57	<i>Colocación de muestra en fiola.....</i>	118
Figura 58	<i>Determinación del peso de la muestra.....</i>	119
Figura 59	<i>Muestra de agregado fino retirada del horno.....</i>	119
Figura 60	<i>Determinación de peso del agregado grueso.....</i>	121
Figura 61	<i>Muestras de agregado fino en el horno</i>	122
Figura 62	<i>Muestras del agregado grueso en el horno.....</i>	123
Figura 63	<i>Preparación de insumos y materiales para el ensayo.....</i>	124
Figura 64	<i>Proceso de mezclado del concreto convencional.....</i>	125
Figura 65	<i>Asentamiento del concreto convencional.....</i>	126
Figura 66	<i>Flujo de asentamiento del concreto autocompactante.....</i>	127
Figura 67	<i>Llenado del embudo “V” con concreto autocompactante</i>	128
Figura 68	<i>Concreto autocompactante descargado del embudo V.....</i>	128
Figura 69	<i>Ensayo de caja en “U”</i>	129
Figura 70	<i>Llenado de caja en “U” con concreto autocompactante.....</i>	130
Figura 71	<i>Colocado de concreto autocompactante en la caja en “L”</i>	131
Figura 72	<i>Ensayo de caja en “L” del concreto autocompactante.....</i>	132
Figura 73	<i>Medición de alturas caja en “L” con concreto autocompactante</i>	132
Figura 74	<i>Agregados y cemento para la elaboración de especímenes.....</i>	133
Figura 75	<i>Pesado de materiales de acuerdo al diseño de mezcla</i>	134
Figura 76	<i>Preparación de mezcla.....</i>	134
Figura 77	<i>Elaboración de especímenes de concreto</i>	134
Figura 78	<i>Especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto</i>	135
Figura 79	<i>Desmoldado de especímenes para ser curados.....</i>	135
Figura 80	<i>Curado de especímenes cilíndricos.....</i>	135



Figura 81	<i>Curado de especímenes cilíndricos y prismáticos</i>	136
Figura 82	<i>Especímenes de concreto convencional y autocompactante</i>	137
Figura 83	<i>Registro de medidas de los especímenes cilíndricos</i>	138
Figura 84	<i>Especimen cilíndrico en máquina de compresión</i>	138
Figura 85	<i>Falla de espécimen cilíndrico</i>	139
Figura 86	<i>Máquina de compresión con espécimen cilíndrico</i>	139
Figura 87	<i>Estructura interior de espécimen cilíndrico</i>	140
Figura 88	<i>Especímenes prismáticos de concreto convencional y autocompactante</i>	141
Figura 89	<i>Registro de dimensiones en los especímenes prismáticos</i>	141
Figura 90	<i>Viga en que para ser sometido a esfuerzo de flexión</i>	141
Figura 91	<i>Viga ensayada a esfuerzo de flexión</i>	142
Figura 92	<i>Fallas en especímenes prismáticos</i>	142
Figura 93	<i>Estructura interna de espécimen prismático</i>	142
Figura 94	<i>Barra de calibración del equipo de pulso ultrasónico</i>	144
Figura 95	<i>Determinación de los tiempos de transmisión</i>	144
Figura 96	<i>Lectura de tiempo de transmisión del equipo Pundit PL - 200</i>	144
Figura 97	<i>Especímenes cilíndricos con sensores de temperatura</i>	146
Figura 98	<i>Colocación de sensores en especímenes de concreto</i>	146
Figura 99	<i>Especímenes con sensores de temperatura y proceso de curado</i>	147
Figura 100	<i>Equipo de lectura de temperaturas (madurímetro)</i>	147
Figura 101	<i>Análisis de costos de insumos por tipo de concreto</i>	176
Figura 102	<i>Análisis de costos unitarios por metro cubico de concreto convencional</i>	177
Figura 103	<i>Análisis de costos unitarios por metro cubico de concreto autocompactante</i> .	177
Figura 104	<i>Curva granulométrica de la cantera Vicho</i>	178
Figura 105	<i>Curva granulométrica de la cantera Huambutío</i>	179
Figura 106	<i>Curva granulométrica de la cantera Cunyac</i>	180
Figura 107	<i>Curva granulométrica de combinación de las canteras Vicho y Cunyac</i>	181



Figura 108	<i>Curva granulométrica de combinación de las canteras Huambutío y Cunyac</i>	182
Figura 109	<i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	184
Figura 110	<i>Curva granulométrica del agregado grueso de la cantera Huambutío</i>	185
Figura 111	<i>Porcentajes - CC de acuerdo al peso de cemento</i>	186
Figura 112	<i>Porcentajes de acuerdo al volumen por m³ del CC</i>	187
Figura 113	<i>Porcentajes - CAC de acuerdo al peso de cemento</i>	188
Figura 114	<i>Porcentajes de acuerdo al volumen por m³ de CAC</i>	189
Figura 115	<i>Porcentajes de pasta, agregado fino y agregado grueso por m³ de CAC</i>	189
Figura 116	<i>Porcentajes de mortero y agregado grueso por m³ de CAC</i>	190
Figura 117	<i>Evolución de esfuerzo a compresión del concreto convencional</i>	194
Figura 118	<i>Evolución del esfuerzo a compresión del concreto autocompactante</i>	195
Figura 119	<i>Porcentaje de resistencia a la compresión alcanzado por ambos concretos</i> ..	195
Figura 120	<i>Evolución del esfuerzo a flexión del concreto convencional</i>	196
Figura 121	<i>Evolución del esfuerzo a flexión del concreto autocompactante</i>	197
Figura 122	<i>Correlación del pulso ultrasónico en la evolución del concreto convencional</i>	198
Figura 123	<i>Velocidad del pulso ultrasónico por edades del concreto convencional</i>	199
Figura 124	<i>Correlación del pulso ultrasónico en la evolución del concreto autocompactante</i>	200
Figura 125	<i>Velocidad del pulso ultrasónico por edades del concreto autocompactante</i> ...	200
Figura 126	<i>Índice de madurez en el concreto convencional</i>	201
Figura 127	<i>Índice de madurez en el concreto autocompactante</i>	202
Figura 128	<i>Relación entre madurez y tiempo del concreto convencional</i>	203
Figura 129	<i>Relación entre resistencia a la compresión y madurez del concreto convencional</i>	204
Figura 130	<i>Relación entre madurez y tiempo del concreto autocompactante</i>	205
Figura 131	<i>Relación entre resistencia a la compresión y madurez del concreto autocompactante</i>	205
Figura 132	<i>Relación entre madurez y tiempo del concreto convencional</i>	206



Figura 133	<i>Relación resistencia a la flexión y madurez del concreto convencional.....</i>	207
Figura 134	<i>Relación entre madurez y tiempo del concreto autocompactante.....</i>	208
Figura 135	<i>Relación resistencia a la flexión y madurez del concreto autocompactante ...</i>	208
Figura 136	<i>Resistencias a compresión del concreto convencional a través de los diferentes métodos</i>	210
Figura 137	<i>Resistencias a compresión del concreto autocompactante a través de los diferentes métodos.....</i>	211
Figura 138	<i>Resistencias a flexión del concreto convencional a través de los diferentes métodos</i>	212
Figura 139	<i>Resistencias a flexión del concreto autocompactante a través de los diferentes métodos</i>	213
Figura 140	<i>Resumen de costos de insumos por tipo de concreto</i>	213
Figura 141	<i>Resumen del análisis de costos unitarios por tipo de concreto</i>	214



1. Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En la ciudad de Cusco y el Perú según el INEI para el 2022 en el mes de abril, el consumo interno de cemento creció 2.25%, nos indica que está incrementando considerablemente la población y el proceso de construcción de edificaciones para diferentes actividades en bienestar de la sociedad (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022, párrafo segundo).

Además, los controles de calidad en obra resultan de alta importancia porque nos permite detectar y corregir errores que podrían dar lugar a situaciones que pongan en juego la calidad y seguridad del proyecto por problemas relacionados con la durabilidad de los materiales.

Según la Cámara Peruana de la Construcción, se tiene la siguiente información “En la Perú el 80% de viviendas son construcciones informales y de ese porcentaje, la mitad son altamente vulnerables a un terremoto de alta intensidad. En las zonas periféricas de las ciudades esta cifra llega al 90%” (Cámara Peruana de la Construcción, 2021, párrafo tercero).

Esto implica que los proyectos informales no garantizan la calidad de la construcción y sus controles respectivos. Además, existen patologías en el concreto como las cangrejeras, y ocurre por la acumulación de piedras por pérdida o separación de finos, a causa de la segregación del concreto.

Además del aspecto estético y arquitectónico, las imperfecciones producidas por las patologías del concreto y más aún por las cangrejeras con la Figura 1. Puede tener una transcendencia y perjuicio o daño a los elementos estructurales y mucho más aún si el concreto es de pésima calidad.

Figura 1

Segregación del concreto



Nota: Tomado Comportamiento del concreto a fuerza cortante de muros delgados de concreto reforzados en su zona central con barras de acero, fibra de polipropileno y con fibra de acero

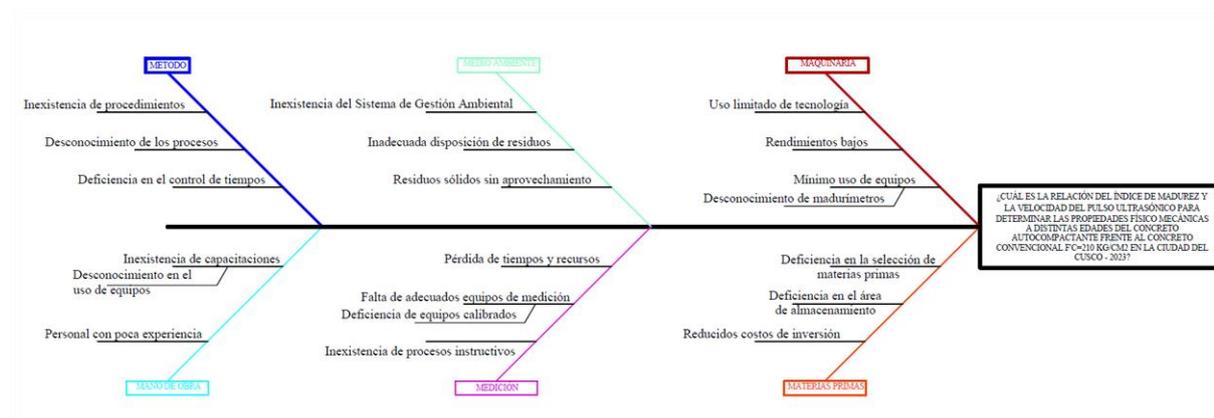


La presente investigación, resulta importante porque brinda el uso de una metodología poco empleada que es el uso del concreto autocompactante que tiene diferentes propiedades físicas en estado fresco que brindan muchas aplicaciones a la hora de su vaciado, además los controles in - situ que garantizan la calidad de la misma. El control in - situ empleado es el método de la madurez, que determina la resistencia mecánica a lo largo de su evolución, este método relaciona los cambios térmicos internos a lo largo del tiempo de su curado.

Es una alternativa el método de madurez del concreto ya que es un método no destructivo para estimar, de manera confiable, la resistencia de elementos de concreto en el área de trabajo. El método se sustenta en que el concreto va adquiriendo resistencia con la edad y cuando la temperatura se incrementa.

Figura 2

Diagrama de causa – efecto 6M



1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es la relación del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico para determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en diferentes edades, en la ciudad del Cusco – 2023?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

1.1.2.2.1. Problema específico 01

¿Cómo es el comportamiento de la temperatura para determinar el índice de madurez del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco-2023?



1.1.2.2.2. Problema específico 02

¿Cómo varía la velocidad del pulso ultrasónico en función a la densidad del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco-2023?

1.1.2.2.3. Problema específico 03

¿Cómo es la evolución del índice y la relación de curva de madurez a distintas edades de curado para determinar la resistencia a la compresión del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco-2023?

1.1.2.2.4. Problema específico 04

¿Cómo varía la velocidad del pulso ultrasónico en función a las diferentes edades de curado del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco-2023?

1.1.2.2.5. Problema específico 05

¿Cómo es la evolución del índice y la relación de curva de madurez del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para estimar la resistencia a la flexión en la ciudad de Cusco-2023?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

La presente investigación se desarrolló dentro del campo de la Ingeniería Civil, en el área de estudio Tecnología del Concreto y Construcciones.

Se orientó con las normas nacionales NTP (Normas Técnicas Peruanas); con los estándares, normas y recomendaciones técnicas del ACI (American Concrete Institute); con los estándares internacionales, normas técnicas ASTM (American Society for Testing and Materials); asimismo, con otras normativas y procedimientos internacionales que tienen relación como EFNARC (Federación europea dedicada a sistemas específicos de hormigón y productos químicos especializados para la construcción).

En la presente investigación se realizó la dosificación siguiendo el método del ACI 211 para la elaboración del concreto convencional, con respecto a la dosificación del concreto autocompactante se realizó siguiendo el método del ACI 237R-07 reprobación 2019.



La investigación en cuanto para determinar sus propiedades en estado fresco del concreto convencional se siguió los lineamientos de la NTP 339.035 y para el concreto autocompactante se siguió los parámetros que establece el EFNARC.

La elaboración de los especímenes cilíndricos y prismáticos se realizaron de acuerdo a la NTP 339.183.

Los controles de estado endurecido se realizaron de acuerdo a la NTP y ASTM.

1.2.2. Justificación social

La presente investigación pretende contribuir a la aplicación del uso del concreto convencional y autocompactante, con la aplicación de materiales de uso local, el uso del método de la madurez y la velocidad del pulso ultrasónico, con el fin de incrementar la productividad y reducir gastos económicos.

- Se brinda a la industria de la construcción la aplicación de método de la madurez y velocidad de pulso ultrasónico para poder tener un control en obra de la calidad del concreto.
- Se brinda a la sociedad y a la industria de la construcción una forma de tener mejores propiedades en estado fresco del concreto y la alternativa para vaciados de concreto donde se requiera, asegurando la resistencia.

1.2.3. Justificación por viabilidad

La presente investigación presenta alternativas de control de calidad de la resistencia con equipos de evaluación no destructiva, pudiendo realizarse los controles constantes in-situ del concreto simple y autocompactante apoyándonos del método de la madurez y la velocidad del pulso ultrasónico.

Se brinda la curva de madurez para estos diseños de mezclas aplicados en esta investigación teniendo en cuenta la particularidad de la procedencia de los agregados y las dosificaciones usadas.

Se obtiene velocidades de pulso ultrasónico en los diferentes tipos de concreto (concreto convencional y concreto autocompactante) que son característicos para determinadas edades de curado.

Además, impulsara a nuevas investigaciones y a la aplicación de diferentes mezclas usando el método de la madurez y la velocidad del pulso ultrasónico para sus controles, ahorrando tiempo y costos y así tener una mejor eficiencia en la industria de la construcción.



1.2.4. Justificación por relevancia

En la presente investigación es importante el uso de equipos e instrumentos no destructivos como es el Pundit PL-200 que es un equipo de velocidad de pulso ultrasónico y los “Madurímetros” que tienen por función registrar la temperatura del concreto en sus diferentes edades para determinar su índice de madurez, con la finalidad de tener un historial de temperatura y tiempo, datos relevantes para su posterior análisis. Donde se obtendrá la Curva de madurez en función a la resistencia mecánica.

El propósito es determinar una curva de madurez y la velocidad de pulso ultrasónico del concreto autocompactante y convencional que garanticen la resistencia y calidad.

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolla en:

- Departamento de Cusco
- Provincia de Cusco

Figura 3

Departamento Cusco



Nota: Tomado de la web: <http://turismovilcabamba.blogspot.com/2008/04/cmo-llegar.html>

Figura 4

Provincia Cusco



Nota: Adaptado de la web: <https://larepublica.pe/datoslr/actualidad/2021/06/07/chumbivilcas-donde-queda-y-cual-es-la-historia-de-la-provincia-de-cuzco-atmp/>

1.3.2. Delimitación temporal

La investigación “Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a través del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico en diferentes edades en la ciudad del cusco – 2023” se desarrolló en el año correspondiente durante los meses:

- junio, julio y agosto (ensayos en laboratorio)
- agosto, septiembre y octubre (trabajos en gabinete).

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar la relación del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico para determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en diferentes edades, en la ciudad del Cusco – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

1.4.2.1. Objetivo específico 01

Analizar el comportamiento de la temperatura para determinar el índice de madurez del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cusco-2023.



1.4.2.2. Objetivo específico 02

Analizar la variación de la velocidad del pulso ultrasónico en función a la densidad del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cusco-2023.

1.4.2.3. Objetivo específico 03

Analizar la evolución del índice y la relación de curva de madurez a distintas edades de curado para determinar la resistencia a la compresión del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad del Cusco-2023.

1.4.2.4. Objetivo específico 04

Determinar la velocidad del pulso ultrasónico en función a las diferentes edades de curado del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cusco-2023.

1.4.2.5. Objetivo específico 05

Determinar la relación de la curva de madurez del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para estimar la resistencia a la flexión, en la ciudad de Cusco-2023.



2. Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación

La investigación se sustenta en diferentes estudios realizados a cerca del concreto convencional y el concreto autocompactante.

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

2.1.1.1. Antecedente nacional 01

La tesis de pregrado realizada por Brucele Ramiro Anahue Choquepuma, Albert Edwar Mallqui Tupa (2016) denominada “Índice de madurez a edades tempranas y resistencia a compresión para diseño de mezcla de pavimento rígido $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, ciudad de Cusco 2016”, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Resumen

La investigación consistió en determinar la relación del índice de madurez a edades tempranas y la resistencia a compresión para el diseño de mezcla de pavimento rígido en la ciudad de Cusco, de acuerdo a la influencia de la temperatura, cuantificando el efecto del historial de tiempo de curado; cuyo procedimiento consta de obtener el índice de madurez en laboratorio relacionando el historial de temperatura interna del concreto en especímenes cilíndricos y especímenes prismáticos de concreto.

Conclusiones relevantes:

- Anahue y Tupa (2016) concluyen que la temperatura si influye en el índice de madurez a edades tempranas y resistencia a compresión para diseño de mezcla de pavimento rígido $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$. La principal variable de estudio denominada temperatura interna del concreto y medio de curado, resultó ser notable para el desarrollo de resistencias mecánicas del concreto (p.191)
- En la investigación el tiempo de curado si afecta al índice de madurez a edades tempranas y resistencia a compresión para diseño de mezcla de pavimento rígido $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$. El tiempo de curado es una variable que cuantifica el historial de temperatura y por lo tanto las resistencias mecánicas del concreto (p.192)

La presente investigación con el antecedente anterior se relacionó en los procedimientos para la determinación de los índices madurez del concreto y se extrajo información como guía para el desarrollo de ensayos en laboratorio.



2.1.1.2. Antecedente nacional 02

La tesis de pregrado realizado por Chavez Cusi Danae Gandy, Soncco Romero Stacy Beatriz (2019) denominada “Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y concreto autocompactable en función de la velocidad de pulso ultrasónico - cusco 2019”, Universidad Andina del Cusco.

Resumen

La investigación consistió en analizar la relación de la variación de la velocidad de pulso ultrasónico en la determinación de la resistencia a la compresión de un concreto de calidad $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y el concreto autocompactante. Desarrollándose en laboratorio con la preparación, muestreo y control de diseños patrón del concreto convencional y concreto autocompactante respectivamente con la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas; comparando ambos tipos de concreto.

Conclusiones relevantes:

- En la tesis Chávez y Soncco (2019) concluye que se comprueba que la velocidad de pulso ultrasónico influye en la medición de las propiedades físicas y mecánicas, del concreto simple (CS) de calidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y concreto autocompactable (CAC), obteniendo datos confiables en las propiedades físicas con la exploración por líneas y área así también en la propiedad mecánica con la calidad de resistencia (p.134).
- Se comprueba que la influencia de la Velocidad de Pulso Ultrasónico es directamente proporcional a la resistencia a compresión, es decir para una misma edad se tiene mayor Velocidad de Pulso Ultrasónico a mayor resistencia a compresión alcanzada confirmando la hipótesis de la presente investigación (p.134).

La relación del antecedente y la presente investigación consistió en los procesos para determinar la evaluación del tiempo de tránsito del pulso ultrasónico a través, del concreto convencional y concreto autocompactante. Asimismo, sirvió como guía para los ensayos en laboratorio.



2.1.2. *Antecedentes a nivel internacional*

2.1.2.1. Antecedente internacional 01

La investigación realizada por Piotr Wiciak, Giovanni Cascante, Maria Anna Polak (2020) denominada “Frequency and Geometry Effects on Ultrasonic Pulse Velocity Measurements of Concrete Specimens”, ACI (American Concrete Institute).

Resumen

La investigación se orientó al uso del método del pulso ultrasónico a través, del concreto, de acuerdo a la frecuencia y la geometría de los especímenes como prueba no destructiva en la evaluación de la calidad del concreto.

Conclusión relevante:

- El método de velocidad de pulso ultrasónico se usa comúnmente como método de prueba no destructiva del concreto en ingeniería civil y es el estándar de ASTM para la evaluación relativa de la calidad del concreto. Sin embargo, sus limitaciones debido a las dimensiones de la muestra, composición o el contenido de frecuencia de la excitación del transmisor no se comprenden bien. (Piotr Wiciak & Anna Polak, 2020, p.215).

Del antecedente anterior se toma como referencia las consideraciones y orientaciones del ensayo de la velocidad del pulso ultrasónico en especímenes de concreto de acuerdo a su geometría.

2.1.2.2. Antecedente internacional 02

La investigación realizada por Raymond Bassim y Mohsen Issa (2020) denominada “Maturity-Based Estimates of Concrete Strength for Portland Concrete Cement Pavements and Patches at Early Age of Opening to Traffic”, ACI (American Concrete Institute).

Resumen

La investigación ha requerido el monitoreo de la resistencia del concreto para asegurar tiempos mínimos de cierre sin comprometer los pavimentos de concreto, la decisión sobre los parches de tráfico es particularmente relevante en concreto simple, las especificaciones actuales de la Agencia de Carretera Estatales para determinar la



resistencia a la compresión $f'c$ se basan en cilindros de concreto. Otros estándares de construcción enfatizan en el módulo de ruptura (MOR o f_r) de prismas de concreto, en consecuencia, se propusieron varias técnicas no destructivas para predecir la resistencia de concreto en sitio como el método de madurez (ASTM C 1074) expresa el factor tiempo-temperatura.

Conclusiones relevantes:

- Bassim y Mohsen (2020) concluyen que los criterios de resistencia de los parches de tráfico basados en $f'c$ y en f_r parecen operar en diferentes escalas de tiempo para mezclas de pavimento rígido. El criterio de resistencia a la compresión que varía de 3000 a 3500 psi (20,7 a 24,1 MPa), según lo exigen la mayoría de las agencias de transporte, se encuentra dentro de los 3 a 7 días de la edad del concreto. Se cumple un requisito de resistencia a la flexión equivalente de 650 psi (4,5 MPa), como en el estado de Illinois, por ejemplo, a una edad tardía del concreto que oscila entre 14 y 28 días, como se demostró para la mezcla PV (0,42). Los requisitos de la Agencia de Carretera Estatales para los parches de tráfico con criterio equivalente $f'c$ o f_r deben inspeccionar el efecto de la temperatura de curado en las constantes de velocidad de resistencia para cada propiedad mecánica. Esto apunta a refinar medios no destructivos como el método de madurez (p.11)
- Unificar conjuntos de datos de fuerza-madurez requiere variar T_0 o E_a (energía de activación) para lograr estimaciones mínimas de error estándar. En este sentido, las mezclas compresivas requerían un cambio mínimo a los valores predeterminados de T_0 (32 °F [0 °C]) o E_a (38 a 45 kJ/mol) para lograr los casos de menor error. Sin embargo, las mezclas de flexión requirieron un ajuste significativo a los valores predeterminados T_0 y E_a . Las propiedades térmicas óptimas (T_0 o E_a) variaron según la propiedad mecánica en cuestión, ya sea $f'c$ o f_r , a pesar de utilizar diseños de mezcla y métodos de curado idénticos (p.11)
- El resultado del método propuesto indica que la precisión de la práctica de la norma ASTM C1074 no está influenciada por la supuesta relación entre la constante de velocidad k y la temperatura de curado, ya que tanto NS como FHP arrojaron precisiones comparables. Además, el ajuste de T_0 y E_a pudo lograr estimaciones de error relativo cero en todas las instancias de prueba discretas, por lo que no hubo una diferencia aparente entre los dos métodos (p.11)



Del antecedente anterior se ha tomado como referencia el procedimiento del uso del registro de datos de factor tiempo-temperatura usando la ecuación Nurse-Saul (función de madurez).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

El concreto es un material producto de la mezcla de agregados, agua y cemento al cual se puede añadir algún aditivo; y al producirse la mezcla se incorporará de manera simultánea el aire. Es un producto artificial compuesto, que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas denominadas agregados.

Rivva (2000) manifiesta que la pasta es un resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste. El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida (p.8).

2.2.1.1. Tipos de concreto

- Concreto simple
- Concreto armado
- Concreto ciclópeo
- Concreto liviano
- Concreto normal
- Concreto pesado
- Concreto pre-esforzado
- Concreto rodillado
- Concreto polimerizado
- Concreto fast track
- Concreto autocompactante
- Concreto fluido
- Concreto bombeable
- Concreto lanzado o proyectado



2.2.1.2. Comparación del concreto autocompactante frente al concreto lanzado y otros similares

Concretos similares al concreto autocompactante

Tabla 1

Cuadro comparativo de concretos

CARACTERISTICAS	CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	CONCRETO FLUIDO	CONCRETO BOMBEABLE	CONCRETO LANZADO O PROYECTADO
Fluidez	Alta	Moderada	Moderada	Alta
Resistencia a la segregación	Alta	Alta	Alta	Baja
Capacidad de relleno	Alta	Moderada	Moderada	Alta
Aditivos superplastificantes	Necesario	Necesario	Necesario	Necesario
Aditivo cenizas volantes	Opcional	Opcional	Necesario	Necesario
Aplicaciones	Estructuras de concreto armado, estructuras de concreto pretensado, pavimentos, muros de contención, etc	Vigas áreas donde se requiere alta longitud de bombeo, Muros esbeltos.	Placas de entrepiso, Muros de baja densidad de acero, placas de cubierta, ductos.	Revestimiento de túneles, sistemas de contención, túneles, piscinas, presas.

Nota: Tomado de ACI 232R.2R-96 (Reapproved 2002)

2.2.1.3. Componentes del concreto

El concreto resultante de la mezcla generalmente de diferentes materiales como: el agua, arena, grava y cemento que cuando fragua va adquiriendo mayor resistencia y en consecuencia es fundamental optimizar su calidad porque será determinante para las solicitaciones de una estructura. Siendo el cemento uno de los ingredientes principales por lo que debe de estar en condiciones adecuadas, los agregados deben de estar libres de sustancias contaminantes o dañinas, y el agua tanto para la preparación y el curado debe de ser agua potable.

El concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso) y agua. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable. Cuando se mezcla, se hace el vaciado y se cura de manera apropiada, el concreto forma estructuras sólidas capaces de soportar las temperaturas extremas del invierno y del verano sin requerir de mucho mantenimiento.

El material que se utilice en la preparación del concreto afecta la facilidad con que pueda vaciarse y con la que se le pueda dar el acabado; también influye en el tiempo que tarda



en endurecer, la resistencia que pueda adquirir, y lo bien que cumpla las funciones para las que fue preparado (Torre, 2004 p.74).

2.2.1.3.1. Cemento

El cemento es un conglomerante conformado a partir de la calcinación y molienda de calizas y arcillas (Clinker) con adiciones de yeso, además es el material de construcción bastante utilizado en el mundo.

Porrero (2014) nos dice que el cemento es el componente activo del concreto en todas las características de este material. Sin embargo, el cemento constituye aproximadamente sólo un 10 a un 20% del peso del concreto (p. 91).

Harmsen (2002) nos dice que el cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos (p.11).

2.2.1.3.2. Agregado fino

El agregado fino está compuesto por las arenas naturales proveniente de la desintegración de las rocas o también puede ser producidas de manera artificial.

El agregado fino es uno de los elementos inertes del concreto, porque no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua, además el agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de impurezas como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas (Harmsen, 2002, p.12)

2.2.1.3.3. Agregado grueso

El agregado grueso es el componente que procede de la trituración de rocas o gravas y que también puede ser de la combinación de ambas.

El agregado grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede utilizarse piedra chancada o grava de los lechos de los ríos o yacimientos naturales, al igual que el agregado fino no deben contener más del 5% de arcillas y finos; ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc (Harmsen, 2002, p.12).

2.2.1.3.4. Agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general el agua potable es adecuada para el concreto, cuya



función imprescindible es la hidratación del cemento además de la trabajabilidad de la mezcla (Harmsen, 2002, p.12).

2.2.1.3.5. Aditivos

Son sustancias que adicionadas al concreto alteran sus propiedades en estado fresco, así como en estado endurecido. Por su naturaleza se clasifican en aditivos químicos y aditivos minerales. Entre los primeros se tiene principalmente a los plastificantes, superplastificantes, incorporadores de aire y controladores de fragua. Entre los aditivos minerales se tiene principalmente los aditivos naturales, cenizas volantes y escoria de la producción del acero (Harmsen, 2002, p.13).

Además de los componentes de la mezcla de concreto en sí misma, será necesario un encofrado y refuerzo de acero para construir estructuras sólidas.

Torre (2004) nos dice que el encofrado generalmente se construye de madera y puede hacerse con ella desde un sencillo cuadrado hasta formas más complejas, dependiendo de la naturaleza del proyecto. El acero reforzado puede ser de alta o baja resistencia, características que dependen de las dimensiones y la resistencia que se requieran. El concreto se vacía en los encofrados con la forma deseada y después la superficie se alisa y se le da el acabado con diversas texturas (p.74).

2.2.1.4. Cementantes en general

El material cementante es el encargado de unir los agregados para conformar una pasta o masa el cual irá fraguando y solidificándose obteniendo resistencia y durabilidad, asimismo el cementante es capaz de formar productos de hidratación que posee las propiedades de adhesión y cohesión.

Los cementantes que se utilizan para la fabricación del concreto son hidráulicos, es decir, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aun estando inmersos en ella, característica que los distingue de los cementantes aéreos que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire. Los principales cementantes hidráulicos son las cales y cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requerimientos específicos de las aplicaciones, estos cementantes pueden utilizarse en forma individual o combinados entre sí (Torre, 2004, p.75).



2.2.1.5. Requisitos del concreto en estado fresco

Las mezclas de concreto deberán contar con las propiedades de trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación. Esta mezcla deberá contar con exudación mínima y estar libre de segregación.

2.2.1.6. Métodos constructivos

Aplicación del método de la madurez en obra.

Figura 5

Colocación de madurímetros



Nota: Tomado de guía para elaborar curva de madurez

La cantidad de sensores de temperatura que se utilizan para determinar la madurez del concreto dependen de diferentes factores como:

Figura 6

Madurímetro en contacto con concreto



Nota: Tomado de guía para elaborar curva de madurez

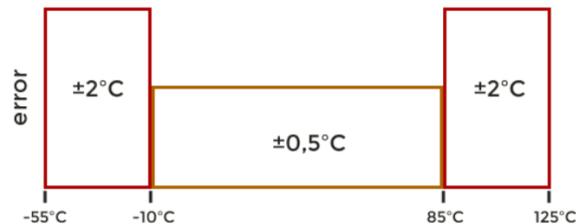


- Volumen de concreto: en general se recomienda usar un sensor por cada 10m3 de concreto, este puede ser afectado por las condiciones climatológicas, complejidad de la estructura y requisitos de obra.
- Condiciones climatológicas: en condiciones climatológicas es necesario tener más registro de datos (más sensores) por las variaciones de temperatura.
- Complejidad de la estructura: en estructuras complejas es necesario colocar más sensores de temperatura, donde se hayan vaciado diferentes elementos con concreto.
- Requerimientos de obra: estos pueden especificar la cantidad de sensores a usar.

2.2.1.7. Ficha técnica del madurímetro

Figura 7

Diagrama de error del sensor de temperatura DS18B20



Nota: tomado de Maxim integrated

Figura 8

Características eléctricas

DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; V_{DD} = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{DD}	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V _{PU}	Parasite power (Notes 1, 2)	+3.0		+5.5	V
		Local power	+3.0		V _{DD}	
Thermometer Error	t _{ERR}	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-30°C to +100°C			±1	
		-55°C to +125°C			±2	
Input Logic-Low	V _{IL}	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V _{IH}	Local power	+2.2		The lower of 5.5 or V _{DD} + 0.3	V
		Parasite power (Notes 1,6)	+3.0			
Sink Current	I _L	V _{IO} = 0.4V	4.0			mA
Standby Current	I _{DDS}	(Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	I _{DD}	V _{DD} = 5V (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	I _{DQ}	(Note 10)		5		µA
Drift		(Note 11)		±0.2		°C

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU}. In order to meet the V_{IH} spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}.

Note 3: See typical performance curve in Figure 1. Thermometer Error limits are 3-sigma values.

Note 4: Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

Note 5: To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.

Note 6: Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

Note 7: Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.

Note 8: To minimize I_{DD}, DQ should be within the following ranges: GND ≤ DQ ≤ GND + 0.3V or V_{DD} - 0.3V ≤ DQ ≤ V_{DD}.

Note 9: Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

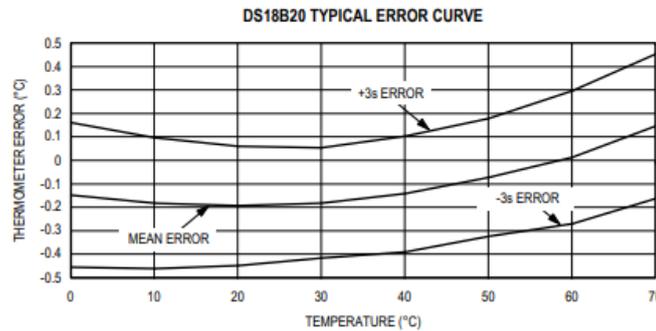
Note 10: DQ line is high ("high-Z" state).

Note 11: Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with V_{DD} = 5.5V.

Nota: tomado de Maxim integrated

Figura 9

Curva de rendimiento típica



Nota: tomado de Maxim integrated

2.2.1.8. Propiedades mecánicas

2.2.1.8.1. Resistencia a compresión

La resistencia a compresión del concreto es la propiedad mecánica principal para soportar una carga por unidad de área y que por lo general se expresa en kg/cm^2 .

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión (Abanto, 2009, p.50).

Torre (2004) manifiesta que la resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a los 28 días. La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas (p. 85).

Los controles de la resistencia del concreto varían según el tipo de estructura y la sollicitación que presentan.

2.2.1.8.2. Resistencia a flexión

La resistencia a flexión es una medida de resistencia a la falla por momento de una viga o losa, el cual se mide por la aplicación de cargas expresándose en kg/cm^2 .

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado f'_c esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad (Torre, 2004, p.85).



2.2.2. Concreto convencional

2.2.2.1. Propiedades del concreto en estado fresco

2.2.2.1.1. Trabajabilidad

Esta propiedad se refiere a la facilidad de poder mezclar, colocar, consolidar y terminar el concreto recién mezclado, el cual debe ser homogéneo.

Abanto (2009) manifiesta que la trabajabilidad es la propiedad del concreto que determina su capacidad de ser colocado, compactado y acabado sin la presencia perjudicial de segregación, lo cual involucra los conceptos de plasticidad, cohesividad y compacidad (p.60).

La facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de: dimensiones del elemento, secciones armadas, medios de puesta en obra (Torre, 2004, p.82).

2.2.2.1.2. Consistencia

La consistencia del concreto es la capacidad que tiene de deformarse para ocupar los espacios vacíos al momento de colocarse en un determinado molde.

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada (Abanto, 2009, p.47).

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende de: agua de amasado, tamaño máximo del agregado, granulometría, forma de los agregados (Torre, 2004, p.82).

2.2.2.1.3. Homogeneidad

La homogeneidad del concreto es la característica de distribución uniforme en la masa de todos los elementos del concreto y a esta característica se opone la segregación.

La homogeneidad es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyen regularmente en la masa (Torre, 2004, p.83).

2.2.2.1.4. Compacidad

La compacidad del concreto es la característica relacionada a la capacidad de acomodamiento de los agregados de finiéndose como la cantidad de sólidos por unidad de volumen de concreto.



Es la relación entre el volumen real de los componentes del concreto y el volumen aparente del concreto, no se tienen en cuenta el aire ocluido (Torre, 2004, p.83).

2.2.2.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

2.2.2.2.1. Impermeabilidad

La impermeabilidad del concreto es la capacidad que tiene para oponerse al paso del agua o gases del exterior a través de sus poros.

La impermeabilidad es una propiedad importante del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua de mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto (Abanto, 2009, p.58).

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros fluido. La permeabilidad depende de: finura del cemento, cantidad de agua, compacidad (Torre, 2004, p.83).

2.2.2.2.2. Durabilidad

La durabilidad del concreto es la capacidad de conservar sin ser alteradas sus condiciones físicas y químicas durante su vida útil al estar sometida a las cargas y condiciones del ambiente.

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio, gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación, por lo que la resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire o aplicando revestimiento protector a la superficie (Abanto, 2009, p.57).

“La durabilidad depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son: sales, calor, agente contaminante, humedad; y el efecto producido es un deterioro mecánico-físico” (Torre, 2004, p.84).

2.2.2.3. Diseño de mezcla

El proporcionamiento de la mezcla de concreto es un proceso que consiste de procedimientos dependientes entre sí como la selección de sus componentes: cemento, agregados, agua y aditivos en caso se requiera, y la determinación de sus cantidades.



2.2.2.3.1. Pasos para diseñar una mezcla

Recaudar el siguiente conjunto de información

- Los materiales.
- Del elemento a vaciar; tamaño y forma de las estructuras.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura

2.2.2.3.2. Determinar la resistencia requerida

La mezcla de concreto se diseña para obtener una resistencia promedio superior a la resistencia que se especifica para que se minimice el riesgo de no cumplir la especificación solicitada.

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo, pero siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 1%, según el ACI) puedan tener resistencias inferiores a la especificada (Torre, 2004, p.92).

El comité ACI 318 - 99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia requerida f'_{cr} .

Caso 1: Si se contarán con datos estadísticos de producción en obra, así como resultados de la rotura de probetas

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34D_s \quad (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33D_s \quad (2)$$

Donde:

f'_c : Resistencia a la compresión especificada (kg/cm²)

f'_{cr} : Resistencia a la compresión requerida (kg/cm²)

D_s : Desviación estándar en obra (kg/cm²)

De ambos resultados se escogerá el mayor valor de las fórmulas, siendo este el f'_{cr} requerido con el cual se va a diseñar.

Caso 2: No contamos con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados)



En este caso se utilizarán las fórmulas anteriores, donde al valor de D_s se amplificará por un factor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2

Factores de incremento

Nº Ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Usar tabla caso 3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Nota: Tomado de ACI 211.1

Entonces para calcular el f'_{cr} tendremos:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34(\alpha D_s)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33(\alpha D_s) - 35$$

Donde:

α : factor de amplificación

Caso 3: Contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico

Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el f'_{cr} .

Tabla 3

Valores de f'_{cr}

f'_c especificado	F'_{cr} (kg/cm ²)
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Nota: Tomado de ACI 211.1



2.2.2.3.3. Seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado grueso

La mayoría de veces son las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras las que limitan el tamaño máximo del agregado que pueden utilizarse, pero a la vez existen también consideraciones a tomar en cuenta como la producción, el transporte y la colocación del concreto que también pueden influir en limitarlo.

El TNM del agregado grueso no deberá ser mayor de uno de estos puntos:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- 1/3 del peralte de las losas

Estas limitaciones a menudo se evitan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede colocarse sin dejar zonas o vacíos en forma de panal.

2.2.2.3.4. Seleccionar el asentamiento

Si el asentamiento no se encuentra especificado entonces se puede partir con los valores indicados en la tabla 04 (Tipo de Estructura)

2.2.2.3.5. Determinación del contenido de aire

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso. La tabla 04 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

En el caso del contenido de aire incorporado también presenta una tabla indicando valores aproximados en función además de las condiciones de exposición, suave, moderada y severa. Estos valores señalados en la tabla 05 no siempre pueden coincidir con las indicadas en algunas especificaciones técnicas. Pero muestra los niveles recomendables del contenido promedio de aire para el concreto, cuando el aire se incluye a propósito por razones de durabilidad.

2.2.2.3.6. Determinación del volumen de agua

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido. Según la textura y forma del agregado, los requisitos de agua en la mezcla pueden ser mayores o



menores que los valores tabulados, pero estos ofrecen suficiente aproximación para una primera mezcla de prueba (Torre, 2004, p.94).

2.2.2.3.7. Seleccionar la relación agua / cemento

La relación agua/cemento requerido se determina no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación agua/cemento, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usarán realmente. Para condiciones severas de exposición, la relación a/c deberá mantenerse baja, aun cuando los requisitos de resistencia puedan cumplirse con un valor más alto.

2.2.2.3.8. Cálculo de contenido de cemento

Se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos 2.2.2.3.5. / 2.2.2.3.6.

2.2.2.3.9. Cálculo de los pesos de los agregados

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregados.

2.2.2.3.10. Presentar el diseño de mezcla en condiciones secas

- **Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco**

Hay que tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial. (Torre, 2004, p. 95)

Peso agregado húmedo = Peso agregado seco (1 + Cont. humedad del agregado (%))

- **Cálculo de agua efectiva**

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción. Para esto se utilizará la siguiente fórmula. (Torre, 2004, p. 95)

Aporte de humedad de los agregados = Peso agregado seco (% Cont. de humedad - % absorción)



Entonces:

Agua efectiva = Agua de diseño – Aporte de humedad de los agregados

2.2.2.3.11. Presentar el diseño de mezcla en condiciones húmedas

- **Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas**

A esta mezcla de prueba se le mide su consistencia y se compara con la deseada: si difieren, se ajustan las proporciones. Se prepara, luego, una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que ya garantiza la consistencia deseada; se toman muestras de cilindro de ella se determina su resistencia a la compresión; se compara con la resistencia deseada y si difieren, se reajustan las proporciones. Se prepara una tercera mezcla de prueba con las proporciones reajustadas que debe cumplir con la consistencia y la resistencia deseada; en el caso de que no cumpla alguna de las condiciones por algún error cometido o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, se pueden ser ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados.

2.2.2.4. Método ACI 211.1

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211.1, está basado en el empleo de tablas confeccionadas por el Comité ACI 211.1; la secuencia de diseño es la siguiente:

- Selección de la resistencia requerida (f'_{cr})
- Selección del TMN del agregado grueso.
- Selección del asentamiento.
- Seleccionar el contenido de aire atrapado.
- Seleccionar el contenido de agua.
- Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad.
- Cálculo del contenido de cemento
- Seleccionar el peso del agregado grueso proporciona el valor de b/b_0 , donde b_0 y b son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso).
- Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
- Cálculo del volumen del agregado fino.
- Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.



- Presentación del diseño en estado seco.
- Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- Presentación del diseño en estado húmedo.

Tabla 4

Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras

Tipo de estructura	Slump máximo	Slump mínimo
Zapatatas y muros de cimentación	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Nota: Tomado de ACI 211.1

Tabla 5

Contenido de aire atrapado

TMN del agregado grueso	Aire atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Nota: Tomado ACI 211.1

Tabla 6

Volumen de agua por m³

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TNM agregados y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Nota: Tomado de ACI 211.1



Tabla 7

Relación de agua / cemento por resistencia

f'c kg/cm ²	Relación A/C en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Nota: Tomado de ACI 211.1

Tabla 8

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TNM del agregado grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Tomado de ACI 211.1

Tabla 9

Módulo de fineza de la combinación de agregados

TNM del agregado grueso	Módulo de fineza combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en bolsas/m ³ (m)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	5.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota: Tomado de ACI 211.1



Tabla 10

Contenido de aire incorporado y total

TNM del agregado grueso	Contenido de aire total (%)		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.5
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.0	5.5
2"	2.0	3.5	5.0
3"	1.5	3.0	4.5
6"	1.0	2.5	4.0

Nota: Tomado de ACI 211.1

Tabla 11

Condiciones especiales de exposición

Condiciones de exposición	Relación A/C máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregados livianos
Concreto de baja permeabilidad		
Expuesto al agua dulce	0.50	260
Expuesto al agua de mar o aguas solubles	0.45	
Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas		
Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45	300
Otros elementos		
Protección contra la corrosión del concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas	0.40	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45	300

Nota: Tomado de ACI 211.1

2.2.3. Concreto autocompactante

El concreto autocompactante es una mezcla de agregados, cemento, finos, agua y aditivos plastificantes que tiene la capacidad de desplazamiento a través, de los encofrados llenando vacíos con mayor facilidad y se consolida por su peso propio. El concreto autocompactante es una necesidad su uso en zonas donde haya deficiencia del uso de técnicas de compactación o exista condiciones en que el concreto no fluya a través de la complejidad de ciertos encofrados.



El concreto autocompactante tiene la capacidad de compactarse por acción de gravedad que rellena los encofrados, así como las armaduras sin la acción de aplicar instrumentos de compactación internos o externos, también se mantiene como mezcla homogénea sin presentar segregaciones. La característica que hace todo posible lo anterior posible es su viscosidad fluida (Rabanal & Su Chaqui, 2017, P.30).

En las últimas décadas la industria de la construcción se a generado interés en la optimización de compactación del concreto, en algunos sectores se presenta la deficiencia del manejo de equipos que permitan ayudar en la compactación del concreto y que a la vez no presente segregación por el abuso de este o por la complejidad y sofisticadas estructuras que hace que no sea efectivo los métodos tradicionales en la compactación (Molina & Saldaña, 2014, p.21).

En Japón el profesor Okamura comenzó a investigar en el año de 1986 con definiciones como concreto autocompactante resaltando su propiedad de trabajabilidad que dieron origen al primer ejemplar en 1988, de ahí surgieron otras investigaciones por empresas constructoras para desarrollar diseños de mezcla.

2.2.3.1. Características prestacionales del concreto autocompactante

Las características prestacionales específicas que aporta la autocompactabilidad son:

- Gran facilidad de colocación que permite que el concreto alcance lugares de difícil acceso y rellene completamente secciones con elevada densidad de armaduras.
- Elimina los medios de compactación, ahorrando la energía correspondiente y evitando el elevado nivel de ruido que genera la vibración.
- Mejora la seguridad y salud en la obra al evitar, durante el proceso de puesta en obra del concreto, el uso de mangueras con conductores de electricidad, la generación de ruidos y la realización de una actividad poco ergonómica como es el vibrado interno de la sección de hormigón.
- Mejora las condiciones medio ambientales en el entorno de las obras al evitar ruidos y reducir los plazos de ejecución.
- Es un material adecuado para colocarlo mediante bombeo.
- Ahorra el coste de los equipos de compactación y el correspondiente a la conservación y mantenimiento de los mismos, así como el inmovilizado en lista de repuestos.



- Ahorra el consumo de energía, generalmente eléctrica, utilizada en el proceso de puesta en obra del concreto.
- Mejora la calidad de acabado de las superficies vistas, aumentando su uniformidad como consecuencia de eliminar la heterogeneidad que produce el vibrado.
- Acorta los plazos de ejecución.
- Aumenta el número de puestas del encofrado en la misma cantidad de tiempo.
- Reduce el coste global de la obra.
- Aumenta la productividad del proceso de puesta en obra del concreto.

2.2.3.2. Características del concreto autocompactante en estado fresco

Reología del concreto autocompactante: Las propiedades del concreto autocompactante se basan en el modelo de Bingham, el modelo propone que el concreto debe de tener una sinergia de fluidez, cohesión y viscosidad para poder mantenerse bajo su propio peso con la finalidad de evitar la segregación de la mezcla (Chavez & Soncco, 2019, p.61).

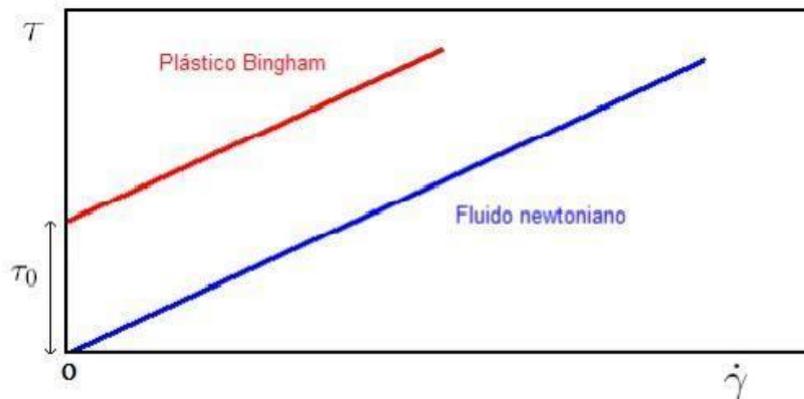
El concreto en su estado fresco por la existencia de varios tamaños de partículas que se encuentran suspendidas y las reacciones de hidratación, es por esto que el modelo Bingham es el que mejor lo describe.

$$\dot{\gamma}(\tau) = f(\tau) = \begin{cases} 0 & \tau < \tau_0 \\ (\tau - \tau_0)/\mu_B & \tau \geq \tau_0 \end{cases}$$

Laranés (2010) nos dice que el fenómeno físico que radica en las partículas que se encuentran en suspensión que conforman una estructura sólida que se rompe al alcanzar cierto nivel de estrés denominado tensión de fluencia $\tau_0 > 0$. Cuando se supera, las partículas y todo lo que la conforman se mueven bajo fuerzas viscosas (p. 17).

Figura 10

Reograma ideal de fluido Newtoniano y Bingham



Nota: Tomado de la investigación “Modelos en Reología y Aplicaciones a fluidos”

La ecuación de Bingham establece una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, donde la pendiente es la viscosidad y el intercepto es el esfuerzo de fluencia que se reduce en la siguiente ecuación.

$$\tau = \tau_0 + \mu_B \dot{\gamma}$$

Figura 11

Comportamiento de la mezcla con agua y con aditivo superplastificante



Nota: Extraída de la investigación presentada por Soncco y Chávez, 2019.

2.2.3.2.1. Trabajabilidad

El concreto autocompactante es definido por su cualidad principal de ser altamente fluido por acción de la gravedad sin generar segregación en la mezcla. Se debe de establecer una dosificación adecuada para estos tipos de concretos ya que un exceso puede producir segregación.



El concreto autocompactante posee características cualitativas por su facilidad de colocación del concreto y cuantitativa por sus parámetros reológicos.

Las características a evaluar del concreto autocompactante en estado fresco son: Capacidad de paso, Capacidad de relleno y Resistencia a la segregación. ya que son las que ofrecen perspectiva de la trabajabilidad donde se evalúan factores como la homogeneidad, estabilidad y consistencia.

Capacidad de Paso: Se define como la propiedad que posee la mezcla de pasar todas las armaduras a la hora de fluir, sin la necesidad de tener bloqueos por componentes de la mezcla esto por acción del incremento de la fluidez de la pasta por el incorporamiento de aditivos (superplastificantes), reduciendo del diseño el agregado grueso y solo trabajando con el diámetro máximo del agregado en relación de los espacios que la mezcla debe de pasar. (Chávez y Soncco, 2019, pág. 66)

Capacidad de llenado: Se define como la propiedad que posee la mezcla de llenar todos los espacios del encofrado a la hora de fluir, además esto evita tener “cangrejas” garantizando un mejor acabado liso y homogéneo. (Chávez y Soncco, 2019, pág. 66)

2.2.3.2.2. Resistencia a la segregación

Esta característica combina factores como estabilidad y consistencia, donde debe de permanecer homogénea durante el vaciado y fraguado de la mezcla.

Una mezcla de concreto autocompactante es denominada así si cumple los siguientes requisitos:

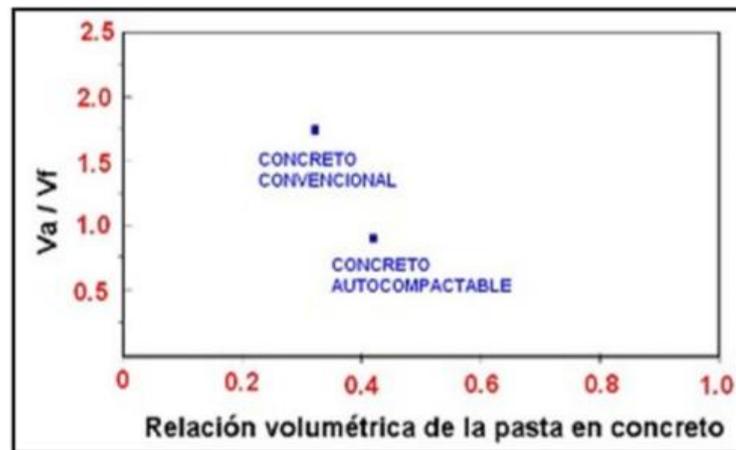
- Limitación en el contenido de agregado.
- Baja relación de agua/finos.
- Uso de superplastificante.

Chávez y Soncco (2019) manifiestan que el contacto y la frecuencia de colisión puede incrementar la distancia relativa entre partículas pequeñas y su esfuerzo interno, el cual tiene importancia en la deformidad del concreto, particularmente cerca de obstáculos. Las investigaciones han demostrado que la energía requerida para el flujo es consumida debido al incremento en el esfuerzo interno, resultado del bloqueo de las partículas del agregado. Resulta ser efectivo para prevenir ciertas particularidades del bloqueo el limitar el contenido de agregado grueso en el concreto, cuyo consumo de energía es particularmente intenso y llevarlo a un nivel relativamente más bajo de lo normal. (pág. 67)

El contenido de los agregados es muy bajo en comparación a uno concreto convencional que requiere actividades de vibrado y compactación. Por otro lado, la viscosidad de la pasta en el concreto autocompactante, es un poco alta en relación con varios tipos de concreto debido a su baja relación de agua/finos. Esta característica es efectiva para inhibir la segregación. (Chávez y Soncco, 2019, pág. 67)

Figura 12

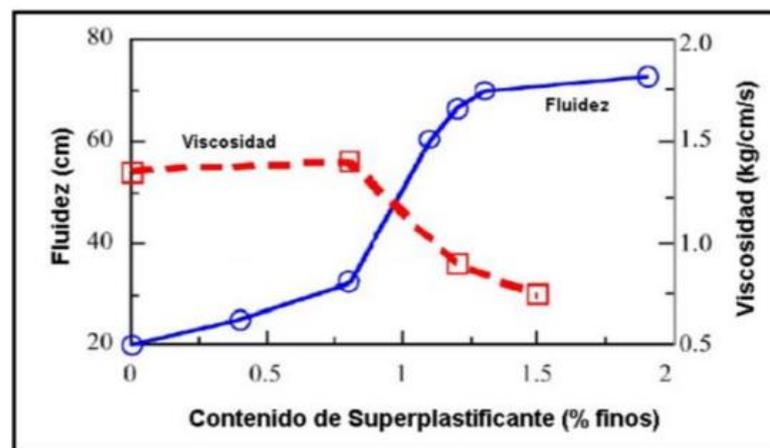
Relación entre el volumen de pasta y la relación agua/finos



Nota: Extraída de la investigación presentada por Soncco y Chávez, 2019.

Figura 13

Efecto de contenido de superplastificante en la fluidez y viscosidad



Nota: Extraída de la investigación presentada por Soncco y Chávez, 2019.

Chávez y Soncco (2019) dicen que en el concreto autocompactante, la parte de la pasta estabiliza los demás componentes de la mezcla, para que el concreto fluya por gravedad debe tener baja esfuerzo a la fluencia y para evitar segregación debe tener una adecuada viscosidad plástica (pág. 69).



Es por esto que cuando la mezcla adquiere una viscosidad adecuada y desplazamiento conjuntamente con los agregados gruesos, en los obstáculos (armaduras, etc.) siendo reducido por tales obstáculos pueden separar el agregado grueso del mortero.

2.2.3.3. Usos del concreto autocompactante

- Elementos prefabricados.
- Túneles.
- Pisos industriales.
- Presas.
- Columnas, vigas, losas, muros.
- estructuras donde se dificulta el uso del vibrado.

2.2.3.4. Ventajas del concreto autocompactante

- El no uso de vibradores externos o internos para su compactación.
- Reducción del acabado al retirar los encofrados.
- Inexistencia de cangrejeras.
- Libertad en poder vaciar la mezcla en encofrados particulares.
- Reducción de costos en mano de obra.

2.2.3.5. Desventajas del concreto autocompactante

- Tener un especial cuidado con la preparación, la dosificación de los componentes y la cantidad de agua.
- La falta de estandarización de los equipos para realizar los ensayos en estado fresco: asentamiento, flujo libre y densidad.
- Falta de información para el diseño y producción del Concreto autocompactante.

2.2.3.6. Componentes del concreto autocompactante

- Cemento Portland puzolánico tipo 1P: Es el cemento que presenta un porcentaje adicionado de puzolana entre 15% y 45%. Norma ITINTEC 334.044 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p.245).
- Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz ITINTEC 4,75 mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p.245).



- Agregado fino: Proveniente de la desintegración natural de las rocas. Norma ITINTEC 400.037(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p.246).
- Agua: El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p.246).
- Aditivos: Sustancia añadida a los componentes fundamentales del concreto, con el propósito de modificar algunas de sus propiedades. Norma ITINTEC 339.086(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p.246).

2.2.3.7. Aditivo superplastificante

El aditivo superplastificante cumple la función de mejorar la trabajabilidad de las mezclas de concreto reduciendo considerablemente el contenido de agua y por consiguiente son capaces de incrementar las propiedades de resistencia del mismo.

“Los aditivos superplastificantes son reductores de agua especiales en que el efecto aniónico se ha multiplicado notablemente” (Pasquel, 1998, p.113).

El aditivo que se utiliza en esta investigación es: Sikament ® - 290 N, según su ficha técnica es un aditivo líquido, color marrón oscuro, sin contenido de cloruros, reductor de agua de alto rango y retardante. Permite reducir hasta el 20% de agua del diseño de mezcla normal. (Sika, 2020, pág. 01)

Además, presenta las siguientes ventajas:

- Reduce la exudación
- Confiere al concreto un acabado de muy buena calidad y permite llenar formas complicadas con mucha armadura de acero.

La dosificación adecuada es del 0.95% peso de cemento en la investigación, siendo el rango de 0.7% - 1.2% peso de cemento. Este producto es adecuado según la norma ASTM C – 494, aditivo Tipo G.

2.2.3.8. Método de dosificación de Okamura y Ouchi

La metodología está constituida por dos fases: agregado grueso y mortero.

- Agregado grueso presenta el 50% del volumen sólido del esqueleto granular.
- Del mortero el 40% es agregado fino.



Estas proporciones son dadas de forma experimental relativos al bloqueo de agregados; la relación de agua/finos y la dosificación de superplastificante se obtiene mediante ensayos de fluidez en mortero (Chavez & Soncco, 2019, p.58).

Definición del Contenido de aire deseado (recomendado 2%).

En general, el contenido de aire puede ser mayor a un 2% esto cuando se requiera diseñar concreto resistente a los ciclos de hielo y deshielo.

Determinación del volumen de agregado grueso.

El agregado grueso se define por su densidad. En general puede estar entre 50% y 60%, ya que si se presentan porcentajes mayores se incrementan las probabilidades de que exista colisión entre estos y el déficit de la capacidad de paso en las armaduras. Los parámetros son los siguientes.

Tamaño máximo de agregado: Cuando menor es el tamaño máximo de agregado, se incrementa la proporción de agregado grueso. Tipo de agregado: Se presentan dos tipos, cantos rodados y triturados, normalmente al usar cantos rodados se incrementa el volumen a diferencia de los agregados triturados (Chavez & Soncco, 2019, p.59).

2.2.3.9. Método de dosificación ACI 237R-2007

Si bien algunas de las propiedades frescas del concreto autocompactante difieren significativamente de las del concreto convencional, las propiedades del concreto autocompactante endurecido se pueden diseñar a través de la proporción de la mezcla para que sean similares o mejores que las de una mezcla de concreto convencional. (ACI 237R-07, 2007, p.19).

La selección de agregados para proporcionar la capacidad de paso deseada, proporción de material cementoso – agua y la proporción de fracción de mortero – pasta que históricamente se ha demostrado que produce concreto autocompactante con el flujo de asentamiento requerido, y estabilidad. Estos pasos, en combinación con la adición de la tecnología de mezcla adecuada, se debería poder producir con las propiedades frescas del concreto autocompactante. (ACI 237R-07, 2007, p.19).

Se presenta un resumen de los pasos para determinar los requisitos de desempeño y la proporción de concreto autocompactante:



2.2.3.9.1. Paso 1: Determinar los requisitos de rendimiento del flujo de asentamiento

Tabla 12

Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)

Características de Elementos Estructurales		Slump Flow		
		<500 mm	550 a 650 mm	>650 mm
Nivel de Refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Nota: Adaptado de ACI 237R-07, 2007

2.2.3.9.2. Paso 2: Selección del agregado grueso y la proporción (ACI 211.1 and 301)

El principal objetivo al determinar el agregado grueso es el tamaño con el cual el concreto autocompactante pueda fluir a través de las aberturas entre las barras de refuerzo de acero está relacionada tanto con el tamaño máximo nominal del agregado grueso como con el volumen del agregado grueso en la proporción de la mezcla. El objetivo es utilizar el mayor agregado grueso posible y al mismo tiempo proporcionar buena estabilidad, capacidad de llenado y la capacidad de paso del concreto autocompactante en estado fresco. (ACI 237R-07, 2007, p.20).

2.2.3.9.3. Paso 3: Estimar el contenido de polvo y agua requeridos

Contenido de polvo y agua: El polvo incluye cemento, cenizas volantes, finos de piedra caliza, material triturado a menos de 0,125 mm (tamiz No. 100) u otro relleno no



cementoso. La relación entre a/c y la resistencia a la compresión del hormigón está bien documentada; consulte ACI 211.1. (ACI 237R-07, 2007, p.20).

2.2.3.9.4. Paso 4: Calcular el volumen de pasta y mortero

Para este documento, se aplican las siguientes definiciones: volumen de pasta es el volumen de cemento y otros polvos, agua, aditivos químicos y aire. El volumen de mortero es el volumen de pasta más el volumen de agregado fino (material que pasa por un tamiz No. 8). (ACI 237R-07, 2007, p.20).

Recomendaciones:

- Volumen de pasta: 34% - 40%.
- Volumen de mortero: 60% - 70%.

2.2.3.9.5. Paso 5: Seleccionar la mezcla y dosificación final

Se realizan proporciones de mezcla de concreto autocompactante con la finalidad de que estos cumplan con los requerimientos deseados en estado fresco.

2.2.3.10. Clasificación usada en la especificación del concreto autocompactante

El EFNARC (Directrices Europeas para el concreto autocompactante) – 2005 clasifican al concreto de acuerdo a las características que posee. Los ensayos que se emplean son los siguientes:

Tabla 13

Ensayos de clasificación del concreto autocompactante

Características	Ensayos	Clases
Clases de flujo	Ensayo de asentamiento SF	3 clases
Viscosidad (medida de la velocidad de flujo)	Viscosidad VS o VF	2 clases
Habilidad de paso (fluir sin bloqueo)	Capacidad de paso CP	2 clases
Resistencia a la segregación	Resistencia a la segregación RS	2 clases

Nota: Adoptado de EFNARC

Se presenta las tablas para la clasificación de acuerdo al EFNARC (Directrices Europeas para el concreto autocompactante) a continuación:



2.2.3.10.1. *Flujo*

Tabla 14

Clases de asentamiento

Clase	Asentamiento (mm)
SF1	De 550 a 650
SF2	De 660 a 750
SF3	De 760 a 850

Nota: Obtenido de EFNARC - 2005

2.2.3.10.2. *Viscosidad*

Tabla 15

Clases de viscosidad

Clase	T _{500, S}	Tiempo del ensayo del embudo V en s
VS1/VF1	≤ 2	≤ 8
VS2/VF2	> 2	De 9 a 25

Nota: Obtenido de EFNARC

2.2.3.10.3. *Capacidad de paso*

Tabla 16

Clases de capacidad de paso (Ensayo de la caja el L)

Clase	Capacidad de paso
PA1	≥ 0.80 con 2 obstáculos de barras
PA2	≥ 0.80 con 3 obstáculos de barras

Nota: Obtenido de EFNARC

2.2.3.10.4. *Resistencia a la segregación*

La siguiente tabla se presentan los parámetros a considerar para la especificación del concreto autocompactante para distintas aplicaciones. Esta no considera condiciones especiales de confinamiento, la geometría de los elementos, el método de llenado o las características de los materiales usados en la mezcla del concreto. Será preciso analizar con el suministro del concreto las especificaciones finales antes de tomar una decisión (EFNARC, 2005, p. 16).

Tabla 17

Clases de resistencia a la segregación (Segregación de tamiz)

Clase	Capacidad de paso
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

Nota: Obtenido de EFNARC

2.2.3.11. Ensayos del concreto autocompactante en estado fresco

Existen ensayos para poder identificar las propiedades del CAC, pero ninguno de ellos ha sido estandarizado, es por ello que cada diseño de mezcla deberá ser verificado por varios métodos para poder evaluar la trabajabilidad de la mezcla.

Tabla 18

Ensayos para determinar las propiedades del concreto autocompactante

características	Método de ensayo	Valor medido
Caracterización de la fluidez / capacidad de llenado	ensayo del escurrimiento	Extensión
	Caja de Kajima	Llenado visual
Viscosidad / caracterización de la fluidez	T500	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en V	Tiempo de flujo
	Ensayo del embudo en O	Tiempo de flujo
	Orimet	Tiempo de flujo
Capacidad de paso	Método de la caja en L	Relación de paso
	Método de la caja en U	Diferencia de altura
	Ensayo del escurrimiento con el anillo japones	Altura de paso, flujo total
	Caja de Kajima	Capacidad de paso visual
Resistencia a la segregación	Penetración	Profundidad
	Segregación	Porcentaje de retención
	Columna de decantación	Relación de segregación

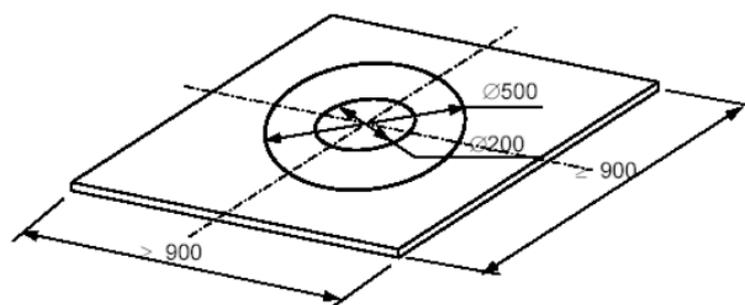
Nota: Obtenido de EFNARC

2.2.3.11.1. Ensayo de flujo de asentamiento y ensayo T50cm.

Existen dos procedimientos para el llenado del cono de Abrams, uno de estos es llenarlo en la posición normal y el otro en posición invertida. La posición del cono invertido es el más comúnmente usado, el procedimiento usado en función a ASTM C 1611.

Figura 14

Bandeja



Nota: Tomado de EFNARC

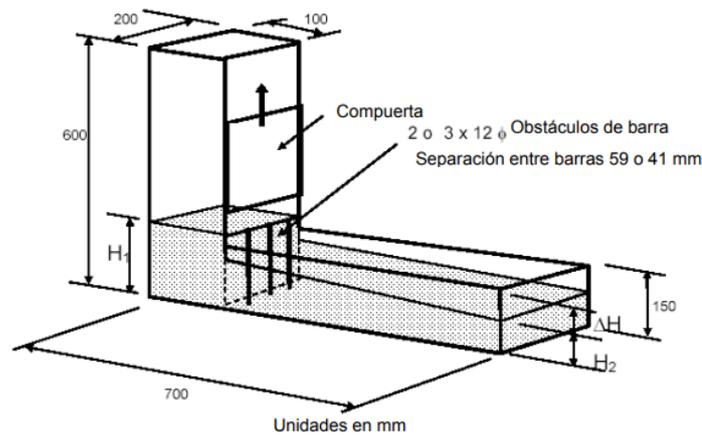


2.2.3.11.2. *Ensayo de caja L.*

El uso de este ensayo es muy frecuente, evalúa la capacidad de relleno y de paso del concreto autocompactante y se pueden ver posibles indicios de segregación.

Figura 15

Caja en "L"



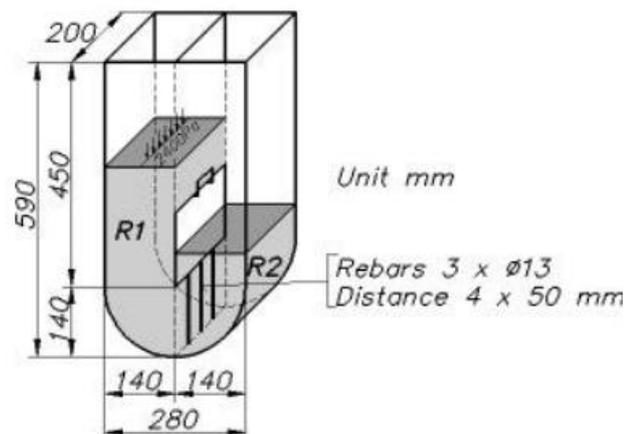
Nota: Tomado de EFNARC

2.2.3.11.3. *Ensayo de caja en U.*

Este ensayo sirve para medir la capacidad de relleno del concreto autocompactante, el ensayo consiste en un recipiente dividido por una pared interna en dos compartimentos.

Figura 16

Caja en "U"



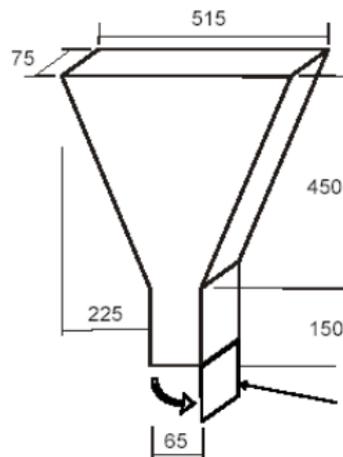
Nota: Tomado de EFNARC

2.2.3.11.4. *Ensayo embudo V y Ensayo de embudo a T5 min.*

Con este ensayo se hacen dos veces. El ensayo de embudo V descrito se utiliza para determinar la capacidad de relleno (fluidez), Primero se llena el embudo con concreto autocompactante donde se mide el tiempo que la mezcla demora en pasar por el embudo, segundo se deja reposar en el embudo por 5 minutos el concreto, donde se pueden ver indicios de segregación cuando existen variaciones de tiempo.

Figura 17

Embudo "V"



Nota: Tomado de EFNARC

2.2.4. *Ensayos del concreto en su estado endurecido realizados en la investigación*

2.2.4.1. **Ensayo del método de la madurez**

El método de la madurez se basa en la recopilación de los cambios de temperatura del concreto para su posterior estimación de desarrollo de resistencia, con la condición de que exista aun humedad disponible para la hidratación del cemento durante el tiempo de curado, utilizando ese historial de temperatura se calcula el índice de madurez.

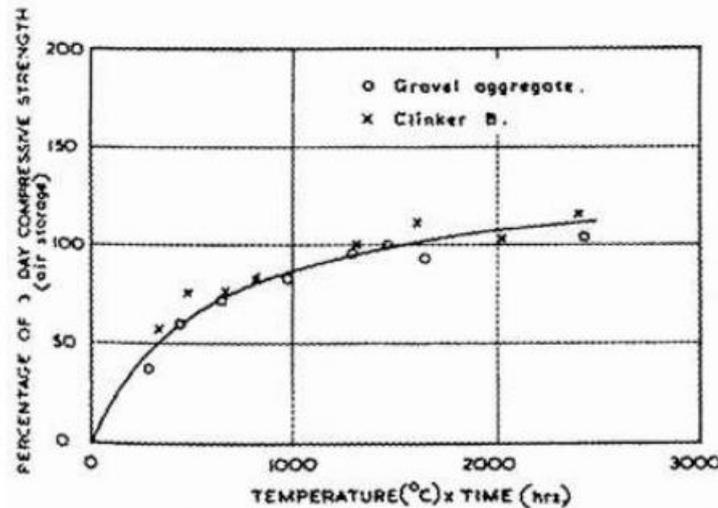
Cada tipo de diseño de mezcla con diferentes tipos de agregados y las diferentes particularidades presenta diferente índice de madurez por eso se establece de antemano (calibración de la mezcla). La relación y las mediciones del índice de madurez en campo son usadas para poder determinar la resistencia in situ.

Según Nurse – 1949, realizo investigaciones de los cambios por efecto del curado en el concreto. En su investigación se plasma el curado de diferentes tipos de mezclas de concreto a temperaturas de 18°C a 100°C, que a su vez realizo ensayos de resistencia a la compresión. En la figura, donde se muestra en el eje "X" el producto de temperatura-

tiempo, y en el eje “Y” el promedio de resistencias a los 3 días. (Anahue y Mallqui, 2017, p. 36)

Figura 18

Relación índice de madurez y resistencia



Nota: Extraída de la Norma Técnica Peruana NTP 339.217

Nos dice que la madurez hace referencia a la relación del historial de temperaturas y el tiempo cuando estas son medidas debido a la velocidad de hidratación.

Anahue y Mallqui (2016) nos dice que el índice de madurez es un cuantificador de la resistencia del concreto en función del historial de temperatura y tiempo, calcula la madurez para poder determinar mediante esto sus propiedades físico – mecánicas del concreto en su proceso de hidratación (p. 37).

El método de madurez nos brinda el desarrollo de resistencia de un diseño de mezcla en específico en función del índice de madurez, se puede estimar la resistencia que adquiere en concreto en su evolución.

Función de madurez de Nurse – Saul: Es la que actualmente se aplica en la norma ASTM C-1074 la siguiente expresión:

$$M = \sum_0^t (T_c - T_0) * \Delta t$$

Donde:

M: factor de tiempo temperatura a la edad t (°F·hr ó °C·hr)

Tc: Promedio de la temperatura durante el intervalo (°F ó °C)



Δt : Intervalo de tiempo (hr)

T_0 : Datum de temperatura

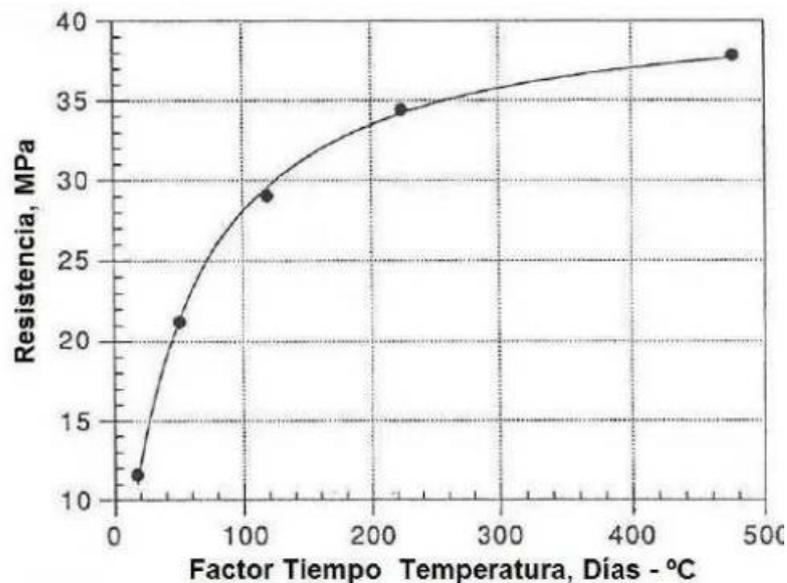
La función de madurez calcula el índice de madurez llamado “factor temperatura-tiempo” El índice de madurez es la cantidad cuantitativa de la temperatura y el tiempo de una mezcla específica de concreto

Datum de temperatura representa la temperatura por debajo de la cual un particular concreto deja de incrementar su resistencia (Anahue & Mallqui, 2016, p.28).

Uso del método de la madurez para poder estimar la resistencia del concreto: Para poder determinar la resistencia del concreto a diferentes condiciones de curado, se deben de tener los datos de índice de madurez y resistencia.

Figura 19

Resistencia a la compresión y el factor tiempo-temperatura



Nota: Extraída de la Norma Técnica Peruana 339.217

Valores de sensibilidad de temperatura: Para poder tener precisión en la determinación de la resistencia, esto se complica con los cambios de energía de activación de una mezcla de concreto en particular, ya que es cambiante de acuerdo a la velocidad de reacción química- mecánica (Evolución de la resistencia).



“Los valores de sensibilidad de temperatura se pueden obtener de la siguiente manera: experimentalmente, a partir de ecuaciones y aproximación de los valores aceptados” (Anahue & Mallqui, 2016, p.47)

- ASTM C 1074. 2011, presenta algunos valores de sensibilidad de temperatura para diferentes mezclas.
- Gradiente térmico: Se presenta como las distribuciones dispares de temperatura en diferentes zonas del concreto, esto debido al colocado masivo y la geometría de la estructura, provocando agrietamientos y reduciendo la durabilidad de la estructura. Las fisuras provocadas por el gradiente térmico o cambios en la humedad de la pasta, complican la predicción por el método de la madurez.
- Energía de activación: Es la energía que hace posible el inicio de la reacción química interna de la mezcla.
- Normativa para la determinación de la madurez

Actualmente el método de la madurez está siendo utilizado en la industria de la construcción y siendo respaldada por las normas:

- ASTM C-1074. Práctica estándar para la estimación de la resistencia del concreto por el método de madurez.
- AASHTO TP 52-95 (Estimating the Strength of Concrete in Transportation Construction by Maturity Tests).
- ASTM C918 y AASHTO T276 - Método de prueba estándar para medir la resistencia a la compresión a edad temprana y la proyección de resistencia a edades posteriores.
- ACI 228 - Métodos para estimar la resistencia del concreto Maturity Method.

Relación entre Índice de Madurez y Resistencia: Es la combinación de datos del índice de madurez y la resistencia para un diseño de mezcla en específico.

2.2.4.2. Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a compresión

El ensayo establece la determinación de la resistencia a compresión en testigos cilíndricos de concreto. El ensayo de compresión consiste en aplicar una carga de compresión axial a los testigos o extracciones de diamantina a una velocidad de carga constante que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada



durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen (NTP 339.034, 2015, p.8).

En consecuencia, de la investigación, nos restringiremos en aplicar los ensayos en muestras cilíndricas para determinar la resistencia a la compresión.

Los resultados de este método, son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de los aditivos; y usos similares (NTP 339.034, 2015, p.8).

La máquina será de un tipo con capacidad conveniente suficiente capaz de proveer una velocidad de carga continua y sin impacto. Además, deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia.

Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla 19

Edades de ensayo tolerancias permisibles

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0.5h$ o 2.1%
3 d	$\pm 2h$ o 2.8%
7 d	$\pm 6h$ o 3.6%
28 d	$\pm 20h$ o 3.0%

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana NTP 339.034

Colocación del testigo, las caras deben de estar limpias para el contacto con los bloques superior e inferior, si es necesario el empleo de almohadillas. Cuidadosamente alinear los ejes del espécimen con el centro de empuje de la rótula del bloque de asiento esférico. Verificación del cero y asiento del bloque, y la colocación del testigo de forma paralela a la carga (NTP 339.034, 2015, p.8).

Calcular la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección transversal.

Tabla 20

Relación longitud a diámetro del espécimen

L/D^A	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana NTP 339.034

2.2.4.3. Ensayo de la velocidad del pulso ultrasónico

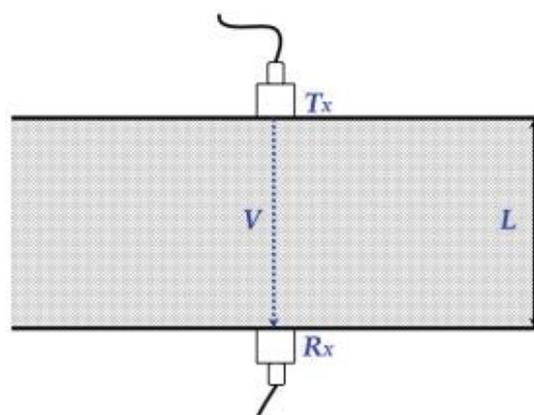
Este método de ensayo cubre la determinación de la velocidad de propagación de pulso de ondas de esfuerzo longitudinal a través del concreto. Este método de ensayo no aplica para la propagación de otro tipo de ondas de esfuerzo a través del concreto.

En el ensayo del pulso ultrasónico se mide el tiempo que demora un pulso de ultrasonido en recorrer una distancia entre un transductor que emite y un transductor que recibe y ambos están conectados a la muestra de concreto que se analiza.

El ensayo de velocidad de pulso ultrasónico se empezó a desarrollar como técnica para probar materiales desde hace medio siglo. En la actualidad, es muy utilizada para evaluar estructuras de concreto debido a su simplicidad, versatilidad y repetitividad. El carácter heterogéneo del concreto y el hecho de que las estructuras con este material sean, la mayoría de las veces, afectadas por diferentes agresiones, provocan gran variabilidad en sus propiedades físicas; es por ellos que el objetivo es hallar correlaciones entre el ensayo tradicional de compresión y el de ultrasonido, permitiéndonos determinar la resistencia del concreto (Solis, Moreno, & Castillo, 2004, p.80).

Figura 20

Esquema del principio de ensayo del pulso ultrasónico



Nota: Tomado de Construcción y tecnología en concreto 2016



El método de ultrasonido se basa entonces en la teoría de la propagación de las ondas compresionales en un medio finito, homogéneo, isotrópico y elástico. De acuerdo a esta teoría física, la velocidad de las ondas depende principalmente de la densidad y de las características elásticas del medio que recorren (Vidaud & Vidaud, 2016, p.33).

$$V = \sqrt{K \frac{E}{D}}$$

Donde:

- V : Velocidad de pulso ultrasónico
- K : Constante que depende de la relación de Poisson
- E : Módulo de elasticidad dinámico del medio
- D : Densidad del medio

El concreto es por naturaleza un material heterogéneo compuesto por cemento, agua y agregados, y cuyas propiedades evolucionan con el tiempo. Como antes se comentó, el método ultrasónico se adapta muy bien a los materiales homogéneos, como el acero, en los cuales es fácil determinar la trayectoria y el frente de onda; no siendo así en los heterogéneos como el concreto. La onda longitudinal o de compresión se propaga perpendicularmente al plano del transductor emisor, y las oscilaciones de las partículas ocurren en la dirección de propagación de la onda. También denominada onda de presión o de densidad, se considera que la energía transportada por esta onda es la más importante con respecto a los otros tipos (Vidaud & Vidaud, 2016, p.34).

La velocidad de transmisión o velocidad de propagación se determina en cada caso por el cociente entre la distancia o separación “L” entre los transductores, y el tiempo de tránsito “t” para esta distancia según se evidencia.

$$V = L/t$$

En este caso, lo idóneo resulta ser la toma estratégica de muestras de concreto endurecido, evitando en cualquier caso la existencia de acero de refuerzo en la muestra.



2.2.4.4. Ensayo normalizado de resistencia a la flexión del concreto

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor de 5% de la luz libre.

La resistencia que se determinará variará si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, o si la viga ha sido moldeada al tamaño requerido.

Los resultados de este método de ensayo se pueden usar para determinar el cumplimiento con las especificaciones o como base para operaciones de dosificación, mezcla y colocación del concreto (NTP 339.033, 2012, p.10).

El método de ensayo de cargas a los tercios se utilizará en los ensayos de flexión del concreto empleando placas de apoyo que aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga serán perpendiculares a la cara de la probeta y aplicarse sin excentricidad. La carga debe ser incrementada gradualmente y sin impacto.

La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a tres veces su altura con una tolerancia del 2 %. Las caras laterales de la viga formarán ángulos rectos con las caras superior e inferior de la misma. Todas las superficies deberán ser lisas y libres de asperezas, porosidad (cangrejeras) o marcas de identificación no apropiadas

La carga se aplica a una velocidad constante hasta el punto de ruptura. Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga. La relación de carga se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{Sbd^2}{L}$$

En donde:

r: es la relación de carga, en N/min.

S: tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/min.

b: ancho promedio de la viga según su disposición para el ensayo, mm.



d: altura promedio de la viga, según su disposición para el ensayo, mm.

L: longitud del tramo, en mm.

Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y profundidad se miden en la muestra conforme se dispuso para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal.

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr: es el módulo de rotura.

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo.

L: Es la luz libre entre apoyos.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla.

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla.

NOTA: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

En donde:

a: Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga.

NOTA: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor del 5 % de la luz libre, se rechaza el ensayo.



Se ha observado que el coeficiente de variación de los resultados de la prueba depende del nivel de resistencia de las vigas. Para un operador simple, el coeficiente de variación se ha establecido en 5,7 %. Luego, los resultados de dos ensayos realizados adecuadamente por el mismo operador sobre vigas a partir de la muestra del mismo lote, no diferirán en más de 16 %.

2.2.5. Definición de términos

2.2.5.1. Cemento

El cemento Portland es un material pulverizado que está conformado generalmente por silicatos de calcio y aluminio, el material se mezcla y se funde en el horno para obtener el clinker, el cual después de enfriarse se muele. Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y confirmar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas.

2.2.5.2. Concreto

El concreto es un material que constituido por un producto pastoso moldeable con propiedades de endurecer y por trozos pétreos.

2.2.5.3. Vaciado

El vaciado es el proceso de verter la masa dentro de los moldes o encofrados para luego compactarlos, en consecuencia, la vibración de la mezcla permite ocupar los espacios y rodear las armaduras.

2.2.5.4. Compactación del concreto

La compactación es el proceso de eliminación del exceso de aire atrapado en la mezcla, para lograr una mezcla más uniforme en su masa y la distribución adecuada en el encofrado.

2.2.5.5. Concreto autocompactante

Es un tipo de concreto que por la incorporación de aditivos superplastificantes posee la propiedad física en estado fresco de compactarse por acción de la gravedad, teniendo mayor desplazamiento a través, de los encofrados y armaduras.



2.2.5.6. Control de calidad

Es el instrumento para disminuir la variabilidad de todas las facetas del concreto, desde su dosificación hasta el producto final. Considerando el plan correctivo de medidas, comparaciones, procedimientos, condiciones con fines de mejorar la calidad dentro de su escala.

2.2.5.7. Ensayo no destructivo

Son ensayos que permiten conocer la calidad del concreto sin afectar la estructura interna, siendo importantes porque, permiten inspeccionar y evaluar diferentes elementos en servicio.

2.2.5.8. Madurez

La madurez del concreto indica el cambio progresivo. Es la relación entre temperatura del concreto, tiempo y la resistencia.

Se presenta a través del índice de madurez, que se puede estimar a través de este la resistencia en tiempo real.

2.2.5.9. Edad

La edad del concreto expresa la evolución del concreto en función del tiempo, en algunos países según su normativa se hace medición de la resistencia a los 28 días, en algunas ocasiones de acuerdo a las características de la obra, esa determinación es informativa y normativa.

2.2.5.10. Temperatura

La definición de temperatura en función al concreto, el concreto cuando presenta cambios de temperatura internos que se expande cuando aumenta y disminuye cuando se contrae levemente, estos son causados por cambios ambientales o por la hidratación del cemento.

2.2.5.11. Madurímetro

Madurímetro, es un instrumento de medición directa embebida en el concreto para poder obtener información de temperatura cada cierto periodo de tiempo.

En el mercado existe variedad de estos equipos, que deben de cumplir con la normativa según su desarrollo y obtención de resultados.



2.2.5.12. Pulso ultrasónico

Consiste en determinar el tiempo que tarda un pulso ultrasónico en atravesar la masa de concreto, colocándose transductores de emisión y recepción de ondas en las dos caras opuestas del elemento ensayado.

2.2.5.13. Velocidad de propagación

La velocidad de propagación de las ondas de ultrasonido es una función de la densidad y las constantes elásticas del material, donde en los elementos de concreto las variaciones de densidad pueden ocurrir como consecuencia de una consolidación no uniforme y las variaciones de las propiedades elásticas pueden ocurrir debido a variaciones en materiales constitutivos, características de la mezcla o proceso de curado.

2.2.5.14. Transductores

Son terminales de emisión y recepción de ondas de ultrasonido que se colocan en caras opuestas del elemento enfrentados el emisor en una y el receptor de las ondas ultrasónicas en la otra. Ambos terminales deben establecer un buen contacto con la superficie del concreto, para lograr ese buen contacto a los terminales se les unta una capa de gel especial.

2.2.5.15. Propiedades físicas

Las propiedades físicas del concreto son aquellas cualidades que se pueden identificar con la observación o a través de mediciones simples.

De las propiedades que más se destacan son la trabajabilidad, homogeneidad, asentamiento, segregación y cohesión.

2.2.5.16. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas que tienen que ver con el comportamiento del concreto endurecido cuando se le aplican esfuerzos sobre él.

De las propiedades mecánicas más destacadas son la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión



2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La relación del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico varían en un rango del 10% al 15% de confiabilidad para determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² en diferentes edades, en la ciudad del Cusco – 2023.

2.3.2. Hipótesis específicas

2.3.2.1. Sub hipótesis 01

El comportamiento de la temperatura para determinar el índice de madurez presenta una variación de 10°C-20°C del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Cusco-2023.

2.3.2.2. Sub hipótesis 02

La velocidad del pulso ultrasónico en función a la densidad del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² varía entre 3000 m/s y 4000 m/s en la ciudad de Cusco 2023.

2.3.2.3. Sub hipótesis 03

Existe variación significativa en la evolución del índice y la curva de madurez a distintas edades de curado para determinar la resistencia a la compresión del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad del Cusco-2023.

2.3.2.4. Sub hipótesis 04

La velocidad del pulso ultrasónico varía con mayor incidencia en los primeros días de las diferentes edades de curado del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Cusco-2023.

2.3.2.5. Sub hipótesis 05

Existe relación de la curva de madurez del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² para estimar la resistencia a la flexión en la ciudad de Cusco-2023.



2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables

2.4.1.1. Madurez

Indicadores

- Índice de madurez
- Temperatura
- Tiempo de madurez del concreto

2.4.1.2. Velocidad de pulso ultrasónico

Indicadores

- Velocidad de pulso ultrasónico
- Tiempo de transmisión de onda
- Tiempo de madurez del concreto

2.4.1.3. Concreto autocompactante

Indicadores

- Flujo libre
- Diseño de mezcla
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso
- Aditivo

2.4.1.4. Concreto convencional

Indicadores

- Asentamiento (Slump)
- Diseño de mezcla
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso

2.4.1.5. Propiedades físicas

Indicadores

- Asentamiento
- Trabajabilidad



- Densidad del concreto

2.4.1.6. Propiedades mecánicas

Indicadores

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión

2.4.2. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 21

Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DENOMINACION DE LA VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTES						
01	Madurez	Resistencia del concreto por la relación de temperatura y tiempo	Edad del concreto	Índice de madurez	C°.H	- Guía de observación - Madurímetro - Registros
02	Velocidad de pulso ultrasónico	Técnica no destructiva que permite conocer el estado interno de las estructuras del concreto	Estructura interna del concreto	Velocidad	m/s	- Guía de observación - Equipo de velocidad de pulso ultrasónico - Registros
03	Concreto autocompactante	Concreto que se compacta por su propio peso	Dosificación	Flujo libre	m	- Guía de observación - Cono de Abrams - Caja en L
04	Concreto convencional	Concreto de uso común en la construcción	Dosificación	Asentamiento	m/pulg	- Guía de observación - Cono de Abrams
DEPENDIENTES						
05	Propiedades físicas	Trabajabilidad Segregación Exudación Contracción	Estado fresco	Asentamiento	m/pulg	- Guía de observación - Fotografías - Registros - Cono de Abrams
06	Propiedades mecánicas	Resistencia mecánica	Estado endurecido	- Compresión - Flexión	Kg/cm2	- Guía de observación - Madurímetro - Maquina de compresión - Equipo de velocidad de pulso ultrasónico - Fotografías



3. Capítulo III: Método

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación es cuantitativa porque representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio, por lo tanto, nos permite evaluar de acuerdo a ciertos parámetros medibles.

Asimismo, en la presente investigación se examinan datos en forma numérica, donde una etapa precede a otra, se tienen procesos, por ende, se realiza la comparación de las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional en diferentes edades ya que posee variables y relaciones para analizar para finalmente obtener conclusiones.

Parte de la idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables, se traza un plan para probarlas, se miden las variables en un determinado contexto; se analizan mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Hernández et al. 2014, p.4)

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

La presente investigación es de alcance correlacional, ya que se está evaluando la variación de las propiedades mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a diferentes edades en la ciudad del Cusco.

Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (Hernández et al. 2014, p.93)

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico

En los diseños cuasiexperimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos, la razón por la que surgen y la manera como se integraron es independiente o aparte del experimento. (Hernández et al. 2014, p.151)

La presente investigación, es de carácter cuasiexperimental porque se tienen parámetros donde los grupos no se pueden asignar al azar, para posteriormente estudiarlos se realizarán antes dos tipos de diseños de mezclas: concreto autocompactante y convencional, obteniendo testigos de



concreto para evaluarlos por métodos destructivos (Compresión de briquetas y flexión de vigas) y métodos no destructivos (método de la madurez y velocidad del Pulso ultrasónico). Y finalmente realizar un análisis estadístico correlacional de estos dos ensayos.

3.2.2. Diseño de ingeniería

En la investigación se distinguen diferentes etapas, inicialmente está la adquisición de materiales con el muestreo correspondiente para los diseños del concreto autocompactante y el concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

En la segunda etapa se realizaron los ensayos de los agregados para que cumplan las propiedades correspondientes de ambos concretos.

En la tercera etapa se elaboraron la población total de los especímenes como son briquetas y vigas de ambos concretos.

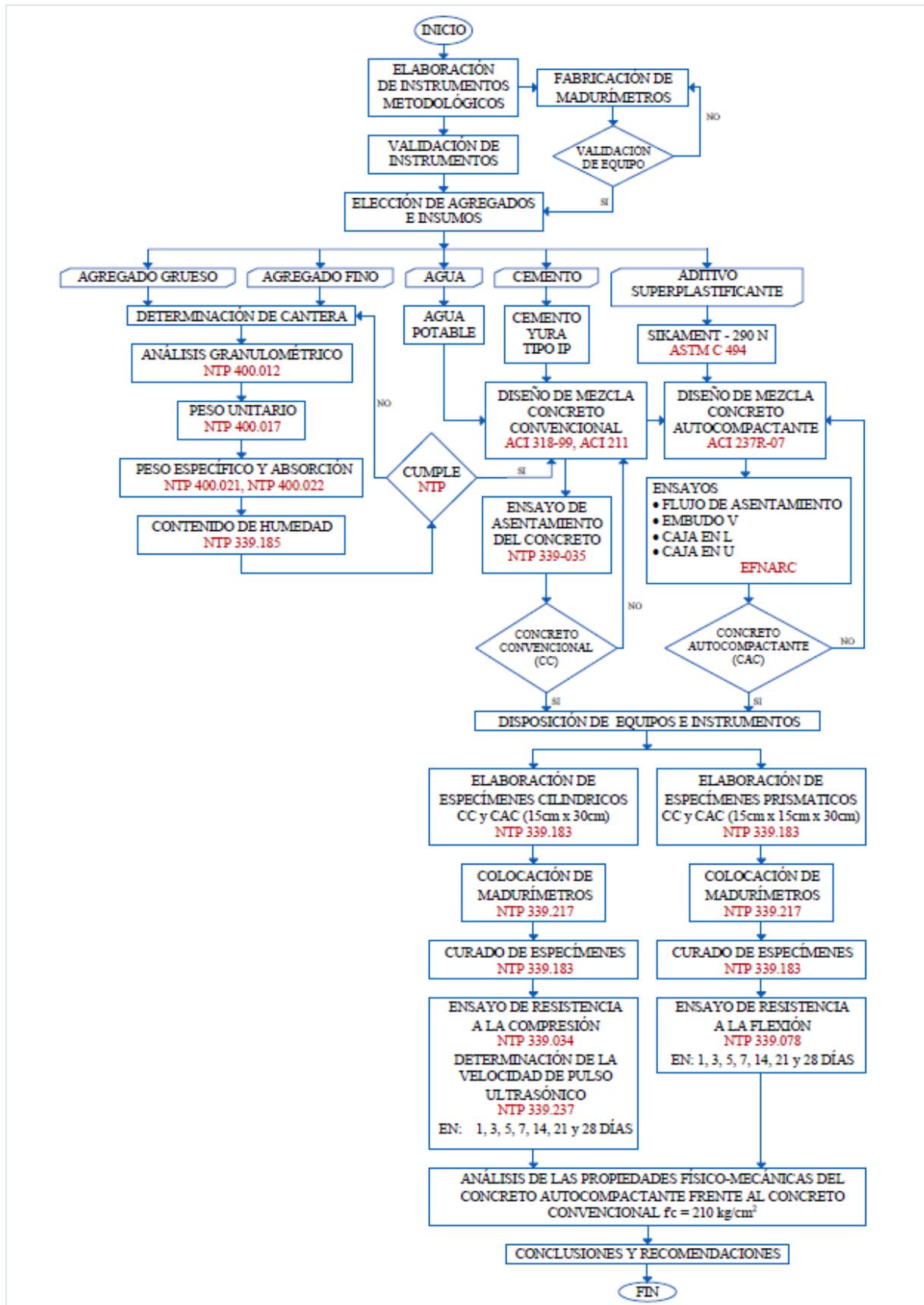
La cuarta etapa comprende los ensayos en estado fresco de los dos concretos y en estado endurecido a diferentes edades.

Finalmente, los resultados son evaluados de acuerdo a su variación para establecer un análisis de confiabilidad.



Figura 21

Diagrama de flujo de la investigación





3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de esta investigación, está conformado por dos diferentes tipos de concreto concreto autocompactante y concreto convencional de resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con agregados de la cantera Cunyac, Vicho y Huambutío, cemento IP, agua potable y aditivo super plastificante SIKAMENT – 290 N, que serán sometidos a los ensayos de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico de los cuales se harán los controles de acuerdo a la edad de evolución del concreto.

Para determinar el índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico correspondiente al esfuerzo a compresión se requieren 30 briquetas de concreto autocompactante y 30 briquetas de concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (especímenes de 15 cm x 30 cm).

Para determinar el índice de madurez correspondiente al esfuerzo de flexión se requieren de 30 vigas de concreto autocompactante y 30 vigas de concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (especímenes de 15 cm x 15 cm x 50 cm).

Una vez que se ha definido cuál será la unidad de muestreo/análisis, se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Así, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. (Hernández et al. 2014, p.174)

3.3.2. Muestra

En la presente investigación la muestra está constituida por los dos tipos de concreto: que serán elaborados con agregados de las canteras Cunyac, Vicho y Huambutío, cemento portland IP, aditivo superplastificante SIKAMENT – 290 N y agua potable; la muestra y la población coinciden porque la investigación es de tipo censal.

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (Hernández et al. 2014, p.175)

3.3.2.1. Descripción y cuantificación de la muestra

La muestra está constituida por dos tipos de concreto que son analizados: autocompactante y convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual se aplica como criterio de evaluación la elaboración de testigos cilíndricos (briquetas) y testigos prismáticos (vigas) consignados en los ítems anteriores, los cuales son ensayados en las edades de: 1, 3, 5, 7, 14, 21 y 28 días.



Tabla 22

Cuantificación de la muestra

TIPO DE CONCRETO	EVALUACIÓN	ESPÉCIMEN	
		EDAD	CANT. TESTIGOS
Concreto autocompactante	Índice de madurez		2 briquetas
		Día 1	4 briquetas
	Velocidad de pulso ultrasónico a través, del concreto y esfuerzo a compresión	Día 3	4 briquetas
		Día 5	4 briquetas
		Día 7	4 briquetas
		Día 14	4 briquetas
		Día 21	4 briquetas
		Día 28	4 briquetas
		Concreto convencional f'c=210 kg/cm²	Índice de madurez
Día 1	4 briquetas		
Velocidad de pulso ultrasónico a través, del concreto y esfuerzo a compresión	Día 3		4 briquetas
	Día 5		4 briquetas
	Día 7		4 briquetas
	Día 14		4 briquetas
	Día 21		4 briquetas
	Día 28		4 briquetas
	Concreto autocompactante		Índice de madurez
Día 1		4 vigas	
Esfuerzo a flexión		Día 3	4 vigas
		Día 5	4 vigas
		Día 7	4 vigas
		Día 14	4 vigas
		Día 21	4 vigas
		Día 28	4 vigas
		Concreto convencional f'c=210 kg/cm²	Índice de madurez
Día 1	4 vigas		
Esfuerzo a flexión	Día 3		4 vigas
	Día 5		4 vigas
	Día 7		4 vigas
	Día 14		4 vigas
	Día 21		4 vigas
	Día 28		4 vigas
	TOTAL		120 especímenes



3.3.2.2. Método de muestreo

El método de muestreo de la investigación es no probabilístico.

Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. (Hernández et al. 2014, p.189)

3.3.2.3. Criterios de evaluación de muestra

En la investigación se evaluó la muestra de acuerdo a:

- Índice de madurez y velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto orientados al esfuerzo de compresión con 30 unidades de briquetas para el concreto autocompactante y 30 unidades de briquetas para el concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Índice de madurez orientados al esfuerzo de flexión con 30 unidades de vigas para el concreto autocompactante y 30 unidades de vigas para el concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Siendo necesario la verificación de los especímenes que cumplan condiciones adecuadas y no presentar deformaciones, imperfecciones, vacíos, etc.

3.3.2.4. Criterios de inclusión

- Especímenes de concreto autocompactante con aditivo superplastificante SIKAMENT – 290 N y concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- La dosificación del concreto autocompactante es realizada de acuerdo a la metodología ACI 237R - 07 Self-Consolidating Concrete.
- La dosificación del concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ es realizada de acuerdo a la metodología ACI 318 – 99 Building Code Requirements for Structural Concret.
- Los insumos y agregados para la elaboración de los especímenes son los siguientes: cemento Yura tipo IP, agregado grueso de con tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " de la cantera Huambutío, agregado fino en proporciones de 40% de la cantera Vicho y 60% de la cantera Cunyac, el aditivo para el concreto autocompactante con propiedades superplastificantes de acuerdo a la norma ASTM C 494, tipo G.
- Especímenes cilíndricos de concreto con medidas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.



- Especímenes prismáticos de concreto con medidas de 15 cm de ancho, 15 de alto y 50 cm de largo.
- Los especímenes de concreto son ensayados a edades de: 1, 3, 5, 7, 14, 21 y 28 días.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos de recolección de datos

Durante la investigación se ha utilizado fichas y formatos de laboratorio, donde se recopila la información recogida en los diferentes procesos y ensayos, asimismo, se usó hojas de cálculo para la verificación de resultados de acuerdo a la normatividad nacional e internacional.

Figura 22

Hoja de registro del análisis granulométrico del agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO NTP 400.012				
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210$ kg/cm ² , A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"				
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023			
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI				
ANÁLISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO Y GRUESO					
AGREGADO CANTERA	AGREGADO FINO				
PESO ORIGINAL (gr)					
TAMIZADO (gr)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
3/8"	9.50				
N° 4	4.75				
N° 8	2.36				
N° 16	1.18				
N° 30	0.60				
N° 50	0.30				
N° 100	0.15				
N° 200	0.074				
FONDO					
SUMA TOTAL					
MODULO DE FINEZA					



Figura 23

Hoja de registro del análisis granulométrico del agregado grueso

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.012				
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210$ kg/cm ² , A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 2023"				
LUGAR	CUSCO	FECHA	/ / 2023		
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI				
ANÁLISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO Y GRUESO					
AGREGADO	AGREGADO GRUESO				
CANtera					
TAMAÑO MAXIMO					
PESO ORIGINAL (gr)					
PERDIDA POR LAVADO					
TAMIZADO (gr)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
1 1/2"	38.10				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
Nº 4	4.75				
FONDO					
SUMA TOTAL					



Figura 24

Hoja de registro del contenido de humedad del agregado grueso y fino

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil
ENSAYO	CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185	
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"	
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI	

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

AGREGADO GRUESO	
Tara N°	A1
Peso del agregado humedo + Tara (gr)	
Peso del agregado seco + Tara (gr)	
Peso de la Tara (gr)	
Peso del agregado seco (gr)	
Peso del agua (gr)	
Contenido de humedad %	
Contenido de Humedad:	

AGREGADO FINO	
Tara N°	A2
Peso del agregado humedo + Tara (gr)	
Peso del agregado seco + Tara (gr)	
Peso de la Tara (gr)	
Peso del agregado seco (gr)	
Peso del agua (gr)	
Contenido de humedad %	
Contenido de Humedad:	



Figura 25

Hoja de registro del peso específico del agregado grueso

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil
ENSAYO	PESO ESPECIFICO DE MASA NTP 400.021	
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"	
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI	
DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO DE MASA		
AGREGADO GRUESO		
Peso de Muestra Seca en estufa (gr)		
Peso de Muestra Satur. Superficialmente Seca (gr)		
Peso de Muestra Sumergida (gr)		
Peso Especifico de masa	gr/cm³	
Porcentaje de Absorcion		



Figura 26

Hoja de registro del peso específico del agregado fino

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil
ENSAYO	PESO ESPECIFICO DE MASA NTP 400.022	
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"	
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI	
DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO DE MASA		
AGREGADO FINO		
Peso de Matraz (gr)		
Peso de Matraz + Peso de Muestra + Peso de Agua (gr)		
Peso de Muestra Seca en Estufa (gr)		
Peso o Volumen de Frasco Volumetrico (gr o cm^3)		
Peso o Volumen de Agua añadida al frasco (gr o cm^3)		
Peso Especifico de masa	gr/cm³	
Porcentaje de Absorcion		



Figura 27

Hoja de registro del peso unitario suelto de agregado grueso y fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
ENSAYO	PESO UNITARIO SUELTO NTP 400.017	
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"	
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI	
PESO VOLUMETRICO SUELTO		
	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso muestra + Molde (gr)		
Peso muestra + Molde (gr)		
Peso Promedio (gr)		
Peso del Molde (gr)		
Peso de la Muestra (gr)		
Volumen del Molde (cm ³)		
Peso Volumetrico (gr/cm ³)		
Peso Unitario Suelto	gr/cm³	gr/cm³



Figura 28

Hoja de registro del peso unitario varillado del agregado grueso y fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil
ENSAYO	PESO UNITARIO VARILLADO NTP 400.017	
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"	
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI	
PESO VOLUMETRICO VARILLADO		
	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso muestra + Molde (gr)		
Peso muestra + Molde (gr)		
Peso Promedio (gr)		
Peso del Molde (gr)		
Peso de la Muestra (gr)		
Volumen del Molde (cm ³)		
Peso Volumetrico (gr/cm ³)		
Peso Unitario Varillado	gr/cm³	gr/cm³



Figura 29

Hoja de registro del ensayo de estabilidad de tamiz GTM

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil				
ENSAYO	ESTABILIDAD DE TAMIZ GTM EFNARC HAC - ACI 237R 07					
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 2023"					
LUGAR	CUSCO	FECHA / 07 / 2023				
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI					
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE						
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)						
ENSAYO	TAMIZ VACIO (gr) A	TAMIZ VERTIDO (gr) B	PESO DEL CONCRETO EN EL TAMIZ (gr) B-A=Wc	RECIPIENTE DEL TAMIZ (gr) Wp	PESO DEL RECIPIENTE Y DEL HORMIGON QUE HA PASADO (gr) WPS	PROPORCION DE SEGREGACION (%) SR
CAC - 1						
CAC - 2						
CAC - 3						
PROMEDIO						



Figura 30

Hoja de registro del asentamiento del concreto convencional

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil	
ENSAYO	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP) NTP339.035 - ASTM C 143 - AASHTO T 119M		
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"		
LUGAR	CUSCO	FECHA	/ 07 /2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI		
CONCRETO CONVENCIONAL			
CONCRETO CONVENCIONAL (CC)			
ENSAYO	S (cm)	S (pulg)	SLUMP (0" - 4")
CC - 01			
CC - 02			
CC - 03			



Figura 31

Hoja de registro del flujo de asentamiento

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil		
ENSAYO	PRUEBA DE CONSISTENCIA (SLUMP), T50 E INDICE DE ESTABILIDAD VISUAL (VSI) ASTM C1611/C1611M - ACI 237R-07			
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"			
LUGAR	CUSCO	FECHA	/ 07 / 2023	
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI			
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE				
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)				
ENSAYO	DIAMETRO		FLUJO DE ASENTAMIENTO	T50 (seg)
	D1 (mm)	D2 (mm)	(D1+D2)/2 (mm)	
CAC - 01				
CAC - 02				
CAC - 03				
PROMEDIO				



Figura 32

Hoja de registro del ensayo de embudo "V"

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			Escuela profesional de Ingeniería Civil
ENSAYO	EMBUDO EN "V" EFNARC HAC - ACI 237R 07			
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"			
LUGAR	CUSCO	FECHA	/ 07 / 2023	
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI			
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE				
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)				
ENSAYO	TIEMPO DE FLUJO (seg)			
CAC - 1				
CAC - 2				
CAC - 3				
PROMEDIO				



Figura 33

Hoja de registro del ensayo de caja en "U"

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil	
ENSAYO	ENSAYO CAJA EN "U" EFNARC HAC - ACI 237R 07		
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"		
LUGAR	CUSCO	FECHA	/ 07 / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI		
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE			
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)			
ENSAYO	ALTURA		ALTURA DE LLENADO
	H1 (cm)	H2 (cm)	H1-H2 (cm)
CAC - 1			
CAC - 2			
CAC - 3			
PROMEDIO			



Figura 34

Hoja de registro del ensayo de caja en "L"

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		Escuela profesional de Ingeniería Civil		
ENSAYO	ENSAYO CAJA EN "L" EFNARC HAC - ACI 237R 07				
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 2023"				
LUGAR	CUSCO	FECHA	/ 07 / 2023		
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI				
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE					
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)					
ENSAYO	ALTURA		RELACION DE BLOQUEO H1/H2	T20 (mm)	T40 (mm)
	H1 (cm)	H2 (cm)			
CAC - 1					
CAC - 2					
CAC - 3					
PROMEDIO					



Figura 35

Hoja de registro del ensayo de resistencia a compresión del concreto

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil				
ENSAYO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN NTP 339.034					
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"					
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023				
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI					
MEDICION DIRECTA (Probetas cilíndricas)						
TIPO DE CONCRETO						
EDAD						
ESPÉCIMEN	DIAMETRO		ALTRURA		ESFUERZO	OBS.
	01	02	01	02		
E-01						
E-02						
E-03						
E-04						



Figura 36

Hoja de registro de velocidades del pulso ultrasónico a través, del concreto

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil					
ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO A TRAVÉS DEL CONCRETO NTP 339.237						
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023"						
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023					
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI						
TIPO DE CONCRETO	<input style="width: 100%;" type="text"/>						
EDAD	<input style="width: 100%;" type="text"/>						
ESPÉCIMEN	DIAMETRO		LONGITUD		MASA	TIEMPO μs	OBS
	01	02	01	02			
E-01							
E-02							
E-03							
E-04							



Figura 37

Hoja de registro del ensayo de resistencia a flexión del concreto

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil						
ENSAYO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS NTP 339.078							
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 2023"							
LUGAR	CUSCO	FECHA / / 2023						
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI							
MEDICION DIRECTA (Probetas cilíndricas)								
TIPO DE CONCRETO								
EDAD								
ESPÉCIMEN	b			d			RESISTENCIA	OBS.
	01	02	03	01	02	03		
E-01								
E-02								
E-03								
E-04								



3.4.2. Instrumentos de ingeniería

En la presente investigación se usaron los siguientes instrumentos de ingeniería, de acuerdo a cada ensayo desarrollado

3.4.2.1. Análisis granulométrico de agregados finos

- Serie de tamices: 4.76 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.19 mm (N° 16), 0.60 mm (N° 30), 0.30 mm (N° 50), 0.15 mm (N° 100) y 0.07 mm (N° 200)
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Brocha
- Escobillón
- Cucharón metálico
- Recipientes

3.4.2.2. Análisis granulométrico de agregados gruesos

- Serie de tamices: 37.50 mm (1 ½"), 25.40 mm (1"), 19.05 mm (¾"), 12.70 mm (½"), 9.53 mm (3/8"), 4.76 mm (N° 4) y fondo
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Brocha
- Escobillón
- Pala de mano
- Recipientes

3.4.2.3. Ensayo de peso unitario del agregado fino y grueso

- Recipiente de volumen conocido
- Varilla compactadora de 16 mm (5/8") de diámetro y 600 mm (24") de longitud
- Pala de mano
- Balanza de sensibilidad de 0.1 g
- Horno

3.4.2.4. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

- Fiola de 500 ml
- Bomba de vacíos
- Recipientes
- Pala de mano



- Termómetro
- Horno
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Estufa
- Molde cónico y apisonador

3.4.2.5. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

- Cesta cilíndrica con abertura mínima al tamiz N°6
- Tamiz 4.76 mm (N°4)
- Recipientes
- Pala de mano
- Horno
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Balde

3.4.2.6. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso y fino

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Recipientes
- Pala de mano
- Horno

3.4.2.7. Ensayo de estabilidad de tamiz GTM

- Tamiz 4.76 mm (N°4)
- Recipiente
- Balanza de precisión de 0.1 g
- Balde
- Cronometro

3.4.2.8. Ensayo de consistencia (Slump) y T50

- Cono de Abrams
- Base metálica
- Varilla compactadora de 16 mm (5/8") de diámetro y 600 mm (24") de longitud
- Cinta métrica



- Pala de mano
- Recipientes
- Cronometro

3.4.2.9. Ensayo de embudo “V”

- Embudo en forma de “V”
- Carretilla
- Balde
- Cinta métrica
- Pala de mano
- Cronometro

3.4.2.10. Ensayo de caja “U”

- Caja de sección rectangular con forma de “U”
- Carretilla
- Balde
- Cinta métrica
- Pala de mano
- Cronometro

3.4.2.11. Ensayo en caja “L”

- Caja de sección rectangular con forma de “L”
- Carretilla
- Cinta métrica
- Pala de mano
- Cronometro

3.4.2.12. Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

- Probetas cilíndricas metálicas 15 cm x 30 cm
- Probetas prismáticas metálicas de 15 cm x 15 cm x 50 cm
- Mezcladora de concreto de 4 pies cúbicos
- Carretilla
- Pala de mano



- Martillo de goma
- Varilla compactadora de 16 mm (5/8") de diámetro y 600 mm (24") de longitud
- Regla
- Vernier

3.4.2.13. Ensayo de peso unitario del concreto

- Balanza de precisión de 1 g
- Regla
- Vernier

3.4.2.14. Ensayo de resistencia a la compresión

- Máquina de compresión
- Vernier
- Regla

3.4.2.15. Ensayo de resistencia a la flexión

- Máquina de compresión y acoplamiento a flexión a los dos tercios de longitud
- Regla
- Vernier

3.4.2.16. Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto

- Equipo para pruebas de ultrasonido Pundit PL - 200
- Transductores
- Cables adaptadores BNC
- barra de calibración
- Gel de ultrasonido
- Vernier
- Regla metálica

3.4.2.17. Ensayo de Madurez:

- Sensores de temperatura con registro automatizado
- Cámaras de curado de concreto



3.4.2.18. Diseños de mezcla

- Concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (Método ACI 211.1)
- Concreto autocompactante (Método ACI 237R-07)

3.5. Procedimientos de recolección y análisis de datos

3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos

3.5.1.1. Muestreo de agregado fino (NTP 400.010)

3.5.1.1.1. Objetivos

- Determinar los criterios de selección de la muestra representativa del agregado fino.
- Aceptación y descarte de una muestra de agregado fino.
- Estimar la cantidad necesaria de muestra de agregado fino para los ensayos correspondientes de acuerdo a la norma técnica peruana.

3.5.1.1.2. Equipos y materiales

- Regla de madera
- Espátula
- Bandejas
- Balanza de precisión
- Pala
- Cucharón
- Escoba
- Brocha
- Agregado fino para el cuarteo (cantera Vicho y Cunyac)

3.5.1.1.3. Procedimiento

- Se toma una muestra de 30 kg de agregado fino como mínimo para realizar el muestreo.
- Se coloca el agregado fino sobre el piso previamente limpiado y libre de agentes contaminantes para el concreto y con ayuda de una pala o cucharón se mezcla el agregado grueso para poder tener una muestra homogénea.
- Con ayuda de la pala o cucharón se extiende el material de manera circular con un espesor uniforme.



- Con la regla se divide la muestra de agregado en cuatro partes iguales de manera ortogonal.
- Cuando la muestra esté dividida se elige las dos partes diagonalmente opuestas más semejantes para descartar las dos restantes.
- Las muestras seleccionadas se vuelven a mezclar y a realizar el mismo proceso mencionado anterior para obtener la cantidad de muestra que requerimos.
- Finalmente, las muestras representativas son almacenadas en bolsas dentro de cilindros para prevenir pérdidas que puedan afectar sus características de los agregados.

Figura 38

Muestreo de agregado fino de la cantera Vicho



Figura 39

Muestreo de agregado fino de la cantera Huambutío





Figura 40

Muestreo de agregado fino de la cantera Cunyac



3.5.1.2. Muestreo de agregado grueso (NTP 400.010)

3.5.1.2.1. Objetivo

- Determinar los criterios de selección de la muestra representativa del agregado grueso.
- Aceptación y descarte de una muestra de agregado grueso.
- Estimar la cantidad necesaria de muestra de agregado grueso para los ensayos correspondientes de acuerdo a la norma técnica peruana.

3.5.1.2.2. Equipos y materiales

- Regla de madera
- Espátula
- Bandejas
- Balanza de precisión
- Pala
- Cucharón
- Escoba
- Brocha
- Agregado grueso TMN 1/2" (cantera Huambutío)

3.5.1.2.3. Procedimiento

- Se toma una muestra de 50 kg de agregado grueso como mínimo para realizar el muestreo.



- Tamizador mecánico
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Pala de mano
- Brocha
- Escobillón metálico

3.5.1.3.3. Procedimiento

- Se obtuvo la muestra necesaria proveniente del ensayo de cuarteo para el análisis granulométrico, los agregados usados fueron de las canteras Vicho (arena gruesa) y Cunyac (Arena fina), obteniendo aproximadamente 1000 g. de cada muestra, se coloca en horno durante 24 horas a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se procedió a colocar la muestra en la parte superior los tamices apilados, iniciando en el tamiz N°4 y terminando en el tamiz N°200.
- Se colocaron los tamices en el tamizador mecánico, se procedió al tamizado por un tiempo de 5 minutos.
- Después del tamizado se sacaron las mallas del tamizador, se sacaron las mallas una por una teniendo precaución de no hacer caer muestra.
- Se registraron los pesos retenidos en cada uno de los tamices incluyendo el fondo.

Figura 42

Granulometría de agregado fino de la cantera Vicho





Figura 43

Granulometría de agregado fino de la cantera Huambutio



Figura 44

Granulometría de agregado fino de la cantera Cunyac



Se realizó los procedimientos de análisis granulométrico de las canteras: Vicho, Huambutío y Cunyac por separado en donde se obtuvo resultados para los agregados finos de cada cantera individualmente y no cumplieron con los parámetros de límites de granulometría y el módulo de fineza establecidos por la ASTM - C 33 - 03, por lo tanto, se realizó la combinación en porcentajes y posteriormente se eligió la combinación más adecuada (cantera Vicho 40% y Cunyac 60%), dichos cálculos y resultados se encuentran en los ítems correspondientes.

Los ensayos siguientes correspondientes al agregado fino se realizaron con la combinación: Vicho 40% y Cunyac 60%.



Figura 45

Combinación de agregado fino 40%Vicho y 60% Cunyac



Figura 46

Granulometría del agregado fino Cunyac 60% y Vicho 40%



3.5.1.4. Análisis granulométrico del agregado Grueso (NTP 400.012)

3.5.1.4.1. Objetivos

- Determinar la cantidad de agregado retenido en cada uno de los tamices normalizados.
- Determinar la gradación y parámetros para la producción de concreto.

3.5.1.4.2. Equipos y materiales

- Serie de Tamices: 37.50 mm (1 ½"), 25.40 mm (1"), 19.05 mm (¾"), 12.70 mm (1/2"), 9.53 mm (3/8"), 4.76 mm (N° 4) y fondo
- Tamizador mecánico
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Pala de mano
- Brocha
- Escobillón metálico



3.5.1.4.3. Procedimiento

- Se obtuvo la muestra necesaria proveniente del ensayo de cuarteo para el análisis granulométrico, el agregado grueso usado fue de cantera de Huambutio, obteniendo aproximadamente 2500 g. de muestra, se coloca en horno durante 24 horas a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se procedió a colocar la muestra en la parte superior los tamices apilados.
- Se colocaron los tamices en el tamizador mecánico, se procedió al tamizado por un tiempo de 5 minutos.
- Después del tamizado se sacaron las mallas del tamizador, se sacaron las mallas una por una teniendo precaución de no hacer caer muestra.
- Se registraron los pesos retenidos en cada uno de los tamices incluyendo el fondo.

Figura 47

Granulometría del agregado grueso



3.5.1.5. Peso unitario del agregado fino (NTP 400.017)

3.5.1.5.1. Objetivos

- Determinar la el peso unitario del agregado fino suelto y varillado.

3.5.1.5.2. Equipos y materiales

- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla compactadora de 16 mm (5/8") de diámetro y 600 mm (24") de longitud
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Pala de mano
- Brocha



- Recipiente

3.5.1.5.3. Procedimiento

- Primeramente, se obtiene muestra del ensayo de cuarteo aproximadamente de 8 kg.
- Luego la muestra es llevada al horno para secarla por 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para luego realizar el ensayo.

Peso unitario suelto:

- Se determina y registra el peso y volumen del molde.
- Luego se coloca el agregado dentro del molde con ayuda de la pala de mano a una altura de caída de 5cm hasta llenarlo y se enraso el molde con ayuda de la varilla de 5/8" para quitar el material excedente.
- Se limpian los bordes del molde con ayuda de la brocha para luego registrar el peso.
- Este proceso repitió dos veces y se registraron los datos.

Figura 48

Agregado fino suelto en molde

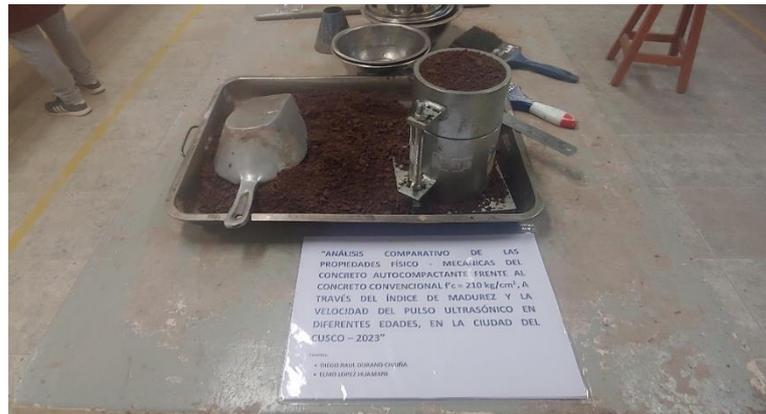


Figura 49

Agregado fino suelto y molde en balanza





Peso unitario compactado:

- Se determina y registra el peso y volumen del molde.
- Luego se coloca el agregado dentro del molde en tres capas, estas capas tienen que distribuirse en alturas iguales, en cada capa se aplican 25 golpes con la varilla de 5/8" en forma espiral en toda el área del molde, la varilla no debe golpear el fondo del molde
- Se lleno el molde para luego enrasarlo con ayuda de la varilla de 5/8" para quitar el material excedente.
- Se limpian los bordes del molde con ayuda de la brocha para luego registrar el peso.
- Este proceso repitió dos veces y se registraron los datos.

Figura 50

Agregado fino compactado en molde



Figura 51

Agregado fino compactado y molde en balanza





3.5.1.6. Peso unitario del agregado Grueso (NTP 400.017)

3.5.1.6.1. Objetivos

- Determinar la el peso unitario del agregado grueso suelto y varillado.

3.5.1.6.2. Equipos y materiales

- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla compactadora de 16 mm (5/8”) de diámetro y 600 mm (24”) de longitud
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Pala de mano
- Brocha
- Recipiente

3.5.1.6.3. Procedimiento

- Primeramente, se obtiene muestra del ensayo de cuarteo aproximadamente de 10 kg.
- Luego la muestra es llevada al horno para secarla por 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para luego realizar el ensayo.

Peso unitario suelto:

- Se determina y registra el peso y volumen del molde.
- Luego se coloca el agregado dentro del molde con ayuda de la pala de mano a una altura de caída de 5cm hasta llenarlo y se enraso el molde con ayuda de la varilla de 5/8” para quitar el material excedente.
- Se limpian los bordes del molde con ayuda de la brocha para luego registrar el peso.
- Este proceso repitió dos veces y se registraron los datos.

Figura 52

Agregado grueso suelto en molde





Figura 53

Agregado grueso suelto y molde en balanza



Peso unitario compactado:

- Se determina y registra el peso y volumen del molde.
- Luego se coloca el agregado dentro del molde en tres capas, estas capas tienen que distribuirse en alturas iguales, en cada capa se aplican 25 golpes con la varilla de 5/8" en forma espiral en toda el área del molde, la varilla no debe golpear el fondo del molde
- Se lleno el molde para luego enrasarlo con ayuda de la varilla de 5/8" para quitar el material excedente.
- Se limpian los bordes del molde con ayuda de la brocha para luego registrar el peso.
- Este proceso repitió dos veces y se registraron los datos

Figura 54

Agregado grueso compactado en molde





Figura 55

Agregado grueso compactado y molde en balanza



3.5.1.7. Peso Específico y Absorción del agregado Fino (NTP 400.022)

3.5.1.7.1. Objetivos

- Determinar la el peso específico seco, peso específico saturado con superficies seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado.

3.5.1.7.2. Equipos y materiales

- Fiola de 500 ml.
- Molde cónico y apisonador
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Horno
- Bomba de vacíos
- Recipientes
- Termómetro
- Pala de mano
- Brocha
- Recipiente

3.5.1.7.3. Procedimiento

- Primeramente, se obtiene muestra del ensayo de cuarteo donde se tamiza por la malla N°4 hasta obtener aproximadamente más s de 1 kg
- Luego la muestra es llevada al horno para secarla por 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para luego realizar el ensayo.
- Después la muestra se sumerge en agua durante 24 horas.

- Después la muestra es preparada en un estado parcialmente seca hasta obtener una muestra superficialmente seca, para determinar este estado se realizó la prueba del cono de humedad repitiéndose esta hasta que la muestra logre desmoronarse, pero dejando la parte superior del cono estable.

Figura 56

Muestra del agregado fino en estado parcialmente seca



Figura 57

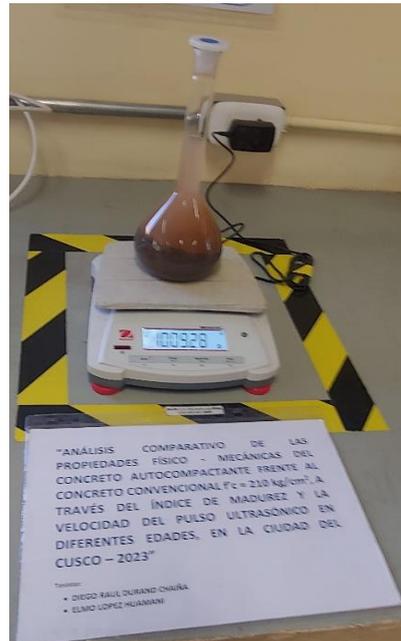
Colocación de muestra en fiola



- Luego de obtener la muestra preparada se divide la muestra en dos partes de 500 gramos exactos.

Figura 58

Determinación del peso de la muestra



- La primera muestra se lleva al horno para ser secada a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas para luego registrar su peso seco.
- La segunda muestra es colocada en la fiola, se llena hasta el límite de 500 ml y se procede a sacudir en giros y con ayuda de la bomba de vacíos se retiró el aire atrapado.
- Finalmente, terminando con el retirado del aire atrapado, se registra el peso de la fiola con la muestra y el agua.

Figura 59

Muestra de agregado fino retirada del horno





3.5.1.8. Peso Específico y Absorción del agregado Grueso (NTP 400.021)

3.5.1.8.1. Objetivos

- Determinar la el peso específico seco, peso específico saturado con superficies seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado.

3.5.1.8.2. Equipos y materiales

- Cesta cilíndrica con abertura mínima al tamiz N°6
- Tamiz 4.76 mm (N°4)
- Recipientes
- Pala de mano
- Horno
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Balde

3.5.1.8.3. Procedimiento

- Primeramente, se obtiene muestra del ensayo de cuarteo mayor a 2kg., Luego se lava la muestra y se llevó al horno para secarla por 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Después la muestra se deja enfriar para luego colocarlo en un balde de agua y dejarlo sumergido por 24 horas para que agregado este completamente saturado.
- Después de que la muestra este completamente saturado, se procede con el secado superficialmente con ayuda de una franela y se registró su peso.
- Después el agregado superficialmente seco se coloca en la canastilla metálica y es sumergido, se registra el peso sumergido
- Luego esta muestra se retira de la canastilla para ser colocado en una bandeja donde se llevó al horno para su secado por 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Pasado el secado de la muestra a un peso constante, se registra el peso.



Figura 60

Determinación de peso del agregado grueso



3.5.1.9. Contenido de Humedad del agregado fino (NTP 339.185)

3.5.1.9.1. Objetivos

- Determinar la cantidad de agua que posee una muestra de agregado, con respecto al peso seco de la muestra.
- Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto con la finalidad hacer un ajuste en la cantidad de agua de mezclado.

3.5.1.9.2. Equipos y materiales

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Recipientes
- Pala de mano
- Horno

3.5.1.9.3. Procedimiento

- Iniciamos pesando una cantidad de muestra de nuestro agregado fino y se registra el peso.
- Se procedió a llevar la muestra al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$., por 24 horas.
- Finalmente se registra el peso de la muestra retirada del horno a un peso constante.



Figura 61

Muestras de agregado fino en el horno



3.5.1.10. Contenido de Humedad del agregado grueso (NTP 339.185)

3.5.1.10.1. *Objetivos*

- Determinar la cantidad de agua que posee una muestra de agregado, con respecto al peso seco de la muestra.
- Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto con la finalidad hacer un ajuste en la cantidad de agua de mezclado.

3.5.1.10.2. *Equipos y materiales*

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Recipientes
- Pala de mano
- Horno

3.5.1.10.3. *Procedimiento*

- Iniciamos pesando una cantidad de muestra de nuestro agregado fino y se registra el peso.
- Se procedió a llevar la muestra al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$., por 24 horas.



- Finalmente se registra el peso de la muestra retirada del horno a un peso constante.

Figura 62

Muestras del agregado grueso en el horno



3.5.1.11. Ensayo de estabilidad de Tamiz GTM (EFNARC)

3.5.1.11.1. Objetivos

- Evaluar la resistencia a la segregación de mezcla de concreto autocompactante.

3.5.1.11.2. Equipos y materiales

- Tamiz 4.76 mm (N°4)
- Recipiente
- Balanza de precisión de 0.1 g
- Balde
- Cucharón
- Bandejas

3.5.1.11.3. Procedimiento

- Se utilizó aproximadamente 10 litros de mezcla de concreto autocompactante.
- La mezcla vertida en el balde se dejó reposar por 15 minutos cerrado con tapa.
- Se registraron los pesos del tamiz de fondo y el tamiz de 4.75 mm (N°4).
- Después se observó la superficie de la mezcla del concreto autocompactante que estaba en reposo en el balde para ver si presenta sangrado.
- Se vertieron 4.8 ± 0.2 kg de la muestra en otro recipiente, se registró el peso
- Se vertió todo el concreto del recipiente en el tamiz 4.76 mm (N°4) a una altura de 500 mm de forma continua y uniforme y se registró el peso (M_a = diferencia entre el peso del tamiz lleno y vacío).



- Después se registró el peso del recipiente vacío, incluye el peso del residuo de concreto que no se pudo verter)
- Después se dejó que la muestra de concreto autocompactante fluya a través del tamiz en dirección al fondo en un periodo de tiempo de 2 minutos
- Después se registró la diferencia de peso de la muestra que paso al fondo y el fondo (Mb).
- Finalmente se calcula el porcentaje de la muestra que traspasa el tamiz, la relación de segregación.

Figura 63

Preparación de insumos y materiales para el ensayo



3.5.1.12. Ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035)

3.5.1.12.1. Objetivo

- Verificar que el concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cumpla con los parámetros del diseño de mezcla y con los criterios de la Norma técnica peruana.

3.5.1.12.2. Equipos y materiales

- Cono de Abrams
- Cucharón
- Varilla metálica lisa de 5/8"
- Regla metálica
- Flexómetro



3.5.1.12.3. *Procedimiento*

- Se procede a mojar el molde (cono de Abrams) para evitar que este absorba el agua de la mezcla.
- durante el ensayo.
- Se coloca cono de Abrams en una superficie plana, y con ayuda de los pies se presiona el molde para evitar movimientos del mismo y luego empezar con el colocado de concreto hasta $1/3$ de su capacidad y después se empieza a compactar el concreto con 25 golpes repartidos de forma espiral y uniforme con ayuda de la varilla metálica lisa de $5/8''$.
- Se vuelve a colocar el concreto en el cono hasta los $2/3$ partes y se vuelve a compactar de manera similar al paso anterior sin que la punta de la varilla llegue a la base del cono.
- Se llena el último tercio del cono hasta que su límite y se realiza el último compactado con 25 golpes de manera uniforme.
- Se procede a enrasar la parte superior del cono de con ayuda de la varilla lisa de $5/8''$ hasta obtener una superficie homogénea.
- Levantamos el molde sujetándolo por las asas soldadas y se coloca el cono al costado de la muestra de concreto ensayado.
- Colocamos la varilla encima del cono y con el flexómetro se mide el asentamiento para registrar los datos obtenidos el descenso de la mezcla y así obtener el revenimiento del concreto convencional.

Figura 64

Proceso de mezclado del concreto convencional





Figura 65

Asentamiento del concreto convencional



3.5.1.13. Ensayo de flujo de asentamiento y extensibilidad (EFNARC) e Índice Visual (VSI) (ASTM C1611)

3.5.1.13.1. Objetivo

- Evaluar el flujo libre del concreto autocompactante en ausencia de obstrucciones observando su expansibilidad y estabilidad en estado fresco.

3.5.1.13.2. Equipos y materiales

- Cono de Abrams
- Flexómetro
- Cucharón metálico
- Cronometro
- Superficie no absorbente

3.5.1.13.3. Procedimiento

- Se humedecen la superficie y el interior del molde (cono de Abrams).
- Se coloca el cono de Abrams en el centro del círculo de 500 mm de la superficie plana y homogénea.
- Se rellena el molde con el concreto autocompactante sin compactar, posteriormente enrasar y retirar el concreto excedente, limpiando los bordes y laterales del cono.
- Levantar el molde de forma vertical dejando el fluir de manera libre en su expansión, y simultáneamente se registra el tiempo de expansión hasta alcanzar los 500 mm de diámetro.



- Posteriormente se procede a medir la expansión del concreto autocompactante en dos direcciones perpendiculares correspondiente al flujo de asentamiento.

Figura 66

Flujo de asentamiento del concreto autocompactante



3.5.1.14. Ensayo de embudo “V” (EFNARC)

3.5.1.14.1. Objetivo

- Determinar la facilidad de flujo del concreto autocompactante
- Determinar el tiempo de flujo del concreto autocompactante

3.5.1.14.2. Equipos y materiales

- Embudo V
- Recipientes
- Cronómetro
- Cucharón metálico

3.5.1.14.3. Procedimiento

- Se utilizó aproximadamente 12 litros de concreto autocompactante.
- Se fija el embudo V en una superficie homogénea y firme, luego humedecer las paredes interiores retirando el exceso de agua.
- Se cierra la trampilla y se coloca un balde debajo de esta para recibir el concreto autocompactante.



Figura 67

Llenado del embudo "V" con concreto autocompactante



- Se procede a llenar el embudo V con la muestra de concreto autocompactante sin compactar ni
- presionar; solo nivelar la parte superior y transcurridos 10 segundos después de haberlo llenado se abre la trampilla para que el concreto fluya libremente por su propio peso.
- Se registra el tiempo desde el momento en el que se abre la trampilla hasta completar la descarga total del concreto autocompactante.
- El ensayo concluye cuando se puede ver la luz desde la parte superior a través del embudo V.

Figura 68

Concreto autocompactante descargado del embudo V





- Es necesario que todo el ensayo debe realizarse en menos de 5 minutos.

Figura 70

Llenado de caja en “U” con concreto autocompactante



3.5.1.16. Ensayo de caja en “L” (EFNARC)

3.5.1.16.1. *Objetivo*

- Determinar la relación de bloqueo del concreto autocompactante

3.5.1.16.2. *Equipos y materiales*

- Caja en “L” de material rígido no absorbente.
- Recipientes metálicos
- Wincha
- Cucharón metálico
- Cronometro

3.5.1.16.3. *Procedimiento*

- Se requieren aproximadamente 14 litros de concreto autocompactante
- Se colocó la caja en “L” en un lugar firme y uniforme.
- Humedecer las superficies interiores de la caja en “L” y eliminar el sobrante de agua.
- Cerrar la compuerta interior
- Colocar el concreto autocompactante en la sección vertical de la caja en “L”, el cual debe reposar por 1 minuto.



Figura 71

Colocado de concreto autocompactante en la caja en “L”



- Levantar la compuerta y dejar que el concreto fluya hacia la sección horizontal de la caja en “L”.
- Registrar los tiempos que requiere el concreto para alcanzar las marcas de 200 mm y 400 mm la medida de la altura en ambos compartimientos de la caja.
- Posteriormente cuando el concreto deje de fluir, se registran las medidas H1 y H2.
- Es necesario que todo el ensayo debe realizarse en menos de 5 minutos.

Figura 72

Ensayo de caja en "L" del concreto autocompactante



Figura 73

Medición de alturas caja en "L" con concreto autocompactante



3.5.1.17. Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio (NTP 339.183)

3.5.1.17.1. Objetivo

- Obtener los testigos de concreto convencional y autocompactante para poder realizar la evaluación la resistencia a la compresión y la flexión a lo largo de su evolución.

3.5.1.17.2. Equipos y materiales

- Probetas cilíndricas metálicas de 15 cm x 30 cm



- Probetas prismáticas de metal de 15 cm x 15 cm x 50 cm
- Pala de mano
- Martillo de goma
- Varilla de 16 mm (5/8”), y 600 mm (24”) de longitud
- Cámara de curado

3.5.1.17.3. procedimiento

- Luego de tener registro de todos los controles de calidad del concreto en estado fresco, se procedió al moldeado de las probetas cilíndricas y prismáticas, previamente se deben tener los moldes limpios e impermeabilizado con desmoldante, con el fin de evitar que el concreto se adhiera a los moldes.
- Se procedió a llenar las probetas con concreto (Concreto convencional y autocompactante) a una altura de caída no mayor a 5cm sobre el borde los moldes.
- Se quito el exceso de mezcla y se enrazo cada molde, teniendo un acabado adecuado y colocándolos en una superficie nivelada y firme.
- Después de 24 horas de haber dejado el concreto en las probetas, se desmoldaron con cuidado para evitar daños.
- Después se empezó a marcar cada briqueta con la fecha de fabricación y el tipo de concreto correspondiente.
- Terminando, los especímenes fueron colocados en una cámara de curado, donde quedaron totalmente sumergidas.

Figura 74

Agregados y cemento para la elaboración de especímenes





Figura 75

Pesado de materiales de acuerdo al diseño de mezcla



Figura 76

Preparación de mezcla



Figura 77

Elaboración de especímenes de concreto





Figura 78

Especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto



Figura 79

Desmoldado de especímenes para ser curados



Figura 80

Curado de especímenes cilíndricos



Figura 81

Curado de especímenes cilíndricos y prismáticos



3.5.1.18. Ensayo de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto convencional y concreto autocompactante (NTP 339.034)

3.5.1.18.1. Objetivo

- Determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas del concreto autocompactante y concreto convencional en diferentes edades.

3.5.1.18.2. Equipos y materiales

- Equipo de compresión axial
- Especímenes cilíndricos de concreto
- Regla metálica
- Vernier

3.5.1.18.3. Procedimiento

- El correspondiente ensayo debe de realizarse luego de que los especímenes han sido removidos del lugar de curado.
- Todas las probetas cilíndricas a una edad determinada se deben de romper dentro de las tolerancias permisibles y relación de longitud y diámetro de especímenes indicados:

Tabla 23

Tolerancias permisibles en edades de ensayo

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0.5h$ o 2.1%
3 d	$\pm 2h$ o 2.8%
7 d	$\pm 6h$ o 3.6%
28 d	$\pm 20h$ o 3.0%

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana NTP 339.034

Tabla 24

Relación de longitud y diámetro de espécimen

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana NTP 339.034

- Empleando el vernier y la regla metálica se realiza la medición de los diámetros superiores e inferiores de cada una de las probetas, asimismo las alturas para registrar dichas dimensiones.

Figura 82

Especímenes de concreto convencional y autocompactante



Figura 83

Registro de medidas de los especímenes cilíndricos



- Después de encendido de la máquina de compresión axial, se configura el tipo de ensayo a realizar de acuerdo a las dimensiones de la probeta y la velocidad de carga a la que se someterá.
- Se coloca y alinea el espécimen al eje de la base inferior de la máquina para dar inicio con la aplicación de la carga.

Figura 84

Especimen cilíndrico en máquina de compresión



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO
CONVENCIONAL FC = 310 MÓDULO A TRAVÉS DEL
ÍNDICE DE MAQUET Y LA VELOCIDAD DEL PULSO
ULTRASONICO EN DIFERENTES EDADES EN LA
CIUDAD DEL CUSCO - 2023

ESTUDIANTE
NOMBRE: DIEGO KAIL SUZANO CHAIRA CSM-18718
DIRECCIÓN: SMOYALPALLI
CARGO: COFE HUAMANI 6 - 04
ALUMNO
ING. RIGOBERTO JIMENEZ ESCALANTE TECN. EN AMPLI
DIRECCIÓN: CARRERAS DE
SANTA ROSA



Figura 85

Falla de espécimen cilíndrico



Figura 86

Máquina de compresión con espécimen cilíndrico



- Cuando inicia el declive de la resistencia de cada probeta culmina el ensayo y dicho alcanzado se registra para posteriormente realizar los cálculos.

Figura 87

Estructura interior de espécimen cilíndrico



3.5.1.19. Ensayo de resistencia a flexión de especímenes prismáticos de concreto convencional y concreto autocompactante (NTP 339.034)

3.5.1.19.1. Objetivo

- Determinar la resistencia a flexión de los especímenes prismáticos del concreto autocompactante y concreto convencional en diferentes edades.

3.5.1.19.2. Equipos y materiales

- Máquina de Compresión Axial, con acoplamiento a flexión a los tercios de la luz.
- Especímenes prismáticos de concreto
- Vernier
- Regla metálica

3.5.1.19.3. Procedimiento

- El correspondiente ensayo debe realizarse luego de que los especímenes han sido removidos del lugar de curado.
- Empleando el vernier y la regla metálica se realiza la medición de las dimensiones transversales y longitudinales de cada espécimen.
- Marcar los tercios en cada espécimen para ser colocados en la máquina.
- Durante el esfuerzo aplicado por la máquina se debe aplicar la carga sin golpe, hasta que ocurra la falla.
- Se registra el valor de la carga máxima, donde es necesario considerar que, si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor del 5 % de la luz libre, se debe descartar el ensayo.

Figura 88

Especímenes prismáticos de concreto convencional y autocompactante



Figura 89

Registro de dimensiones en los especímenes prismáticos



Figura 90

Viga en que para ser sometido a esfuerzo de flexión





Figura 91

Viga ensayada a esfuerzo de flexión



Figura 92

Fallas en especímenes prismáticos



Figura 93

Estructura interna de espécimen prismático





3.5.1.20. Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico a través, del concreto (ASTM C597)

3.5.1.20.1. Objetivo

- Determinar la velocidad de propagación de pulsos ultrasónicos a través, del concreto

3.5.1.20.2. Equipos y materiales

- Equipo para pruebas de ultrasonido Pundit PL - 200
- Transductores
- Cables adaptadores BNC
- barra de calibración
- Gel de ultrasonido
- Vernier
- Regla metálica

3.5.1.20.3. Procedimiento

- Realizar el reconocimiento visual de los puntos a evaluar, para detectar rugosidad, orificios, fisuras en la superficie u otras características que puedan afectar el ensayo.
- Verificación del equipo para su funcionamiento adecuado ajustando el tiempo cero.
- Aplicar el gel de acoplamiento en los extremos de la barra de calibración, luego presionar los transductores contra los extremos de la barra hasta establecer el tiempo de tránsito de coincidencia del valor que está marcado en la barra.
- Durante el ensayo con los testigos de concreto se aplicó una cantidad de gel apropiada también a los transductores y a las superficies de los especímenes.
- Determinar las dimensiones de las probetas de concreto con mayor incidencia su longitud en línea recta por donde se emitirá y recibirá las ondas de ultrasonido por medio de los transductores.
- Posteriormente se presiona las caras de los transductores firmemente contra la superficie de los especímenes de concreto hasta que un tiempo de tránsito estable aparezca en la pantalla del equipo y mida dicho tiempo de tránsito.
- La repetición de mediciones puede ser realizada en la misma localización para minimizar errores de lectura.
- Se determinan y registran los tiempos de transmisión de cada espécimen ensayado para posteriormente calcular las velocidades y estimaciones de la resistencia a compresión como medición indirecta.



Figura 94

Barra de calibración del equipo de pulso ultrasónico

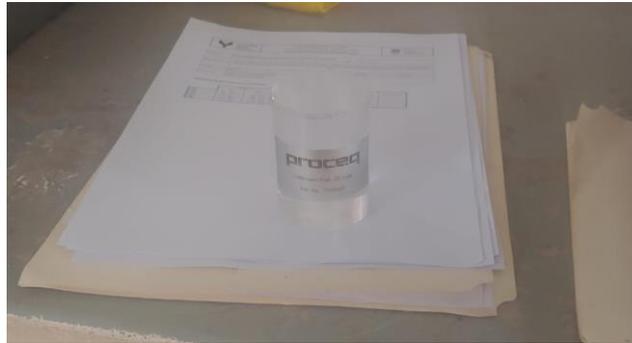


Figura 95

Determinación de los tiempos de transmisión

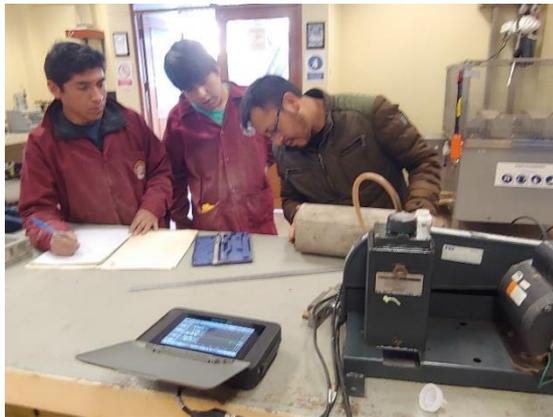


Figura 96

Lectura de tiempo de transmisión del equipo Pundit PL - 200





3.5.1.21. Ensayo de índice de madurez del concreto (NTP 339.217)

3.5.1.21.1. *Objetivos*

- Establecer el procedimiento para estimaciones de resistencia de concreto por medio del método de madurez.
- Determinar el índice de madurez del concreto en términos de factor tiempo – temperatura.
- Determinar la relación de madurez – resistencia de la mezcla de concreto en laboratorio y registrar la historia de temperaturas del concreto para las que va a ser estimada su resistencia.

3.5.1.21.2. *Equipos y materiales*

- Sensores de temperatura con aproximación de ± 1 °C con registro automatizado
- Cámaras de curado con agua para concreto

3.5.1.21.3. *Procedimiento*

- Se prepararon 30 probetas cilíndricas de 15cm x 30 cm y 30 probetas prismáticas de 15cm x 15cm x 50xm por tipo de concreto (concreto convencional y concreto autocompactante).
- A dos probetas por cada tipo de concreto y forma se colocaron sensores incrustándolos dentro mínimo ± 15 mm en la parte central.
- Se registro la hora del colocado de los sensores, así como la hora de vaciado.
- A las 24 horas del vaciado se procedió a retirar los moldes para colocarlos en las cámaras de curado con agua.
- Después se realizaron los controles de ensayos de compresión y flexión, se realizaron a edades 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días, se registraron la hora y fecha a la que se desarrollaron las rupturas.
- Finalmente se descargaron los registros de temperatura de las probetas dadas por el sensor de temperatura.



Figura 97

Especímenes cilíndricos con sensores de temperatura



Figura 98

Colocación de sensores en especímenes de concreto





Figura 99

Especímenes con sensores de temperatura y proceso de curado



Figura 100

Equipo de lectura de temperaturas (madurímetro)





3.5.2. Toma de datos y cálculos vinculados con la cuantificación de variables

3.5.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino

Tabla 25

Tamizado del agregado fino de la cantera Vicho

AGREGADO FINO							
CANTERA				VICHO			
PESO ORIGINAL (gr)				1243.00			
TAMIZADO (gr)				1243.00			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.50	0.00	-	-	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	142.70	11.48	11.48	95.00	88.52	100.00
N° 8	2.36	367.40	29.56	41.04	80.00	58.96	100.00
N° 16	1.18	255.60	20.56	61.60	50.00	38.40	85.00
N° 30	0.60	208.50	16.77	78.37	25.00	21.63	60.00
N° 50	0.30	149.90	12.06	90.43	5.00	9.57	30.00
N° 100	0.15	66.20	5.33	95.76	-	4.24	10.00
N° 200	0.074	34.60	2.78	98.54	-	1.46	-
FONDO		18.10	1.46	100.00			
SUMA TOTAL		1243.00	100.00	-			
MODULO DE FINEZA			3.79				

Tabla 26

Tamizado del agregado fino de la cantera Huambutío

AGREGADO				AGREGADO FINO			
CANTERA				HUAMBUTIO			
PESO ORIGINAL (gr)				1173.20			
TAMIZADO (gr)				1173.20			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.50	3.70	0.32	0.32	100.00	99.68	100.00
N° 4	4.75	320.40	27.31	27.63	95.00	72.37	100.00
N° 8	2.36	325.80	27.77	55.40	80.00	44.60	100.00
N° 16	1.18	192.90	16.44	71.84	50.00	28.16	85.00
N° 30	0.60	119.00	10.14	81.98	25.00	18.02	60.00
N° 50	0.30	90.20	7.69	89.67	5.00	10.33	30.00
N° 100	0.15	59.70	5.09	94.76	-	5.24	10.00
N° 200	0.074	39.10	3.33	98.09	-	1.91	-
FONDO		22.40	1.91	100.00			
SUMA TOTAL		1173.20	100.00	-			
MODULO DE FINEZA			4.21				



Tabla 27

Tamizado del agregado fino de la cantera Cunyac

AGREGADO		AGREGADO FINO					
CANTERA		CUNYAC					
PESO ORIGINAL (gr)		1090.40					
TAMIZADO (gr)		1090.40					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.50	0.00	-	-	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	0.00	-	-	95.00	100.00	100.00
N° 8	2.36	5.30	0.49	0.49	80.00	99.51	100.00
N° 16	1.18	32.00	2.93	3.42	50.00	96.58	85.00
N° 30	0.60	188.50	17.29	20.71	25.00	79.29	60.00
N° 50	0.30	545.50	50.03	70.74	5.00	29.26	30.00
N° 100	0.15	235.40	21.59	92.32	-	7.68	10.00
N° 200	0.074	65.70	6.03	98.35	-	1.65	-
FONDO		18.00	1.65	100.00			
SUMA TOTAL		1090.40	100.00	-			
MODULO DE FINEZA			1.88				

3.5.2.2. Análisis granulométrico del agregado grueso

Tabla 28

Tamizado del agregado grueso de la cantera Huambutío

AGREGADO		AGREGADO GRUESO			
CANTERA		HUAMPUTIO			
TAMAÑO MAXIMO		1/2"			
PESO ORIGINAL (gr)		2500.9			
TAMIZADO (gr)		2500.90			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RET. ACUM. (%)	% QUE PASA
3/4"	19.00	0.00	-	-	100.00
1/2"	12.50	1574.50	62.96	62.96	37.04
3/8"	9.50	608.20	24.32	87.28	12.72
N° 4	4.75	290.60	11.62	98.90	1.10
FONDO		27.60	1.10	100.00	-
SUMA TOTAL		2500.90	100.00		



3.5.2.3. Ensayo de peso unitario del agregado fino

Tabla 29

Peso unitario suelto del agregado fino

Peso muestra + Molde (gr)	12255.000
Peso muestra + Molde (gr)	12270.000
Peso Promedio (gr)	12262.500
Peso del Molde (gr)	7528.300
Peso de la Muestra (gr)	4734.200
Volumen del Molde (cm3)	3025.259
Peso Unitario (gr/cm3)	1.565

Tabla 30

Peso unitario compactado del agregado fino

Peso muestra + Molde (gr)	12510.000
Peso muestra + Molde (gr)	12550.000
Peso Promedio (gr)	12530.000
Peso del Molde (gr)	7528.300
Peso de la Muestra (gr)	5001.700
Volumen del Molde (cm3)	3025.259
Peso Unitario (gr/cm3)	1.653

3.5.2.4. Ensayo de peso unitario del agregado grueso

Tabla 31

Peso unitario suelto del agregado grueso

Peso muestra + Molde (gr)	11920.000
Peso muestra + Molde (gr)	11870.000
Peso Promedio (gr)	11895.000
Peso del Molde (gr)	7528.300
Peso de la Muestra (gr)	4366.700
Volumen del Molde (cm3)	3025.259
Peso Unitario (gr/cm3)	1.443



Tabla 32

Peso unitario compactado del agregado grueso

Peso muestra + Molde (gr)	12355.000
Peso muestra + Molde (gr)	12360.000
Peso Promedio (gr)	12357.500
Peso del Molde (gr)	7528.300
Peso de la Muestra (gr)	4829.200
Volumen del Molde (cm3)	3025.259
Peso Unitario (gr/cm3)	1.596

3.5.2.5. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

Tabla 33

Peso específico y absorción del agregado fino

Peso de Matraz (gr)	202.15
Peso de matraz + peso de muestra + peso de agua (gr)	1009.28
Peso de muestra seca en estufa (gr)	489.81
Peso o volumen de frasco volumétrico (gr o cm3)	500
Peso o volumen de agua añadida al frasco (gr o cm3)	307.13
Peso específico de masa (gr/cm3)	2.54
Porcentaje de Absorción	2.08%

3.5.2.6. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Tabla 34

Peso específico y absorción del agregado grueso

Peso de muestra seca en estufa (gr)	2424.20
Peso de muestra saturada superficialmente seca (gr)	2461.20
Peso de muestra sumergida (gr)	1523.90
Peso específico de masa (gr/cm3)	2.59
Porcentaje de absorción	1.53%

3.5.2.7. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino

Tabla 35

Contenido de humedad del agregado fino

Tara N°	A1
Peso del agregado húmedo + Tara (gr)	2287.30
Peso del agregado seco + Tara (gr)	2231.01
Peso de la Tara (gr)	650.00
Peso del agregado seco (gr)	1581.01
Peso del agua (gr)	56.29
Contenido de humedad %	3.56



3.5.2.8. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso

Tabla 36

Contenido de humedad del agregado grueso

Tara N°	A2
Peso del agregado húmedo + Tara (gr)	2949.50
Peso del agregado seco + Tara (gr)	2930.80
Peso de la Tara (gr)	670.00
Peso del agregado seco (gr)	2260.80
Peso del agua (gr)	18.70
Contenido de humedad %	0.83

3.5.2.9. Ensayo de estabilidad de tamiz GTM

Tabla 37

Estabilidad de tamiz GTM

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)						
ENSAYO	TAMIZ VACIO (gr)	TAMIZ VERTIDO (gr)	PESO DEL CONCRETO EN EL TAMIZ (gr)	RECIPIENTE DEL TAMIZ (gr)	PESO DEL RECIPIENTE Y DEL HORMIGON QUE HA PASADO (gr)	PROPORCION DE SEGREGACION (%)
	A	B	B-A=Wc	Wp	WPS	SR
1	0.81	3.95	3.14	0.36	0.78	13.51%
2	0.81	3.56	2.75	0.36	0.72	13.25%
3	0.81	3.78	2.97	0.36	0.66	10.24%

3.5.2.10. Ensayo de medición del asentamiento del concreto convencional

Tabla 38

Asentamientos del concreto convencional

ENSAYO	S (cm)	S (pulg)
CC - 01	7.80	3.07
CC - 02	9.60	3.78
CC - 03	8.60	3.39

3.5.2.11. Ensayo de flujo de asentamiento del concreto autocompactante

Tabla 39

Flujos de asentamiento del concreto autocompactante

ENSAYO	DIAMETRO		FLUJO DE ASENTAMIENTO	T50 (seg)
	D1 (mm)	D2 (mm)	(D1+D2)/2 (mm)	
CAC - 01	606.00	588.00	597.00	3.14
CAC - 02	598.00	611.00	604.50	3.23
CAC - 03	616.00	593.00	604.50	3,17



3.5.2.12. Ensayo de embudo “V”

Tabla 40

Tiempos de flujo del concreto autocompactante

ENSAYO	TIEMPO DE FLUJO (seg)
CAC - 1	8.95
CAC - 2	9.87
CAC - 3	8.63

3.5.2.13. Ensayo de caja en “U”

Tabla 41

Alturas de llenado del concreto autocompactante

ENSAYO	ALTURA	
	H1 (cm)	H2 (cm)
CAC - 1	30.60	28.20
CAC - 2	30.25	27.80
CAC - 3	29.70	26.90

3.5.2.14. Ensayo de caja en “L”

Tabla 42

Relaciones de bloqueo del concreto autocompactante

ENSAYO	ALTURA		RELACION DE BLOQUEO H1/H2	T20 (seg)	T40 (seg)
	H1 (cm)	H2 (cm)			
CAC - 1	13.75	12.60	0.92	3.17	5.84
CAC - 2	13.80	12.20	0.88	3.22	5.72
CAC - 3	14.20	13.30	0.94	3.15	5.81



3.5.2.15. Ensayo de resistencia a la compresión

Tabla 43

Esfuerzo a compresión del concreto convencional a diferentes edades

DÍA 01 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.20	15.21	15.21	30.20	30.25	30.23	1.99	3650.00	20.10
E-02	15.10	15.00	15.05	30.10	30.15	30.13	2.00	3030.00	17.03
E-03	14.95	15.00	14.98	30.10	30.10	30.10	2.01	2280.00	12.95
E-04	14.95	15.10	15.03	30.15	30.18	30.17	2.01	3310.00	18.67

DÍA 03 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.20	15.21	15.21	30.30	30.35	30.33	1.99	8900.00	49.01
E-02	15.10	15.12	15.11	30.20	30.15	30.18	2.00	13190.00	73.56
E-03	15.11	15.15	15.13	30.15	30.15	30.15	1.99	11210.00	62.35
E-04	15.12	15.18	15.15	30.10	30.10	30.10	1.99	10460.00	58.03

DÍA 05 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.12	15.24	15.18	30.15	30.20	30.18	1.99	15830.00	87.47
E-02	15.00	15.12	15.06	30.25	30.20	30.23	2.01	17020.00	95.55
E-03	15.35	15.24	15.30	30.30	30.35	30.33	1.98	13090.00	71.24
E-04	14.98	15.05	15.02	30.25	30.30	30.28	2.02	16490.00	93.13

DÍA 07 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.10	15.00	15.05	30.30	30.20	30.25	2.01	20360.00	114.45
E-02	15.05	15.01	15.03	30.50	30.55	30.53	2.03	12720.00	71.69
E-03	15.16	15.20	15.18	30.30	30.35	30.33	2.00	19240.00	106.31
E-04	15.01	14.90	14.96	30.10	30.10	30.10	2.01	18260.00	103.95

DÍA 14 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.21	15.12	15.17	30.15	30.25	30.20	1.99	27730.00	153.52
E-02	15.25	15.23	15.24	30.60	30.50	30.55	2.00	18260.00	100.10
E-03	15.31	15.15	15.23	30.40	30.60	30.50	2.00	29090.00	159.68
E-04	15.22	15.09	15.16	30.30	30.50	30.40	2.01	26500.00	146.91



DÍA 21 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.30	15.35	15.33	30.30	30.30	30.30	1.98	29930.00	162.26
E-02	15.16	15.25	15.21	29.95	30.10	30.03	1.97	37390.00	205.92
E-03	15.35	14.90	15.13	29.90	29.95	29.93	1.98	38860.00	216.28
E-04	15.25	15.20	15.23	29.90	29.95	29.93	1.97	36780.00	202.03

DÍA 28 - CONCRETO CONVENCIONAL									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.35	15.00	15.18	29.90	30.10	30.00	1.98	39910.00	220.67
E-02	15.00	15.00	15.00	30.10	30.20	30.15	2.01	38560.00	218.20
E-03	14.80	14.50	14.65	29.90	30.00	29.95	2.04	35740.00	212.03
E-04	14.95	15.10	15.03	30.20	29.90	30.05	2.00	31260.00	176.31

Tabla 44

Esfuerzo a compresión del concreto autocompactante a diferentes edades

DÍA 01 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.10	15.05	15.08	30.10	30.15	30.13	2.00	1830.00	10.25
E-02	15.22	15.15	15.19	30.15	30.00	30.08	1.98	2870.00	15.85
E-03	15.05	15.10	15.08	30.05	30.00	30.03	1.99	3010.00	16.86
E-04	15.12	15.10	15.11	30.15	30.20	30.18	2.00	4210.00	23.48

DÍA 03 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.12	15.24	15.18	30.60	30.50	30.55	2.01	12850.00	71.00
E-02	15.16	15.18	15.17	30.20	30.15	30.18	1.99	13980.00	77.35
E-03	15.05	15.12	15.09	30.15	30.10	30.13	2.00	13590.00	76.04
E-04	15.00	15.05	15.03	30.25	30.10	30.18	2.01	10750.00	60.63

DÍA 05 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.00	15.30	15.15	30.20	30.10	30.15	1.99	17760.00	98.52
E-02	15.21	15.21	15.21	30.15	30.20	30.18	1.98	19130.00	105.29
E-03	15.21	15.28	15.25	30.30	30.45	30.38	1.99	20400.00	111.76
E-04	15.11	15.15	15.13	30.30	30.45	30.38	2.01	19450.00	108.18



DÍA 07 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	14.80	15.20	15.00	30.30	30.40	30.35	2.02	22080.00	124.95
E-02	14.85	14.92	14.89	30.30	30.20	30.25	2.03	22370.00	128.55
E-03	14.95	14.98	14.97	30.20	30.25	30.23	2.02	23720.00	134.86
E-04	14.96	14.95	14.96	29.90	29.95	29.93	2.00	20690.00	117.79

DÍA 14 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	14.95	15.05	15.00	30.15	30.20	30.18	2.01	27780.00	157.20
E-02	14.85	15.15	15.00	30.20	30.25	30.23	2.02	27690.00	156.69
E-03	15.22	14.98	15.10	30.35	30.45	30.40	2.01	30840.00	172.21
E-04	14.96	15.18	15.07	30.25	30.20	30.23	2.01	19530.00	109.49

DÍA 21 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.12	15.10	15.11	30.35	30.40	30.38	2.01	29670.00	165.46
E-02	15.05	14.98	15.02	30.10	30.35	30.23	2.01	34840.00	196.76
E-03	15.30	15.22	15.26	30.50	30.40	30.45	2.00	34890.00	190.77
E-04	15.10	15.15	15.13	30.20	30.25	30.23	2.00	33850.00	188.40

DÍA 28 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE									
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO			ALTURA			H/D	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
E-01	15.15	15.20	15.18	30.15	30.10	30.13	1.99	42160.00	233.11
E-02	15.25	15.05	15.15	30.30	30.20	30.25	2.00	35650.00	197.76
E-03	15.20	14.90	15.05	30.00	30.10	30.05	2.00	41090.00	230.98
E-04	15.20	15.25	15.23	30.00	30.20	30.10	1.98	40730.00	223.72

3.5.2.16. Ensayo de resistencia a la flexión

Tabla 45

Esfuerzo a flexión del concreto convencional a diferentes edades

DÍA 01 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO				ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.05	15.10	15.10	15.08	15.15	15.12	15.12	15.13	380.00	45.00	4.95
E-02	15.15	14.95	14.95	15.02	14.90	14.95	15.05	14.97	395.00	45.00	5.28
E-03	15.12	15.15	15.15	15.14	15.15	15.05	15.15	15.12	270.00	45.00	3.51
E-04	15.15	15.00	15.05	15.07	15.05	15.05	15.15	15.08	295.00	45.00	3.87



DÍA 03 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO			ALTURA					CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.05	15.10	15.10	15.08	15.15	15.12	15.15	15.14	1280.00	45.00	16.66
E-02	15.10	15.00	15.05	15.05	15.15	15.10	15.15	15.13	1250.00	45.00	16.32
E-03	15.12	15.15	15.15	15.14	15.12	15.15	15.15	15.14	1260.00	45.00	16.34
E-04	15.15	15.14	15.14	15.14	15.14	15.15	15.14	15.14	1180.00	45.00	15.29

DÍA 05 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO			ALTURA					CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.00	15.30	15.25	15.18	15.12	15.10	15.15	15.12	1320.00	45.00	17.11
E-02	15.21	15.21	15.25	15.22	15.10	15.11	15.15	15.12	1295.00	45.00	16.74
E-03	15.20	15.28	15.25	15.24	15.18	15.16	15.15	15.16	1350.00	45.00	17.33
E-04	15.11	15.14	15.15	15.13	15.00	15.10	14.90	15.00	1195.00	45.00	15.79

DÍA 07 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO			ALTURA					CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.10	15.00	15.01	15.04	15.01	15.05	15.05	15.04	1470.00	45.00	19.46
E-02	15.05	15.01	15.10	15.05	15.10	15.15	15.15	15.13	1511.00	45.00	19.72
E-03	15.15	15.20	15.20	15.18	15.20	15.10	15.10	15.13	1610.00	45.00	20.84
E-04	15.10	15.20	15.20	15.17	15.10	15.10	15.15	15.12	1505.00	45.00	19.54

DÍA 14 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO			ALTURA					CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.40	15.10	15.15	15.22	15.20	15.15	15.15	15.17	2200.00	45.00	28.28
E-02	14.70	14.70	14.80	14.73	15.10	15.15	15.10	15.12	2110.00	45.00	28.20
E-03	15.15	14.95	14.95	15.02	15.10	15.20	15.15	15.15	2040.00	45.00	26.63
E-04	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.12	15.15	15.12	1950.00	45.00	25.41

DÍA 21 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO			ALTURA					CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	14.90	15.00	15.00	14.97	14.95	14.95	14.90	14.93	2100.00	45.00	28.31
E-02	15.10	15.10	15.15	15.12	15.00	15.00	15.05	15.02	2230.00	45.00	29.44
E-03	15.05	15.05	15.00	15.03	15.05	14.95	14.95	14.98	1850.00	45.00	24.67
E-04	15.05	15.10	15.10	15.08	15.10	15.10	15.15	15.12	2260.00	45.00	29.51

DÍA 28 - CONCRETO CONVENCIONAL											
ESPCMN	ANCHO			ALTURA					CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			



E-01	15.10	15.00	15.10	15.07	14.90	14.90	14.95	14.92	1570.00	45.00	21.07
E-02	14.60	14.70	14.75	14.68	15.00	15.10	15.10	15.07	2280.00	45.00	30.78
E-03	15.00	15.10	15.00	15.03	15.20	14.90	15.05	15.05	2120.00	45.00	28.02
E-04	15.05	15.00	15.10	15.05	15.15	15.15	15.10	15.13	2270.00	45.00	29.64

Tabla 46

Esfuerzo a flexión del concreto autocompactante a diferentes edades

DÍA 01 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE											
ESPCMN	ANCHO				ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	14.90	14.95	14.95	14.93	14.95	14.90	14.90	14.92	160.00	45.00	2.17
E-02	15.10	15.10	15.05	15.08	15.10	15.20	15.10	15.13	280.00	45.00	3.65
E-03	15.10	15.15	15.15	15.13	15.10	15.15	15.00	15.08	90.00	45.00	1.18
E-04	14.90	14.95	14.95	14.93	14.95	14.90	14.90	14.92	185.00	45.00	2.51

DÍA 03 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE											
ESPCMN	ANCHO				ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.18	15.15	15.15	15.16	15.14	15.15	15.15	15.15	990.00	45.00	12.81
E-02	15.10	15.12	15.12	15.11	15.14	15.15	15.15	15.15	1070.00	45.00	13.89
E-03	15.15	15.10	15.12	15.12	15.10	15.12	15.15	15.12	1090.00	45.00	14.18
E-04	15.10	15.20	15.18	15.16	15.15	15.10	15.10	15.12	1100.00	45.00	14.29

DÍA 05 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE											
ESPCMN	ANCHO				ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.10	14.95	15.00	15.02	14.95	14.95	15.10	15.00	1320.00	45.00	17.58
E-02	14.90	14.90	15.10	14.97	14.95	15.00	15.10	15.02	1089.00	45.00	14.52
E-03	15.00	15.00	15.10	15.03	15.10	14.90	15.10	15.03	1470.00	45.00	19.47
E-04	15.00	15.05	15.00	15.02	15.05	15.00	15.05	15.03	1350.00	45.00	17.90

DÍA 07 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE											
ESPCMN	ANCHO				ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			
E-01	15.01	15.15	15.01	15.06	15.05	15.00	15.15	15.07	980.00	45.00	12.90
E-02	15.00	15.20	15.15	15.12	15.00	15.10	15.15	15.08	1470.00	45.00	19.23
E-03	15.10	15.15	15.10	15.12	15.10	15.15	15.10	15.12	1640.00	45.00	21.36
E-04	15.10	15.15	15.00	15.08	15.00	15.10	15.10	15.07	1450.00	45.00	19.06

DÍA 14 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE											
ESPCMN	ANCHO				ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)	d (cm)			



E-01	15.15	15.05	15.10	15.10	15.10	15.20	15.15	15.15	1830.00	45.00	23.76
E-02	15.05	15.05	15.00	15.03	15.00	15.05	15.05	15.03	1790.00	45.00	23.71
E-03	15.12	15.18	15.15	15.15	15.10	15.15	15.10	15.12	1930.00	45.00	25.09
E-04	15.12	15.15	15.15	15.14	15.10	15.10	15.15	15.12	1750.00	45.00	22.76

DÍA 21 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	ANCHO			ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)	
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)				d (cm)
E-01	15.00	14.95	15.20	15.05	15.20	15.20	15.10	15.17	2200.00	45.00	28.60
E-02	14.70	14.70	14.75	14.72	14.60	14.70	14.65	14.65	1970.00	45.00	28.07
E-03	15.10	15.05	15.10	15.08	15.20	15.20	15.10	15.17	2230.00	45.00	28.92
E-04	15.10	15.10	15.15	15.12	15.00	15.05	15.05	15.03	2160.00	45.00	28.45

DÍA 28 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	ANCHO			ALTURA				CARGA MÁXIMA (kg)	LUZ (cm)	MOD. DE ROTRURA (kg/cm ²)	
	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	b ₃ (cm)	b (cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d ₃ (cm)				d (cm)
E-01	15.10	15.00	15.05	15.05	15.10	15.00	15.10	15.07	1990.00	45.00	26.21
E-02	15.00	15.05	15.05	15.03	15.20	15.20	15.20	15.20	2090.00	45.00	27.08
E-03	15.10	15.15	15.15	15.13	15.15	15.10	15.50	15.25	2110.00	45.00	26.98
E-04	15.20	15.20	15.15	15.18	15.10	15.20	15.25	15.18	2120.00	45.00	27.26

3.5.2.17. Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico a través, del concreto

Tabla 47

Velocidad de pulso ultrasónico a en el concreto convencional

DÍA 01 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.20	15.21	15.21	30.30	30.35	30.33	12.610	96.20	2290.085	3152.287
E-02	15.10	15.00	15.05	30.10	30.15	30.13	12.475	109.50	2327.827	2751.142
E-03	14.95	15.00	14.98	30.10	30.10	30.10	12.570	117.90	2371.075	2553.011
E-04	14.95	15.10	15.03	30.15	30.18	30.17	12.450	95.65	2327.808	3153.685

DÍA 03 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.20	15.21	15.21	30.30	30.35	30.33	12.615	93.20	2290.993	3253.755
E-02	15.10	15.12	15.11	30.20	30.15	30.18	12.375	79.40	2287.068	3800.378
E-03	15.11	15.15	15.13	30.15	30.15	30.15	12.275	92.20	2264.469	3270.065
E-04	15.12	15.18	15.15	30.10	30.10	30.10	11.950	93.10	2202.350	3233.083

DÍA 05 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
--------	----------	--	--	--------	--	--	---------------------	--------	------------------------	---------



	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.12	15.24	15.18	30.15	30.20	30.18	11.930	79.30	2184.539	3805.170
E-02	15.00	15.12	15.06	30.25	30.20	30.23	12.275	77.20	2279.898	3915.155
E-03	15.35	15.24	15.30	30.30	30.35	30.33	12.615	82.90	2264.110	3658.022
E-04	14.98	15.05	15.02	30.25	30.30	30.28	12.410	82.70	2314.979	3660.822

DÍA 07 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.10	15.00	15.05	30.30	30.20	30.25	12.160	79.00	2259.672	3829.114
E-02	15.05	15.01	15.03	30.50	30.55	30.53	12.835	78.60	2369.913	3883.588
E-03	15.16	15.20	15.18	30.30	30.35	30.33	12.245	81.00	2231.128	3743.827
E-04	15.01	14.90	14.96	30.10	30.10	30.10	12.705	73.90	2402.954	4073.072

DÍA 14 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.21	15.12	15.17	30.15	30.25	30.20	12.365	72.10	2266.796	4188.627
E-02	15.25	15.23	15.24	30.60	30.50	30.55	12.735	81.10	2285.219	3766.954
E-03	15.31	15.15	15.23	30.40	30.60	30.50	12.120	71.90	2181.288	4242.003
E-04	15.22	15.09	15.16	30.30	30.50	30.40	12.375	75.10	2256.679	4047.936

DÍA 21 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.30	15.35	15.33	30.30	30.30	30.30	12.280	70.20	2197.176	4316.239
E-02	15.16	15.25	15.21	29.95	30.10	30.03	12.780	66.60	2344.148	4508.258
E-03	15.35	14.90	15.13	29.90	29.95	29.93	12.270	68.40	2282.074	4375.000
E-04	15.25	15.20	15.23	29.90	29.95	29.93	12.510	66.70	2296.247	4486.507

DÍA 28 - CONCRETO CONVENCIONAL

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.35	15.00	15.18	29.90	30.10	30.00	11.920	65.30	2196.887	4594.181
E-02	15.00	15.00	15.00	30.10	30.20	30.15	11.965	66.70	2245.706	4520.240
E-03	14.80	14.50	14.65	29.90	30.00	29.95	11.885	67.80	2354.167	4417.404
E-04	15.40	15.10	15.25	30.20	29.90	30.05	12.505	68.30	2278.293	4399.707

Tabla 48

Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto autocompactante

DÍA 01 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE										
ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				



	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.10	15.05	15.08	30.10	30.15	30.13	12.210	104.90	2270.827	2871.783
E-02	15.22	15.15	15.19	30.15	30.00	30.08	12.150	99.50	2230.751	3022.613
E-03	15.05	15.10	15.08	30.05	30.00	30.03	12.365	99.90	2307.313	3005.506
E-04	15.12	15.10	15.11	30.15	30.20	30.18	12.310	98.50	2275.055	3063.452

DIA 03 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			mE (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.12	15.24	15.18	30.60	30.50	30.55	12.265	84.70	2218.313	3606.848
E-02	15.16	15.18	15.17	30.20	30.15	30.18	12.275	80.10	2250.677	3767.166
E-03	15.05	15.12	15.09	30.15	30.10	30.13	11.910	77.50	2212.097	3887.097
E-04	15.00	15.05	15.03	30.25	30.10	30.18	12.170	87.20	2274.702	3460.436

DIA 05 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			mE (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.00	15.30	15.15	30.20	30.10	30.15	12.105	75.90	2227.216	3972.332
E-02	15.21	15.21	15.21	30.15	30.20	30.18	12.305	74.00	2244.326	4077.703
E-03	15.21	15.28	15.25	30.30	30.45	30.38	12.325	73.30	2222.931	4143.929
E-04	15.11	15.15	15.13	30.30	30.45	30.38	12.580	73.60	2303.545	4127.038

DIA 07 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			mE (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	14.80	15.20	15.00	30.30	30.40	30.35	12.095	71.30	2255.147	4256.662
E-02	14.85	14.92	14.89	30.30	30.20	30.25	12.415	74.10	2358.489	4082.321
E-03	14.95	14.98	14.97	30.20	30.25	30.23	12.435	72.80	2339.032	4151.786
E-04	14.96	14.95	14.96	29.90	29.95	29.93	12.310	71.30	2341.861	4197.055

DIA 14 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			mE (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	14.95	15.05	15.00	30.15	30.20	30.18	11.880	72.20	2227.905	4179.363
E-02	14.85	15.15	15.00	30.20	30.25	30.23	11.245	70.70	2105.333	4275.106
E-03	15.22	14.98	15.10	30.35	30.45	30.40	12.525	68.50	2300.702	4437.956
E-04	14.96	15.18	15.07	30.25	30.20	30.23	12.705	77.70	2356.633	3889.961

DIA 21 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			mE (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.12	15.10	15.11	30.35	30.40	30.38	12.650	69.10	2322.498	4395.803
E-02	15.05	14.98	15.02	30.10	30.35	30.23	12.305	67.20	2299.189	4497.768



E-03	15.30	15.22	15.26	30.50	30.40	30.45	12.675	68.00	2275.945	4477.941
E-04	15.10	15.15	15.13	30.20	30.25	30.23	12.325	68.70	2269.551	4399.563

DÍA 28 - CONCRETO AUTOCOMPACTANTE										
ESPCMN	DIÁMETRO			ALTURA			m _E (kg)	t (μs)	ρ (kg/m ³)	V (m/s)
	D1 (cm)	D1 (cm)	D (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
E-01	15.15	15.20	15.18	30.15	30.10	30.13	12.590	65.00	2310.742	4634.615
E-02	15.25	15.05	15.15	30.30	30.20	30.25	12.105	67.00	2219.853	4514.925
E-03	15.20	14.90	15.05	30.00	30.10	30.05	11.640	64.50	2177.437	4658.915
E-04	15.20	15.25	15.23	30.00	30.20	30.10	12.225	65.30	2230.889	4609.495

3.5.2.18. Ensayo de madurez

Para el ensayo de madurez se tienen el historial de temperaturas registrados por los madurímetros en el concreto autocompactante y en el concreto convencional desde su colocación hasta los 28 días de edad.

3.5.3. Diseños

3.5.3.1. Diseño de mezcla del concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (ACI 211.1)

Teniendo la información de los ensayos necesarios para el diseño de mezcla se obtuvieron valores para la elaboración del concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ según el comité ACI 211.1.

3.5.3.1.1. Materiales y sollicitación

- Agregado fino: cantera Vicho en 40% y cantera Cunyac en 60%
- Agregado grueso: cantera Huambutío
- Cemento: Portland tipo IP, peso efectivo 2.8 g/cm^3
- Agua: potable 1 g/cm^3
- Resistencia a la compresión: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, slump 3"-4"

3.5.3.1.2. Datos de los agregados

La información requerida de las propiedades de los agregados se resume en la tabla siguiente:



Tabla 49

Valores de las propiedades de los agregados (CC)

ENSAYOS	AGREGADO FINO Vicho 40% y Cunyac 60%	AGREGADO GRUESO Huambutío
Contenido de humedad (%)	3.56	0.83
Porcentaje de Absorción (%)	2.08	1.53
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.54	2.59
Módulo de Fineza	2.60	- -
Tamaño Máximo Nominal	- -	1/2"
Peso Volumétrico Seco Suelto (gr/cm ³)	1.565	1.443
Peso volumétrico Seco Varillado (gr/cm ³)	1.653	1.596

3.5.3.1.3. Cálculo de la resistencia promedio

Se utiliza la siguiente tabla de resistencias a compresión promedio requerida.

Tabla 50

Valores de resistencia promedio requerida

f 'c especificado	F 'cr (kg/cm ²)
< 210	f 'c + 70
210 a 350	f 'c + 84
> 350	f 'c + 98

$$\therefore f 'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

3.5.3.1.4. Determinación del tamaño máximo nominal

$$\text{TMN} = \frac{1}{2}''$$

3.5.3.1.5. Determinación de asentamiento o Slump

Tabla 51

Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras

Tipo de estructura	Slump máximo	Slump mínimo
Zapatasy muros de cimentación	3''	1''
Cimentaciones simples y calzaduras	3''	1''
Vigas y muros armados	4''	1''
Columnas	4''	2''
Muros y pavimentos	3''	1''
Concreto ciclópeo	2''	1''

$$\therefore \text{Slump} = 3'' - 4''$$



3.5.3.1.6. Selección de relación agua cemento (A/C)

El valor de A/C se determina por interpolación

Tabla 52

Relación de agua / cemento por resistencias

f'c kg/cm ²	Relación A/C en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

$$\therefore A/C = 0.558$$

3.5.3.1.7. Determinación del volumen unitario de agua

Tabla 53

Volumen de agua por m³

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TNM agregados y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

$$\therefore V_{AGUA} = 216 \text{ L/m}^3$$

3.5.3.1.8. Selección de la cantidad de aire atrapado

Tabla 54

Contenido de aire atrapado

TMN del agregado grueso	Aire atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5



1 ½"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

$$\therefore \text{AIRE}_{\text{ATRAPADO}} = 2.5 \%$$

3.5.3.1.9. Determinación de contenido de cemento

$$\frac{A}{C_{\text{CEMENTO}}} = 0.558$$

$$\therefore C_{\text{CEMENTO}} = 386.819 \text{ kg}$$

$$\therefore C_{\text{CEMENTO}} = 9.102 \text{ bls/m}^3$$

3.5.3.1.10. Determinación del peso del agregado grueso

El peso del agregado grueso de determinar interpolando valores de la tabla siguiente:

Tabla 55

Agregado grueso por unidad de volumen

TNM del agregado grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
½"	0.59	0.57	0.55	0.53
¾"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

$$\frac{P_{AG}}{PUSV_{AG}} = \frac{(0.59 - 0.57) * (2.40 - 2.52)}{(2.40 - 2.60)} - 0.59$$

$$P_{AG} = 0.578 * 1.596 * 1000$$

$$\therefore PS_{AG} = 909.72 \text{ kg}$$

3.5.3.1.11. Estimación y contenido del agregado fino

$$V_{\text{AGUA}} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$PE_{\text{CEMENTO}} = 2800 \text{ kg/m}^3$$

$$\therefore V_{\text{CEMENTO}} = 0.138 \text{ m}^3$$



$$PE_{AG} = 2590 \text{ kg/m}^3$$

$$\therefore VE_{AG} = 0.351 \text{ m}^3$$

$$V_{AIRE} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\Sigma V = 0.730 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} = 1 - \Sigma V$$

$$V_{AF} = 0.270 \text{ m}^3$$

$$PE_{AF} = 2540 \text{ kg/m}^3$$

$$\therefore P_{AF} = 685.80 \text{ kg}$$

3.5.3.1.12. *Materiales por m³*

$$AGUA = 216.000 \text{ kg}$$

$$CEMENTO = 386.819 \text{ kg}$$

$$AG = 909.720 \text{ kg}$$

$$AF = 685.800 \text{ kg}$$

Tabla 56

Dosificación en estado seco del concreto convencional

Dosificación de la mezcla en peso en estado seco		
Materiales	Peso (kg)	Volumen (m3)
Agua	216.000	0.216
Cemento	386.819	0.138
Agregado Grueso	909.720	0.351
Agregado Fino	685.800	0.270
Aire	0.001	0.025
Total	2198.341	1.000

3.5.3.1.13. *Ajustes por humedad de agregados*

$$A_{AG} = 909.720 * \left(1 + \frac{0.83}{100}\right)$$

$$\therefore A_{AG} = 917.17 \text{ kg}$$

$$A_{AF} = 685.800 * \left(1 + \frac{3.56}{100}\right)$$

$$\therefore A_{AF} = 710.21 \text{ kg}$$



Agua disminuida

$$\therefore AD_{AG} = - 6.37 \text{ L}$$

$$\therefore AD_{AF} = 10.15 \text{ L}$$

$$\Sigma_{AD} = 3.78 \text{ L}$$

Resumen de materiales

$$AGUA = 212.22 \text{ kg}$$

$$CEMENTO = 386.819 \text{ kg}$$

$$AG = 917.27 \text{ kg}$$

$$AF = 710.21 \text{ kg}$$

3.5.3.1.14. Dosificación en peso

$$AGUA = 23.32 \text{ L/bls}$$

$$CEMENTO = 1.00 \text{ kg}$$

$$AG = 2.37 \text{ kg}$$

$$AF = 1.84 \text{ kg}$$

Tabla 57

Dosificación en peso del concreto convencional

Dosificación de la Mezcla en Peso Corregido				
Materiales	Peso (kg)	Proporcionamiento		
		Peso (kg)	x1 Bolsa	
Agua	212.218	0.549	23.316	kg
Cemento	386.819	1.000	42.500	kg
Agregado Grueso	917.271	2.371	100.781	kg
Agregado Fino	710.214	1.836	78.032	kg
Total	2226.523			

3.5.3.1.15. Dosificación de peso a volumen

Agregado grueso

$$PB_{AG} = 2.37 * 42.5$$

$$\therefore PB_{AG} = 100.781$$

$$PVSH_{AG} = 1.443 * 1000 * \left(1 + \frac{0.83}{100}\right)$$

$$\therefore PVSH_{AG} = 1454.977 \text{ kg/cm}^3$$



$$V_{AG} = \frac{100.781}{1454.977}$$

$$\therefore V_{AG} = 0.069 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{AG} = 2.446 \text{ pie}^3$$

Agregado fino

$$PB_{AF} = 1.84 * 42.5$$

$$\therefore PB_{AF} = 78.032$$

$$PVSH_{AF} = 1.565 * 1000 * \left(1 + \frac{3.56}{100}\right)$$

$$\therefore PVSH_{AF} = 1620.714 \text{ kg/cm}^3$$

$$V_{AF} = \frac{78.032}{1620.714}$$

$$\therefore V_{AF} = 0.048 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{AF} = 1.700 \text{ pie}^3$$

3.5.3.1.16. Dosificación en volumen

AGUA = 23.32 L/bls

CEMENTO = 1 pie³

AG = 2.446 pie³

AF = 1.700 pie³

Tabla 58

Dosificación en volumen del concreto convencional

Dosificación de la mezcla en volumen			
Materiales	Peso (kg)	Volumen	
Agua	0.549	23.316	L
Cemento	1.000	1.000	pie ³
Agregado Grueso	2.371	2.446	pie ³
Agregado Fino	1.836	1.700	pie ³

3.5.3.2. Diseño de mezcla del concreto autocompactante (ACI 237R-07)

El diseño de mezcla para el concreto autocompactante está orientado por el comité ACI 237R-07 (SELF - CONSOLIDATING CONCRETE) reaprovaado el 2019.

3.5.3.2.1. Materiales

- Agregado fino: cantera Vicho en 40% y cantera Cunyac en 60%



- Agregado grueso: cantera Huambutío
- Cemento: Portland tipo IP, peso efectivo 2.8 g/cm³
- Agua: potable 1g/cm³
- Concreto: Autocompactante

3.5.3.2.2. Datos de agregados

La información requerida para la elaboración del concreto autocompactante sobre las propiedades de los agregados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 59

Valores de las propiedades de los agregados (CAC)

ENSAYOS	AGREGADO FINO Vicho 40% y Cunyac 60%	AGREGADO GRUESO Huambutío
Contenido de humedad (%)	3.56	0.83
Porcentaje de Absorción (%)	2.08	1.53
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.54	2.59
Módulo de Fineza	2.60	--
Tamaño Máximo Nominal	--	1/2"
Peso Volumétrico Seco Suelto (gr/cm ³)	1.565	1.443
Peso volumétrico Seco Varillado (gr/cm ³)	1.653	1.596

3.5.3.2.3. Dosificaciones (ACI 237R-07)

Tabla 60

Muestras de diseño de mezcla

CARACTERÍSTICA	MUESTRAS DE DISEÑO DE MEZCLA	
	01	02
TMN	½"	½"
ADITIVO (% DEL CEMENTO)	0.7	0.95
AGREGADO GRUESO	41.33 %	40.1 %
CEMENTO	386.82 kg/m ³	309.46 kg/m ³
FLUJO DE ASENTAMIENTO	49.9 cm	60.2 cm
T50	4.36 seg	3.26 seg
VSI	1	0
SEGREGACIÓN	SI	NO
SANGRADO	NO	NO

Se determinó al más óptimo que cumplía con las propiedades en estado fresco del ACI 237R-07, de las cuales no debe presentar segregación ni sangrado como se ven en los resultados de la tabla anterior.



3.5.3.2.4. Flujo de asentamiento

Tabla 61

Objetivos de Slump Flow (Daczko and Constantiner 2001)

Características de Elementos Estructurales		Slump Flow		
		<500 mm	550 a 650 mm	>650 mm
Nivel de Refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Nota: Adaptado de ACI 237R-07

Asentamiento elegido (Slump Flow): 550 a 650 mm

3.5.3.2.5. Cálculo de pasta y mortero

$$pasta = aditivo + cemento + agua$$

$$pasta = 3.675 + 386.819 + 216.00$$

$$\therefore pasta = 606.494 \text{ kg}$$

$$mortero = Pasta + agregado fino$$

$$mortero = 606.494 + 685.80$$

$$\therefore mortero = 1292.294 \text{ kg}$$

3.5.3.2.6. Selección de agregado grueso y relación agua/cemento (237R-07)

Requisitos de desempeño y dosificación de concreto (ACI 211.1)

$$\therefore AG = 909.720 \text{ kg}$$

$$\therefore A/C = 0.5584$$

3.5.3.2.7. Selección de aditivo y cálculo materiales por m^3

Tabla 62

Propiedades de aditivos

ITEM	ASTM C 494	
	TIPO	PROPIEDADES
01	A	Aditivos reductores de agua
02	B	Aditivos retardantes
03	C	Aditivos acelerantes
04	D	Aditivos reductores y retardantes de agua
05	E	Aditivos reductores y acelerantes de agua
06	F	Aditivos reductores de agua, de alto rango
07	G	Aditivos reductores de agua, de alto rango y retardantes

Nota: Tomado de ASTM C 494

Tabla 63

Extracto de ficha técnica de aditivo

	
Descripción Sikament® - 290 N Es un aditivo polifuncional (plastificante o superplastificante) e impermeabilizante. Sikament®-290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.	
Usos <ul style="list-style-type: none">• Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.• Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.	Certificados y normas Como superplastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo G. Dosificación recomendada Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento. Como superplastificante: del 0,7 % - 1,2 % del peso del cemento.
Características y ventajas <ul style="list-style-type: none">• Aumento de las resistencias mecánicas.• Terminación superficial de alta calidad.• Mayor adherencia a las armaduras.• Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.• Permite reducir hasta el 20% del agua de la mezcla.• Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.• Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.• Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.• Reductor de agua.	INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN Como Plastificante impermeabilizante Debe incorporarse junto con el agua de amasado. Como Superplastificante impermeabilizante Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m^3 de carga de la amasadora o camión concretero.

Nota: Adaptado de Sika



$$\therefore \%_{ADITIVO} = 0.95\%$$

Reducción de agua en 20%

$$V_{AGUA} = V_{OAGUA} * 0.8$$

$$\therefore V_{AGUA} = 172.80 \text{ kg}$$

$$C_{CEMENTO} = \frac{V_{AGUA}}{\frac{A}{C}} = \frac{172.80}{0.5584}$$

$$\therefore C_{CEMENTO} = 309.456 \text{ kg}$$

$$ADITIVO = C_{CEMENTO} * \frac{0.95}{100} = 309.456 * 0.0095$$

$$\therefore ADITIVO = 2.940 \text{ kg}$$

3.5.3.2.8. Estimación y contenido del agregado fino

$$V_{AGUA} = \frac{172.80}{1000}$$

$$\therefore V_{AGUA} = 0.1728 \text{ m}^3$$

$$PE_{CEMENTO} = 2800 \text{ kg/m}^3$$

$$VE_{CEMENTO} = \frac{309.456}{2800}$$

$$\therefore VE_{CEMENTO} = 0.1105 \text{ m}^3$$

$$PE_{AG} = 2590 \text{ kg/m}^3$$

$$VE_{AG} = \frac{909.720}{2590}$$

$$VE_{AG} = 0.3512 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{AIRE} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$V_{ADITIVO} = \frac{2.940}{\rho * 1000} = \frac{2.940}{1.2 * 1000}$$

$$V_{ADITIVO} = 0.002 \text{ m}^3$$

$$\therefore \Sigma V = 0.0662 \text{ m}^3$$

$$V_{AF} = 1 - \Sigma V$$

$$V_{AF} = 0.0338 \text{ m}^3$$

$$PE_{AF} = 2540 \text{ kg/m}^3$$

$$\therefore P_{AF} = 858.52 \text{ kg}$$



3.5.3.2.9. Resumen de materiales por m³

$$\therefore V_{AGUA} = 172.80 \text{ kg}$$

$$\therefore C_{CEMENTO} = 309.456 \text{ kg}$$

$$\therefore AG = 909.720 \text{ kg}$$

$$\therefore AF = 858.52 \text{ kg}$$

$$\therefore ADITIVO = 2.940 \text{ kg}$$

Tabla 64

Dosificación en estado seco del concreto autocompactante

Dosificación de la mezcla en peso en estado seco		
Materiales	Peso (kg)	Volumen (m3)
Agua	172.800	0.173
Cemento	309.456	0.111
Agregado Grueso	909.720	0.351
Agregado Fino	858.520	0.338
Aditivo	2.940	0.002
Aire	0.001	0.025
Total	2253.437	1.000

3.5.3.2.10. Ajustes por humedad

$$A_{AG} = 909.720 * \left(1 + \frac{0.83}{100}\right)$$

$$\therefore A_{AG} = 917.27 \text{ kg}$$

$$A_{AF} = 858.52 * \left(1 + \frac{3.56}{100}\right)$$

$$\therefore A_{AF} = 889.08 \text{ kg}$$

Agua disminuida

$$\therefore AD_{AG} = - 6.37 \text{ L}$$

$$\therefore AD_{AF} = 12.71 \text{ L}$$

$$\Sigma_{AD} = 6.34 \text{ L}$$

Resumen de materiales

$$AGUA = 166.46 \text{ kg}$$

$$CEMENTO = 309.456 \text{ kg}$$



$$AG = 917.27 \text{ kg}$$

$$AF = 889.083 \text{ kg}$$

$$ADITIVO = 2.940 \text{ kg}$$

3.5.3.2.11. Dosificación en peso

$$AGUA = 22.86 \text{ L/bls}$$

$$CEMENTO = 1.00 \text{ kg}$$

$$AG = 2.96 \text{ kg}$$

$$AF = 2.87 \text{ kg}$$

$$ADITIVO = 0.0095 \text{ kg}$$

Tabla 65

Dosificación en peso del concreto autocompactante

Dosificación de la mezcla en peso corregido				
Materiales	Peso (kg)	Proporcionamiento		
		Peso (kg)	x1 Bolsa	
Agua	166.462	0.538	22.862	kg
Cemento	309.456	1.000	42.500	kg
Agregado Grueso	917.271	2.964	125.976	kg
Agregado Fino	889.083	2.873	122.105	kg
Aditivo	2.940	0.010	0.404	kg
Total	2285.211			

3.5.3.2.12. Dosificación de peso a volumen

Agregado grueso

$$PB_{AG} = 2.96 * 42.5$$

$$\therefore PB_{AG} = 125.976$$

$$PVSH_{AG} = 1.443 * 1000 * \left(1 + \frac{0.83}{100}\right)$$

$$\therefore PVSH_{AG} = 1454.977 \text{ kg/cm}^3$$

$$V_{AG} = \frac{125.976}{1454.977}$$

$$\therefore V_{AG} = 0.087 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{AG} = 3.057 \text{ pie}^3$$



Agregado fino

$$PB_{AF} = 2.87 * 42.5$$

$$\therefore PB_{AF} = 122.105$$

$$PVSH_{AF} = 1.565 * 1000 * \left(1 + \frac{3.56}{100}\right)$$

$$\therefore PVSH_{AF} = 1620.714 \text{ kg/cm}^3$$

$$V_{AF} = \frac{122.105}{1620.714}$$

$$\therefore V_{AF} = 0.075 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{AF} = 2.660 \text{ pie}^3$$

3.5.3.2.13. Dosificación en volumen

AGUA = 22.86 L/bls

CEMENTO = 1 pie³

AG = 3.057 pie³

AF = 2.660 pie³

ADITIVO = 0.336 L/bls

Tabla 66

Dosificación en volumen del concreto autocompactante

Dosificación de la mezcla en volumen			
Materiales	Peso (kg)	Volumen	
Agua	0.538	22.862	L
Cemento	1.000	1.000	pie ³
Agregado Grueso	2.964	3.057	pie ³
Agregado Fino	2.873	2.660	pie ³
Aditivo	0.010	0.336	L

3.5.4. Análisis de costos por metro cúbico de concreto

Para determinar el análisis de costos de insumos utilizados en la fabricación de un metro cubico (m³) de concreto convencional y autocompactante, nos basamos en las dosificaciones y le añadimos el 5% de desperdicio.



Figura 101

Análisis de costos de insumos por tipo de concreto

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	 Escuela profesional de Ingeniería Civil
ANALISIS DE COSTOS		
NOMBRE DE LA TESIS	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD	
LUGAR	CUSCO	FECHA 15 / 12 / 2023
TESISTAS	DIEGO RAUL DURAND CHAIÑA ELMO LOPEZ HUAMANI	

INSUMOS POR TIPO DE CONCRETO

TIPO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/)	SUBTOTAL	TOTAL
CONCRETO CONVENCIONAL $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	AGUA	M3	0.227	S/ 3.00	S/ 0.68	S/ 306.36
	CEMENTO TIPO IP	BLS	9.557	S/ 27.00	S/ 258.03	
	AGREGADO GRUESO - HUAMBUÍO	M3	0.369	S/ 60.00	S/ 22.13	
	AGREGADO FINO - VICHO	M3	0.113	S/ 60.00	S/ 6.80	
	AGREGADO FINO - CUNYAC	M3	0.170	S/ 110.00	S/ 18.71	
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	AGUA	M3	0.181	S/ 3.00	S/ 0.54	S/ 293.57
	CEMENTO TIPO IP	BLS	7.645	S/ 27.00	S/ 206.43	
	AGREGADO GRUESO - HUAMBUÍO	M3	0.369	S/ 60.00	S/ 22.13	
	AGREGADO FINO - VICHO	M3	0.142	S/ 60.00	S/ 8.52	
	AGREGADO FINO - CUNYAC	M3	0.213	S/ 110.00	S/ 23.42	
	ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE - SIKAMENT 290N	GAL	0.681	S/ 47.80	S/ 32.53	

El uso de los precios usados en los insumos se basó en las fechas de desarrollo de la investigación.

En resumen, se tienen los precios de insumos por metro cubico por tipo de concreto:

- Concreto convencional: S/ 306.36
- Concreto autocompactante: S/ 293.57

3.5.5. Análisis de costo por partida

Para el cálculo de costos para fabricación por metro cubico de concreto (m^3) según cada tipo y sus particularidades. Se determino la cantidad necesaria de cada recurso para su adecuada fabricación. Se basaron los rendimientos, precios de mano de obra y herramientas; de proyectos ejecutados por la Municipalidad del Cusco y proyectos locales, para poder determinar el análisis de costos unitarios de cada uno.



Figura 102

Análisis de costos unitarios por metro cubico de concreto convencional

CONCRETO CONVENCIONAL $f_c=210$ kg/cm ²						
Rendimiento: 12.0000 M3/DIA	Unidad: M3			Costo Unitario: S/		448.36
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	2.0000	1.3333 S/	20.10 S/		26.80
OFICIAL	HH	1.0000	0.6667 S/	18.83 S/		12.55
PEON	HH	8.0000	5.3333 S/	16.50 S/		88.00
				Mano de obra:	S/	127.35
AGUA	M3		0.2268 S/	3.00 S/		0.68
CEMENTO TIPO IP	BLS		9.5567 S/	27.00 S/		258.03
AGREGADO GRUESO - HUAMBUTÍO	M3		0.3688 S/	60.00 S/		22.13
AGREGADO FINO - VICHO	M3		0.1134 S/	60.00 S/		6.80
AGREGADO FINO - CUNYAC	M3		0.1701 S/	110.00 S/		18.71
				Materiales:	S/	306.35
MEZCLADORA DE CONCRETO 9P3	HM	1.0000	0.6667 S/	10.00 S/		6.67
VIBRADOR DE CONCRETO	HM	1.0000	0.6667 S/	6.25 S/		4.17
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000 S/	127.35 S/		3.82
				Equipo:	S/	14.66

Figura 103

Análisis de costos unitarios por metro cubico de concreto autocompactante

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE $f_c=210$ kg/cm ²						
Rendimiento: 12.0000 M3/DIA	Unidad: M3			Costo Unitario: S/		417.61
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	1.0000	0.6667 S/	20.10 S/		13.40
OFICIAL	HH	1.0000	0.6667 S/	18.83 S/		12.55
PEON	HH	8.0000	5.3333 S/	16.50 S/		88.00
				Mano de obra:	S/	113.95
AGUA	M3		0.1814 S/	3.00 S/		0.54
CEMENTO TIPO IP	BLS		7.6454 S/	27.00 S/		206.43
AGREGADO GRUESO - HUAMBUTÍO	M3		0.3688 S/	60.00 S/		22.13
AGREGADO FINO - VICHO	M3		0.1420 S/	60.00 S/		8.52
AGREGADO FINO - CUNYAC	M3		0.2129 S/	110.00 S/		23.42
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE - SIKAMENT 290N	GAL		0.6805 S/	47.80 S/		32.53
				Materiales:	S/	293.57
MEZCLADORA DE CONCRETO 9P3	HM	1.0000	0.6667 S/	10.00 S/		6.67
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000 S/	113.95 S/		3.42
				Equipo:	S/	10.09

En resumen, se tienen los precios unitarios por metro cubico por tipo de concreto:

- Concreto convencional: S/ 448.36
- Concreto autocompactante: S/ 417.61



4. Capítulo IV: Resultados

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos y procedimientos se muestran a continuación.

4.1. Resultados de los ensayos de agregados

4.1.1. Análisis granulométrico de agregado fino por canteras independientes

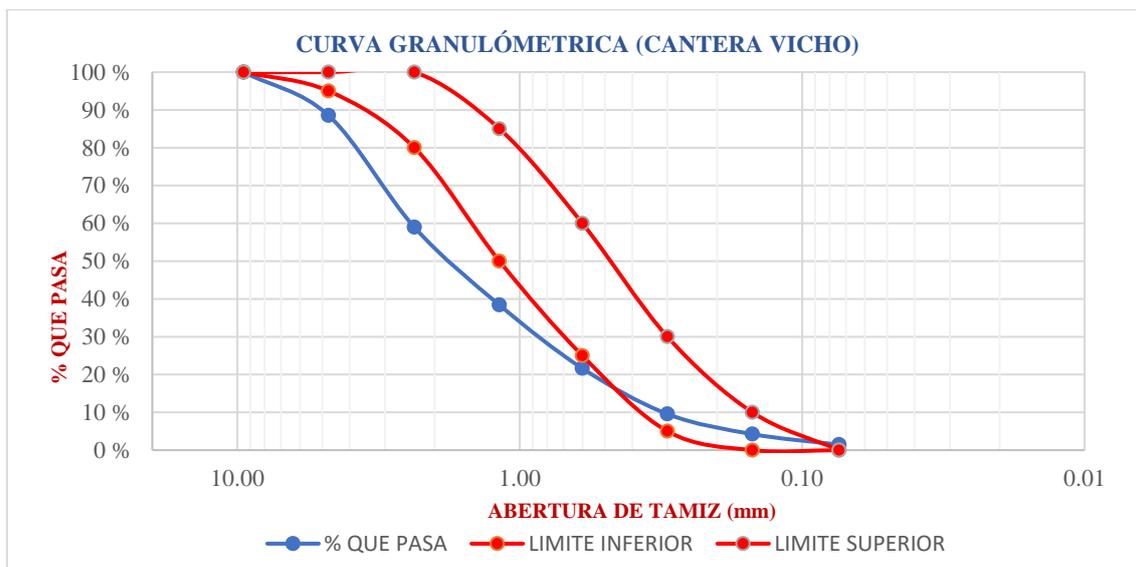
Tabla 67

Resultados del análisis granulométrico de la cantera Vicho

AGREGADO FINO							
CANTERA				VICHO			
PESO ORIGINAL (gr)				1243.00			
TAMIZADO (gr)				1243.00			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.50	0.00	-	-	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	142.70	11.48	11.48	95.00	88.52	100.00
N° 8	2.36	367.40	29.56	41.04	80.00	58.96	100.00
N° 16	1.18	255.60	20.56	61.60	50.00	38.40	85.00
N° 30	0.60	208.50	16.77	78.37	25.00	21.63	60.00
N° 50	0.30	149.90	12.06	90.43	5.00	9.57	30.00
N° 100	0.15	66.20	5.33	95.76	-	4.24	10.00
N° 200	0.074	34.60	2.78	98.54	-	1.46	-
FONDO		18.10	1.46	100.00			
SUMA TOTAL		1243.00	100.00	-			
MODULO DE FINEZA			3.79				

Figura 104

Curva granulométrica de la cantera Vicho





La curva granulométrica de acuerdo a los datos del tamizado del agregado fino de la Cantera Vicho se encuentra fuera de los límites permitidos, asimismo, el valor del módulo de fineza es 3.79 y es superior a 3.1 el cual nos indica que hay mayor presencia de material grueso.

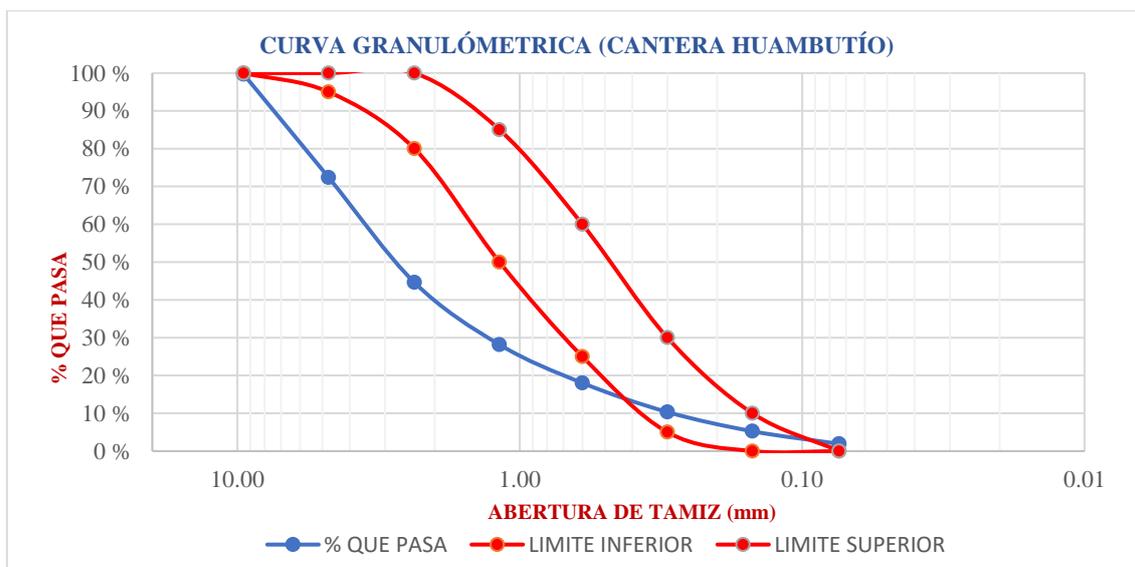
Tabla 68

Resultados del análisis granulométrico de la cantera Huambutío

AGREGADO				AGREGADO FINO			
CANTERA				HUAMPUTIO			
PESO ORIGINAL (gr)				1173.20			
TAMIZADO (gr)				1173.20			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.50	3.70	0.32	0.32	100.00	99.68	100.00
N° 4	4.75	320.40	27.31	27.63	95.00	72.37	100.00
N° 8	2.36	325.80	27.77	55.40	80.00	44.60	100.00
N° 16	1.18	192.90	16.44	71.84	50.00	28.16	85.00
N° 30	0.60	119.00	10.14	81.98	25.00	18.02	60.00
N° 50	0.30	90.20	7.69	89.67	5.00	10.33	30.00
N° 100	0.15	59.70	5.09	94.76	-	5.24	10.00
N° 200	0.074	39.10	3.33	98.09	-	1.91	-
FONDO		22.40	1.91	100.00			
SUMA TOTAL		1173.20	100.00	-			
MODULO DE FINEZA			4.21				

Figura 105

Curva granulométrica de la cantera Huambutío





La curva granulométrica de acuerdo a los datos del tamizado del agregado fino de la Cantera Huambutío se encuentra fuera de los límites permitidos, asimismo, el valor del módulo de fineza es 4.21 siendo superior a 3.1 el cual nos indica la presencia mayor de material grueso.

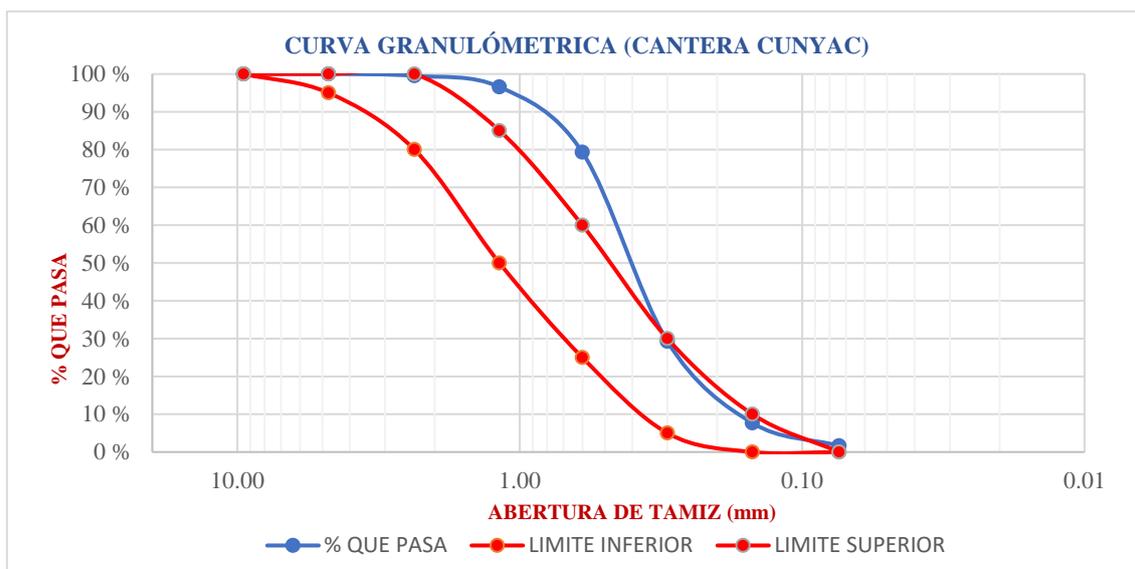
Tabla 69

Resultados del análisis granulométrico de la cantera Cunyac

AGREGADO				AGREGADO FINO			
CANTERA				CUNYAC			
PESO ORIGINAL (gr)				1090.40			
TAMIZADO (gr)				1090.40			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO (%)	LIMITE INFERIOR	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.50	0.00	-	-	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	0.00	-	-	95.00	100.00	100.00
N° 8	2.36	5.30	0.49	0.49	80.00	99.51	100.00
N° 16	1.18	32.00	2.93	3.42	50.00	96.58	85.00
N° 30	0.60	188.50	17.29	20.71	25.00	79.29	60.00
N° 50	0.30	545.50	50.03	70.74	5.00	29.26	30.00
N° 100	0.15	235.40	21.59	92.32	-	7.68	10.00
N° 200	0.074	65.70	6.03	98.35	-	1.65	-
FONDO		18.00	1.65	100.00			
SUMA TOTAL		1090.40	100.00	-			
MODULO DE FINEZA			1.88				

Figura 106

Curva granulométrica de la cantera Cunyac



La curva granulométrica de acuerdo a los datos del tamizado del agregado fino de la Cantera Cunyac también se encuentra fuera de los límites permitidos, asimismo, el valor del módulo de fineza es 1.88 siendo inferior a 2.3 el cual nos indica que hay mayor presencia de material fino.



4.1.2. Análisis granulométrico de agregado fino por combinación

Con los datos obtenidos del análisis granulométrico para el agregado fino de las canteras Vicho, Huambutío y Cunyac se procedió a realizar combinaciones con diferentes porcentajes en peso entre la cantera Vicho-Cunyac y Huambutío-Cunyac para los cuales se ajustaron como se indica en las siguientes tablas y gráficos.

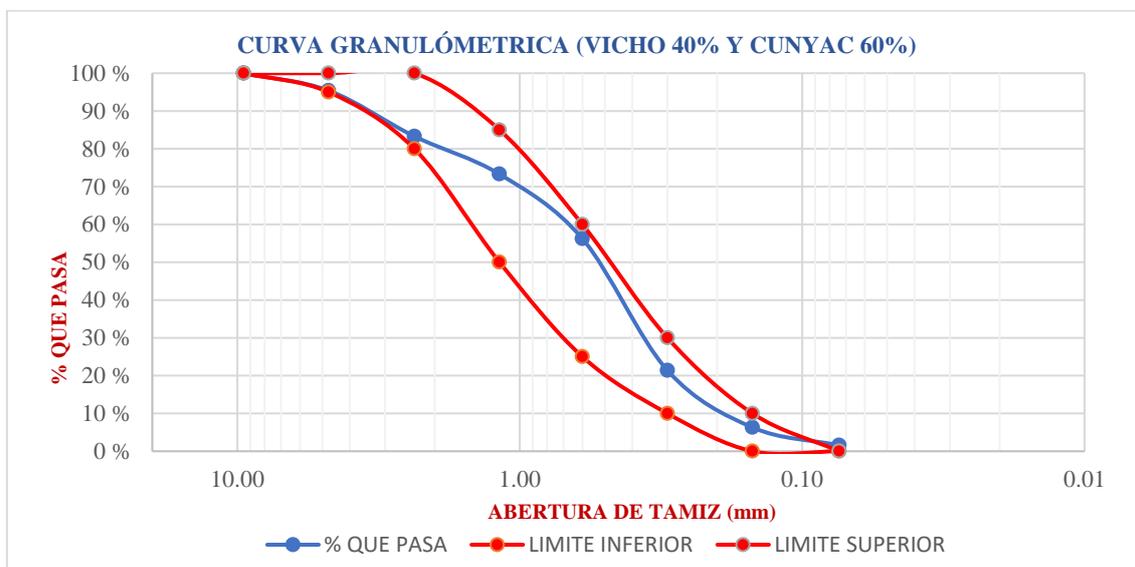
Tabla 70

Combinación de agregados de la cantera Vicho y Cunyac

AGREGADO		AGREGADO FINO							
CANTERA		VICHO				CUNYAC			
						40%			
						60%			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	VICHO		CUNYAC		NORMA ASTM C33-NTP 400.012			
		% RET. ACUM.	% QUE PASA	% RET. ACUM.	% QUE PASA	LIM. INF.	% QUE PASA	LIM. SUP.	% RET. ACUM.
3/8"	9.50	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
N° 4	4.75	11.48	88.52	0.00	100.00	95.00	95.41	100.00	4.59
N° 8	2.36	41.04	58.96	0.49	99.51	80.00	83.29	100.00	16.71
N° 16	1.18	61.60	38.40	3.42	96.58	50.00	73.31	85.00	26.69
N° 30	0.60	78.37	21.63	20.71	79.29	25.00	56.23	60.00	43.77
N° 50	0.30	90.43	9.57	70.74	29.26	10.00	21.38	30.00	78.62
N° 100	0.15	95.76	4.24	92.32	7.68	0.00	6.30	10.00	93.70
N° 200	0.074	98.54	1.46	98.35	1.65	0.00	1.57	0.00	98.43
MODULO DE FINEZA			2.64						

Figura 107

Curva granulométrica de combinación de las canteras Vicho y Cunyac





La curva granulométrica de acuerdo a los datos del tamizado del agregado fino de la combinación de la cantera Vicho y Cunyac con porcentajes de 40% y 60% respectivamente, se encuentra dentro de los límites permitidos, además, el módulo de fineza es 2.64 por lo tanto, existe una mejor gradación porque, se encuentra dentro del rango 2.3 y 3.1.

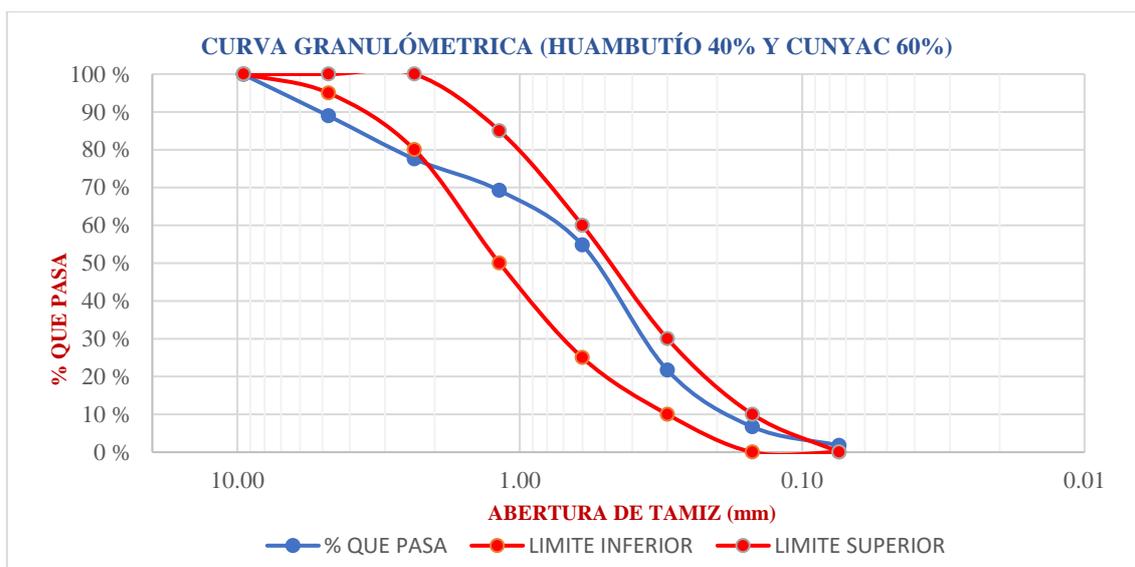
Tabla 71

Combinación de agregados de la cantera Huambutío y Cunyac

AGREGADO		AGREGADO FINO							
CANTERA		HUAMBU TIO				40%			
		CUNYAC				60%			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	HUAMBU TIO		CUNYAC		NORMA ASTM C33-NTP 400.012			
		% RET. ACUM.	% QUE PASA	% RET. ACUM.	% QUE PASA	LIM. INF.	% QUE PASA	LIM. SUP.	% RET. ACUM.
3/8"	9.50	0.32	99.68	0.00	100.00	100.00	99.87	100.00	0.13
N° 4	4.75	27.63	72.37	0.00	100.00	95.00	88.95	100.00	11.05
N° 8	2.36	55.40	44.60	0.49	99.51	80.00	77.55	100.00	22.45
N° 16	1.18	71.84	28.16	3.42	96.58	50.00	69.21	85.00	30.79
N° 30	0.60	81.98	18.02	20.71	79.29	25.00	54.78	60.00	45.22
N° 50	0.30	89.67	10.33	70.74	29.26	10.00	21.69	30.00	78.31
N° 100	0.15	94.76	5.24	92.32	7.68	0.00	6.70	10.00	93.30
N° 200	0.074	98.09	1.91	98.35	1.65	0.00	1.75	0.00	98.25
MODULO DE FINEZA			2.81						

Figura 108

Curva granulométrica de combinación de las canteras Huambutío y Cunyac





La curva granulométrica de acuerdo a los datos del tamizado del agregado fino de la combinación de la cantera Huambutío y Cunyac con porcentajes de 40% y 60% respectivamente, se observa una sección fuera de los límites permitidos, y el módulo de fineza 2.81 se encuentra dentro del rango 2.3 y 3.1 por lo tanto, de acuerdo a la curva la gradación es menos adecuada frente a la combinación anterior de la cantera Vicho y Cunyac.

4.1.3. Análisis de granulométrico de agregado fino resultante

El análisis granulométrico se realizará para el agregado fino de acuerdo a las combinaciones anteriores, por lo tanto, la combinación resultante es de las canteras Vicho y Cunyac con pesos en 40% y 60% respectivamente.

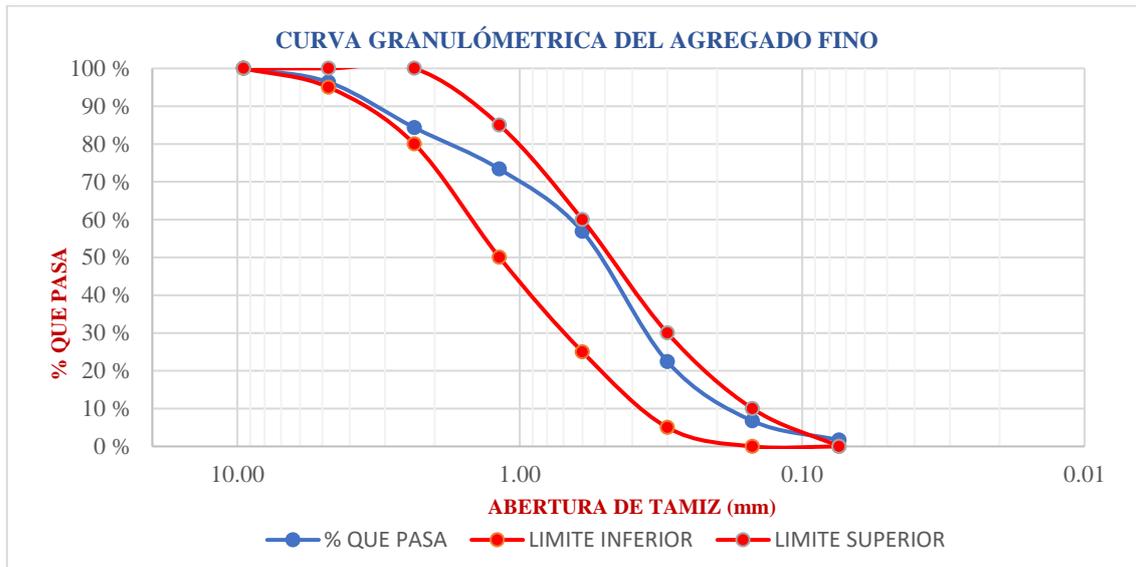
Tabla 72

Análisis granulométrico del agregado fino

AGREGADO		AGREGADO FINO			
CANTERA		VICHO 40% + CUNYAC 60%			
PESO ORIGINAL (gr)		1115.2			
TAMIZADO (gr)		1115.20			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RET. ACUM. (%)	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.00	-	-	100.00
Nº 4	4.75	40.70	3.65	3.65	96.35
Nº 8	2.36	134.20	12.03	15.68	84.32
Nº 16	1.18	122.10	10.95	26.63	73.37
Nº 30	0.60	184.00	16.50	43.13	56.87
Nº 50	0.30	384.30	34.46	77.59	22.41
Nº 100	0.15	174.60	15.66	93.25	6.75
Nº 200	0.074	56.70	5.08	98.33	1.67
FONDO		18.60	1.67	100.00	-
SUMA TOTAL		1115.20	100.00		
MODULO DE FINEZA		2.60			

Figura 109

Curva granulométrica del agregado fino



La curva granulométrica de acuerdo a los datos del tamizado del agregado fino de la combinación de la cantera Vicho y Cunyac con porcentajes de 40% y 60% respectivamente realizados en laboratorio, se encuentra dentro de los límites permitidos, además, el módulo de fineza es 2.60 encontrándose dentro del rango de 2.3 y 3.1, por lo tanto, existe una mejor gradación adecuada.

4.1.4. Análisis granulométrico del agregado grueso

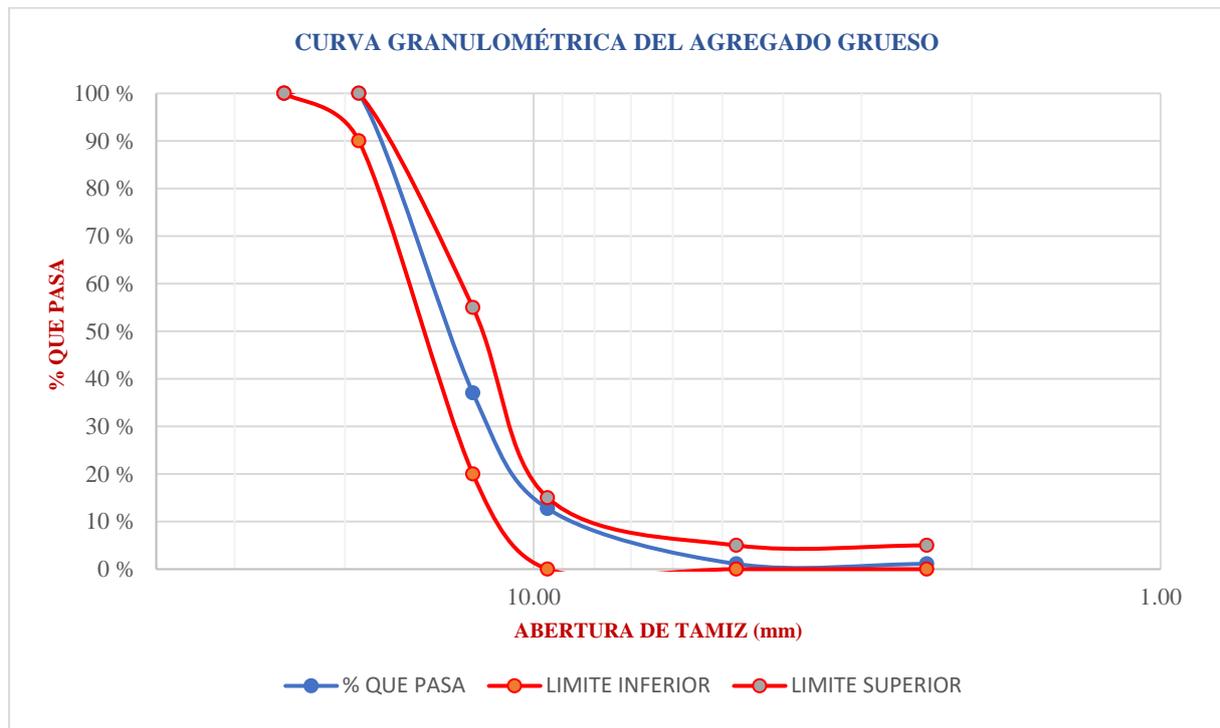
Tabla 73

Análisis granulométrico del agregado grueso

AGREGADO		AGREGADO GRUESO			
CANTERA		HUAMBUTIO			
TAMAÑO MAXIMO		1/2"			
PESO ORIGINAL (gr)		2500.9			
TAMIZADO (gr)		2500.90			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	% RETENIDO	RET. ACUM. (%)	% QUE PASA
3/4"	19.00	0.00	-	-	100.00
1/2"	12.50	1574.50	62.96	62.96	37.04
3/8"	9.50	608.20	24.32	87.28	12.72
N° 4	4.75	290.60	11.62	98.90	1.10
FONDO		27.60	1.10	100.00	-
SUMA TOTAL		2500.90	100.00		

Figura 110

Curva granulométrica del agregado grueso de la cantera Huambutío



De acuerdo a los datos y resultados del tamizado el tamaño máximo del agregado grueso es de $\frac{3}{4}$ " y el tamaño máximo nominal es de $\frac{1}{2}$ ", asimismo la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites permitidos de acuerdo al ASTM C – 33 – 03.

Tabla 74

Resumen de las propiedades de los agregados

ENSAYOS	AGREGADO FINO Vicho y Cunyac	AGREGADO GRUESO Huambutío
Contenido de humedad (%)	3.56	0.83
Porcentaje de Absorción (%)	2.08	1.53
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2.54	2.59
Módulo de Fineza	2.60	--
Tamaño Máximo Nominal	--	1/2"
Peso Volumétrico Seco Suelto (gr/cm ³)	1.565	1.443
Peso volumétrico Seco Varillado (gr/cm ³)	1.653	1.596

Los resultados de las propiedades del agregado grueso y agregado fino de la tabla anterior permiten realizar la dosificación del diseño de mezcla para el concreto autocompactante y para el concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



4.2. Resultados de dosificaciones

4.2.1. Dosificación de concreto convencional

Se realizó de acuerdo a la metodología ACI 318 – 99 Building Code Requirements for Structural Concret y ACI 211.1

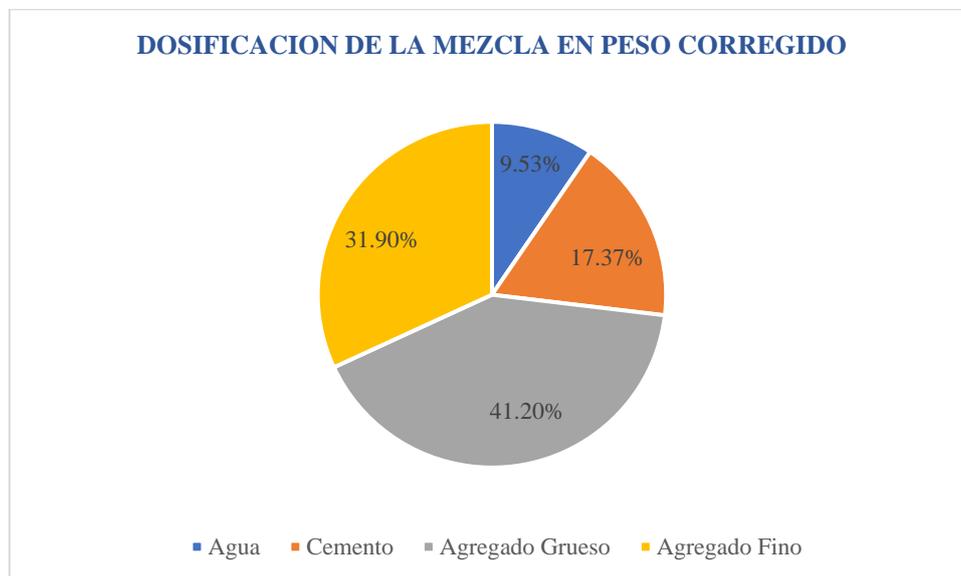
Tabla 75

Resumen de dosificación para el CC corregido

Dosificación de la Mezcla en Peso Corregido				
Materiales	Peso (kg)	Proporcionamiento		
		Peso (kg)	x1 Bolsa	
Agua	212.218	0.549	23.316	kg
Cemento	386.819	1.000	42.500	kg
Agregado Grueso	917.271	2.371	100.781	kg
Agregado Fino	710.214	1.836	78.032	kg
Total	2226.523			

Figura 111

Porcentajes - CC de acuerdo al peso de cemento



Los resultados de la tabla anterior corresponden a la dosificación en peso por kilogramos y en por bolsa de cemento para el concreto convencional, que se estimó de acuerdo a la metodología ACI 211.1



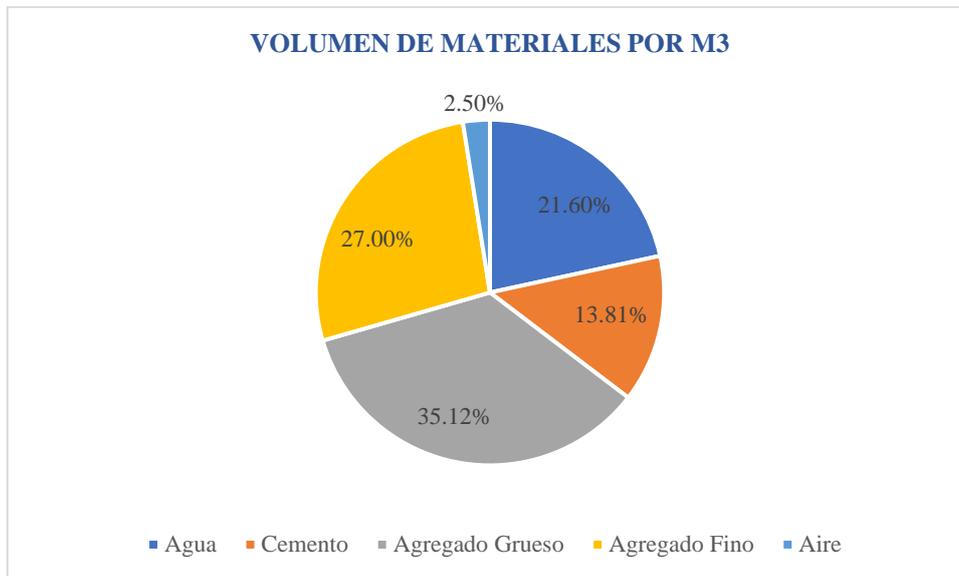
Tabla 76

Resumen de dosificación para el CC en volumen

Dosificación de la Mezcla en Volumen			
Materiales	Peso (kg)	Volumen	
Agua	0.549	23.316	lt
Cemento	1.000	1.000	pie3
Agregado Grueso	2.371	2.446	pie3
Agregado Fino	1.836	1.700	pie3

Figura 112

Porcentajes de acuerdo al volumen por m³ del CC



4.2.2. Resultado de la dosificación del concreto autocompactante

Se realizó de acuerdo a la metodología ACI 237R - 07 Self-Consolidating Concrete.

Tabla 77

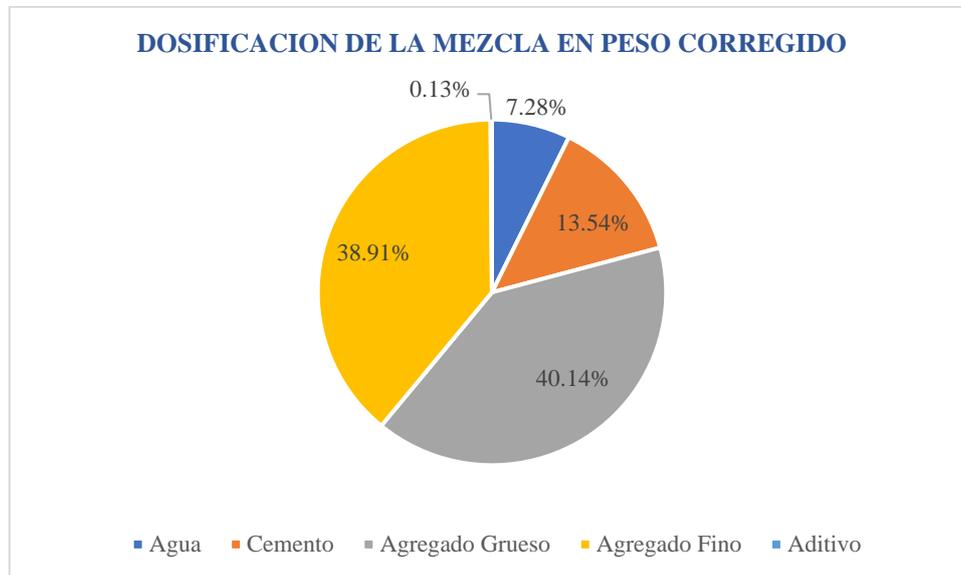
Resumen de dosificación para el CAC corregido

Dosificación de la Mezcla en Peso Corregido				
Materiales	Peso (kg)	Proporcionamiento		
		Peso (kg)	x1 Bolsa	
Agua	166.462	0.538	22.862	kg
Cemento	309.456	1.000	42.500	kg
Agregado Grueso	917.271	2.964	125.976	kg
Agregado Fino	889.083	2.873	122.105	kg
Aditivo	2.940	0.010	0.404	kg
Total	2285.211			



Figura 113

Porcentajes - CAC de acuerdo al peso de cemento



Los resultados de la tabla anterior corresponden a la dosificación en peso por kilogramos y en volumen por pie³ para el concreto autocompactante, que se estimó de acuerdo a la metodología ACI 237R-07.

Tabla 78

Resumen de dosificación para el CAC en volumen

Dosificación de la Mezcla en Volumen			
Material	Peso (kg)	Volumen	
Agua	0.538	22.862	lt
Cemento	1.000	1.000	pie ³
Agregado Grueso	2.964	3.057	pie ³
Agregado Fino	2.873	2.660	pie ³
Aditivo	0.010	0.336	lt



Figura 114

Porcentajes de acuerdo al volumen por m³ de CAC

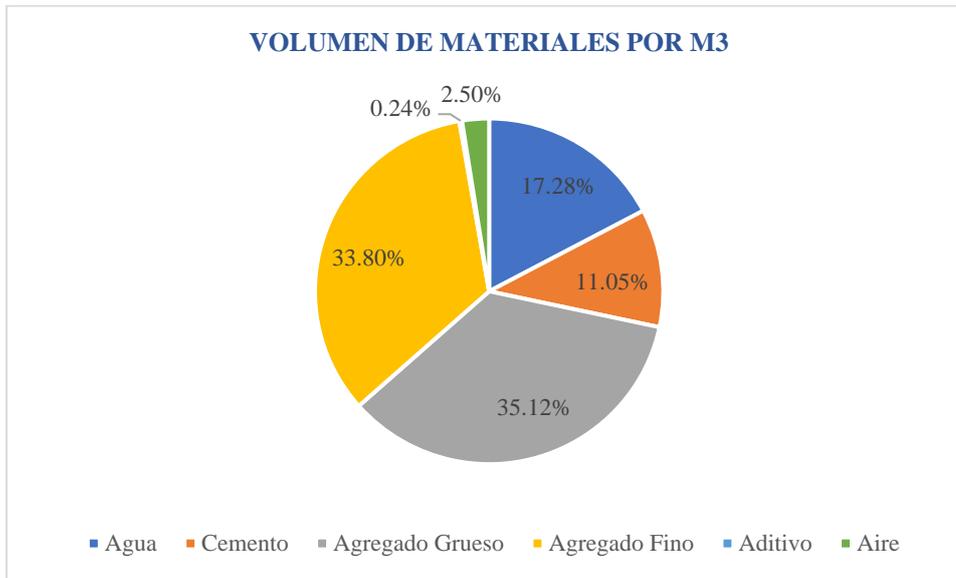


Figura 115

Porcentajes de pasta, agregado fino y agregado grueso por m³ de CAC

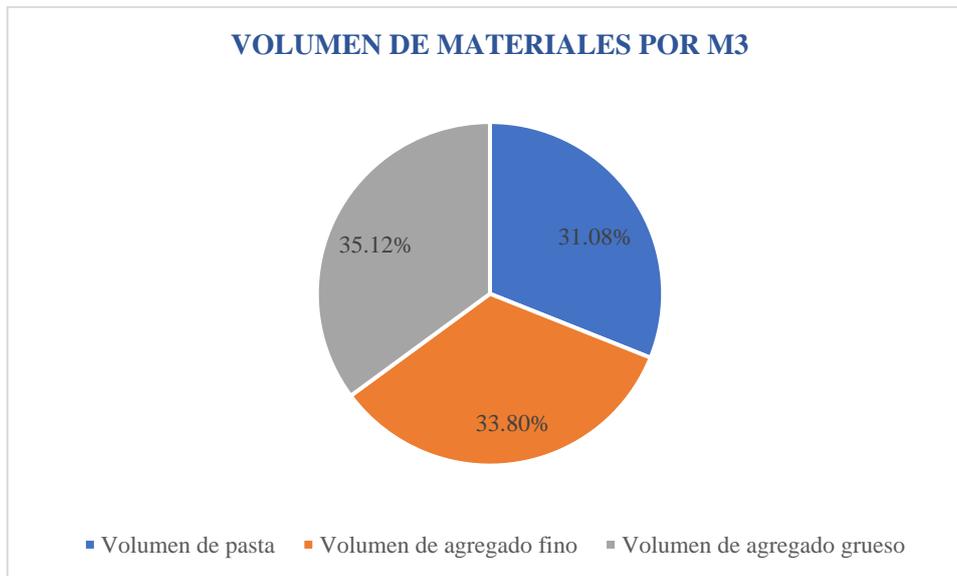
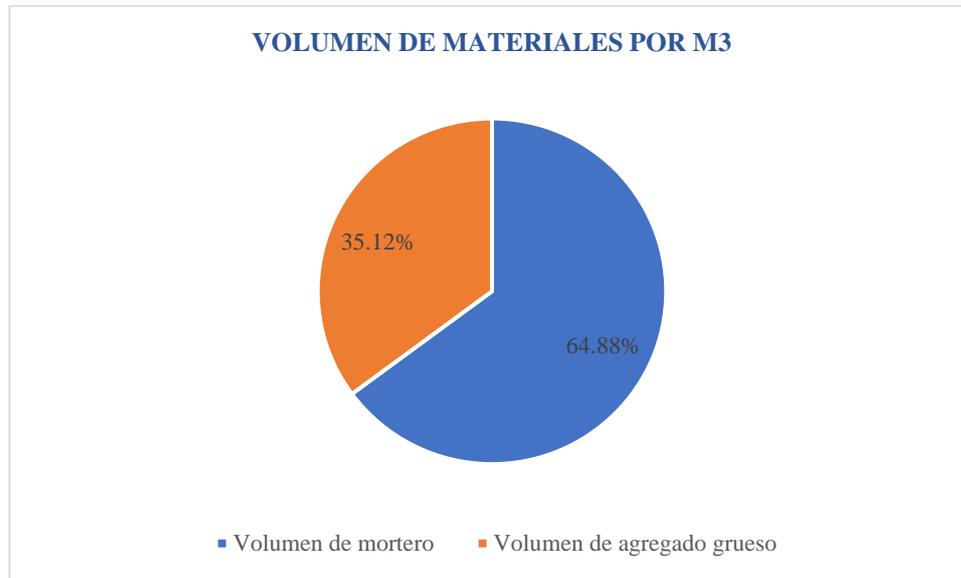


Figura 116

Porcentajes de mortero y agregado grueso por m³ de CAC



4.3. Resultados en estado fresco

4.3.1. Resultado del ensayo de estabilidad de tamiz gtm

Tabla 79

Estabilidad de tamiz GTM

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)						
ENSAYO	TAMIZ VACIO (gr)	TAMIZ VERTIDO (gr)	PESO DEL CONCRETO EN EL TAMIZ (gr)	RECIPIENTE DEL TAMIZ (gr)	PESO DEL RECIPIENTE Y DEL HORMIGON QUE HA PASADO (gr)	PROPORCION DE SEGREGACION (%)
	A	B	B-A=Wc	Wp	WPS	SR
1	0.81	3.95	3.14	0.36	0.78	13.51%
2	0.81	3.56	2.75	0.36	0.72	13.25%
3	0.81	3.78	2.97	0.36	0.66	10.24%
PROMEDIO	0.81	3.76	2.95	0.36	0.72	12.33%

El valor de la proporción de segregación promedio es de 12.33%, por lo tanto, este valor se encuentra dentro de los parámetros europeos (EFNARC) que lo clasifica como SR2: Porcentaje de segregación menor o igual al 15%

SR2 es la recomendada para aplicaciones verticales si el recorrido de flujo es de 5 metros y la separación armado mayor de 80mm en orden de prevenir la segregación durante el recorrido de flujo.



4.3.2. Resultado de ensayo de asentamiento para el concreto convencional

Se realizó de acuerdo a la NTP 339.035.

Tabla 80

Asentamiento del concreto convencional

CONCRETO CONVENCIONAL (CC)			
ENSAYO	S (cm)	S (pulg)	SLUMP (0" - 4")
CC - 01	7.80	3.07	CUMPLE
CC - 02	9.60	3.78	CUMPLE
CC - 03	8.60	3.39	CUMPLE

De acuerdo al diseño de mezcla el SLUMP máximo es de 4" por lo tanto, con los resultados obtenidos en el ensayo de asentamiento los valores están dentro de los parámetros requeridos.

4.3.3. Resultado de la capacidad de relleno para el concreto autocompactante

Se realizó de acuerdo a la European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Concrete.

Tabla 81

Flujo de asentamiento del concreto autocompactante

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE (CAC)					
ENSAYO	DIAMETRO		FLUJO DE ASENTAMIENTO	T50 (seg)	VSI
	D1 (mm)	D2 (mm)	(D1+D2)/2 (mm)		
CAC - 01	606.00	588.00	597.00	3.14	0
CAC - 02	598.00	611.00	604.50	3.23	0
CAC - 03	616.00	593.00	604.50	3.17	0
PROMEDIO	606.67	597.33	602.00	3.18	0

Con el ensayo de flujo de asentamiento se estima la capacidad para rellenar del concreto y de acuerdo a los resultados obtenidos el flujo de asentamiento promedio es de 602 mm, estando de acuerdo al diseño de mezcla de la tabla ACI 237R-07.

Según el EFNARC lo clasifica como SF1= 550mm a 650mm

SF1 es apropiado para estructuras en masa o poca densidad de armaduras que sean llenadas desde la parte superior con desplazamiento libre desde el punto de entrega, concretos de relleno por bombeo, elementos suficientemente pequeños que no presenten largos flujos horizontales, pilares y algunas cimentaciones profundas.



4.3.4. Resultado de ensayo de embudo “V”

Se realizó de acuerdo a la European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Concrete.

Tabla 82

Tiempo de flujo del concreto autocompactante

ENSAYO	TIEMPO DE FLUJO (seg)
CAC - 1	8.95
CAC - 2	9.87
CAC - 3	8.63
PROMEDIO	9.15

Con el ensayo del embudo “V” se mide la facilidad de fluir del concreto, por consiguiente, mientras sea más breve indica una mayor fluidez, además con los resultados obtenidos el tiempo promedio es de 9.15 segundos, el resultado clasifica al concreto autocompactante de acuerdo al EFNARC como VS2/VF2 = 9 a 25 segundos.

VS2/VF2 no hay una clase superior, pero con el aumento del tiempo de flujo es más probable que presente efectos de tixotropía, que pueden ayudar en la limitación de la presión a los encofrados o mejorar la resistencia a la segregación.

4.3.5. Resultado de ensayo de caja en “L”

Tabla 83

Relación de bloqueo de relleno del concreto autocompactante

ENSAYO	ALTURA		RELACION DE BLOQUEO	T20 (seg)	T40 (seg)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H1/H2		
CAC - 1	13.75	12.60	0.92	3.17	5.84
CAC - 2	13.80	12.20	0.88	3.22	5.72
CAC - 3	14.20	13.30	0.94	3.15	5.81
PROMEDIO	13.92	12.7	0.91	3.18	5.79

Con el ensayo de la caja en “L” se evalúa la capacidad de relleno y de paso del concreto autocompactante, asimismo, se observó que la capacidad de paso promedio es de 0.91, el EFNARC lo clasifica como PA2 = Mayor igual a 0.80 con 3 obstáculos de barras.



PA2 estructuras con huecos de 60mm a 80mm, por ejemplo estructuras de obra civil.

4.3.6. Resultado de ensayo de caja en “U”

Tabla 84

Altura de llenado del concreto autocompactante

ENSAYO	ALTURA		ALTURA DE LLENADO
	H1 (cm)	H2 (cm)	H1-H2 (cm)
CAC - 1	30.60	28.20	2.40
CAC - 2	30.25	27.80	2.45
CAC - 3	29.70	26.90	2.80
PROMEDIO			2.55

El ensayo de la caja en “U” permite la evaluación directa de la capacidad de relleno, asimismo, se observó la capacidad de relleno promedio que presenta es de 2.55 cm según el EFNARC mientras la diferencia de alturas sea cercana a 0 mejor será la capacidad de relleno y paso del concreto.

4.4. Resultados en estado endurecido

4.4.1. Resultados de esfuerzo a compresión del concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 85

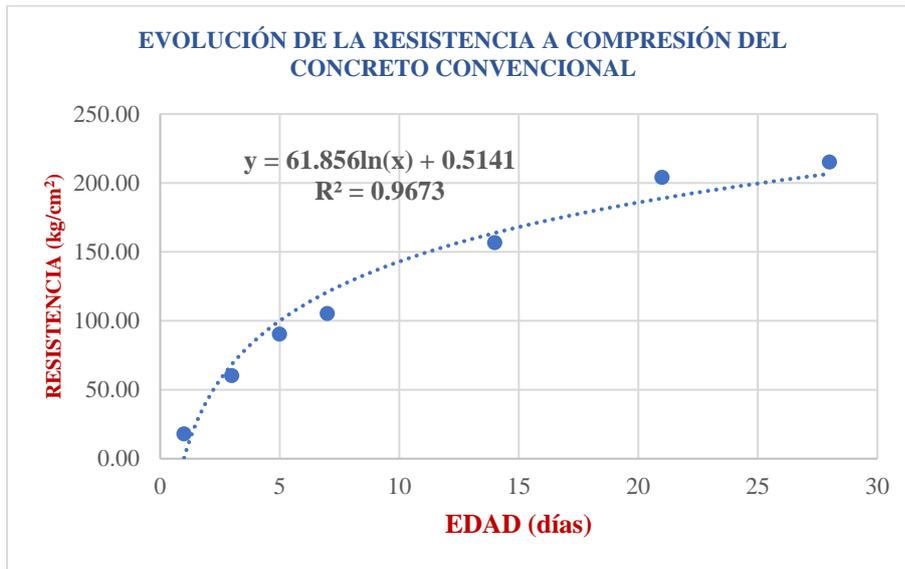
Esfuerzo a compresión del concreto convencional

RESUMEN CONCRETO CONVENCIONAL - ESFUERZO A COMPRESIÓN					
EDAD (días)	ESPÉCIMEN I	ESPÉCIMEN II	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	% DE DISEÑO ALCANZADO
1	17.03	18.67	17.85	1.75	8.50
3	62.35	58.03	60.19	5.90	28.66
5	87.47	93.13	90.30	8.86	43.00
7	106.31	103.95	105.13	10.31	50.06
14	153.52	159.68	156.60	15.36	74.57
21	205.92	202.03	203.97	20.00	97.13
28	218.20	212.03	215.12	21.10	102.44



Figura 117

Evolución de esfuerzo a compresión del concreto convencional



Con respecto a los resultados obtenidos se observa el incremento de resistencia a la compresión del concreto convencional, siendo mayor en las primeras edades de curado y posteriormente este proceso se observa ralentizado en su incremento.

4.4.2. Resultados de esfuerzo a compresión del concreto autocompactante

Tabla 86

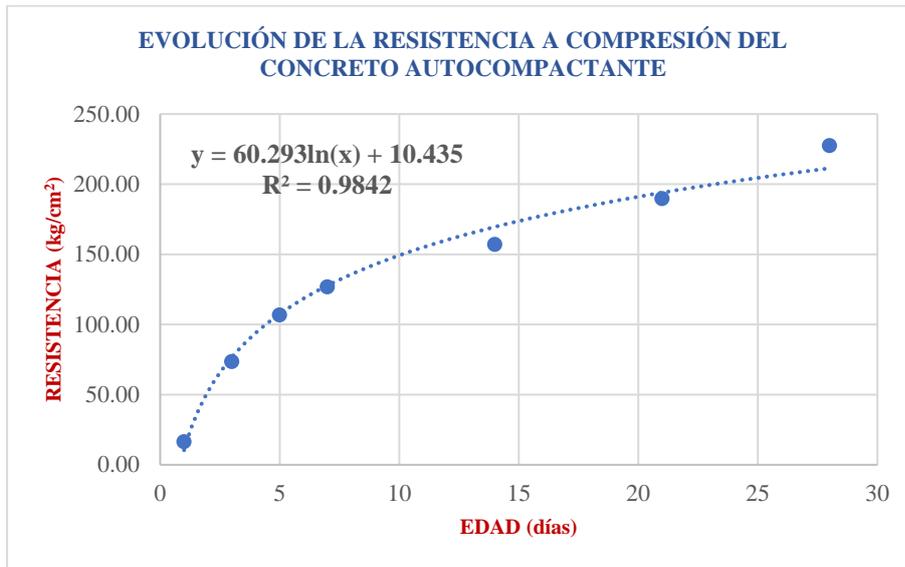
Esfuerzo a compresión del concreto autocompactante

RESUMEN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE - ESFUERZO A COMPRESIÓN					
EDAD (días)	ESPÉCIMEN I	ESPÉCIMEN II	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	% DE DISEÑO ALCANZADO
1	15.85	16.86	16.36	1.60	7.79
3	71.00	76.04	73.52	7.21	35.01
5	105.29	108.18	106.73	10.47	50.82
7	124.95	128.55	126.75	12.43	60.36
14	157.20	156.69	156.95	15.39	74.74
21	190.77	188.40	189.58	18.59	90.28
28	230.98	223.72	227.35	22.30	108.26



Figura 118

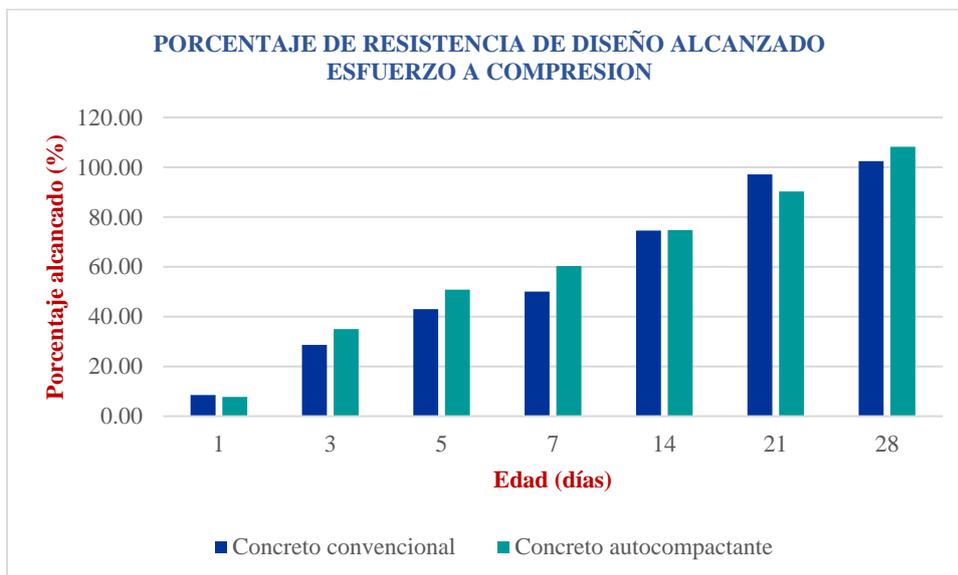
Evolución del esfuerzo a compresión del concreto autocompactante



Con respecto a los resultados obtenidos se observa el incremento de resistencia a la compresión del concreto autocompactante, siendo mayor en las primeras edades de curado y posteriormente el incremento de esta resistencia es más lento.

Figura 119

Porcentaje de resistencia a la compresión alcanzado por ambos concretos



Con los resultados anteriores se observa la evolución y el porcentaje de resistencia a la compresión promedio con respecto a la resistencia de diseño que va adquiriendo el concreto convencional y el concreto autocompactante en diferentes edades de curado. Donde en el primer día el concreto autocompactante consigue menor resistencia y a partir del tercer día su



comportamiento es distinto que por lo general se tienen mejores resistencias al esfuerzo por compresión.

4.4.3. Resultados de ensayo de esfuerzo a flexión del concreto convencional

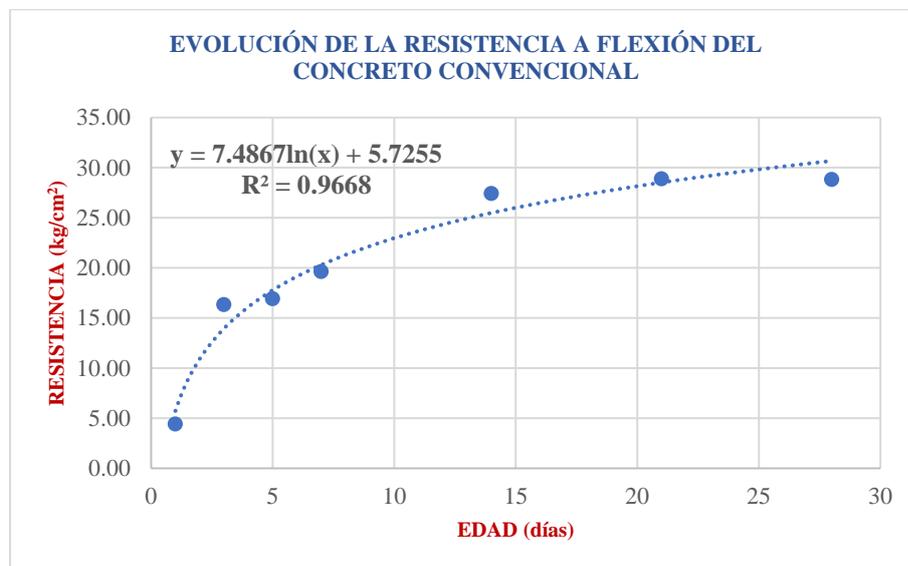
Tabla 87

Esfuerzo a flexión del concreto convencional

RESUMEN CONCRETO CONVENCIONAL - ESFUERZO A FLEXIÓN				
EDAD (días)	ESPÉCIMEN I	ESPÉCIMEN II	E. PROM. (kg/cm ²)	E. PROM. (MPa)
1	4.95	3.87	4.41	0.43
3	16.32	16.34	16.33	1.60
5	17.11	16.74	16.92	1.66
7	19.72	19.54	19.63	1.93
14	28.20	26.63	27.42	2.69
21	28.31	29.44	28.88	2.83
28	28.02	29.64	28.83	2.83

Figura 120

Evolución del esfuerzo a flexión del concreto convencional



En el gráfico se observa el incremento de la propiedad de resistencia a la flexión del concreto convencional, siendo mayor en las primeras edades de curado y después el incremento es más lento, además se observa que está relacionado con la evolución de resistencia a la compresión por la curva característica en ambos esfuerzos.



4.4.4. Resultados de ensayo de esfuerzo a flexión del concreto autocompactante

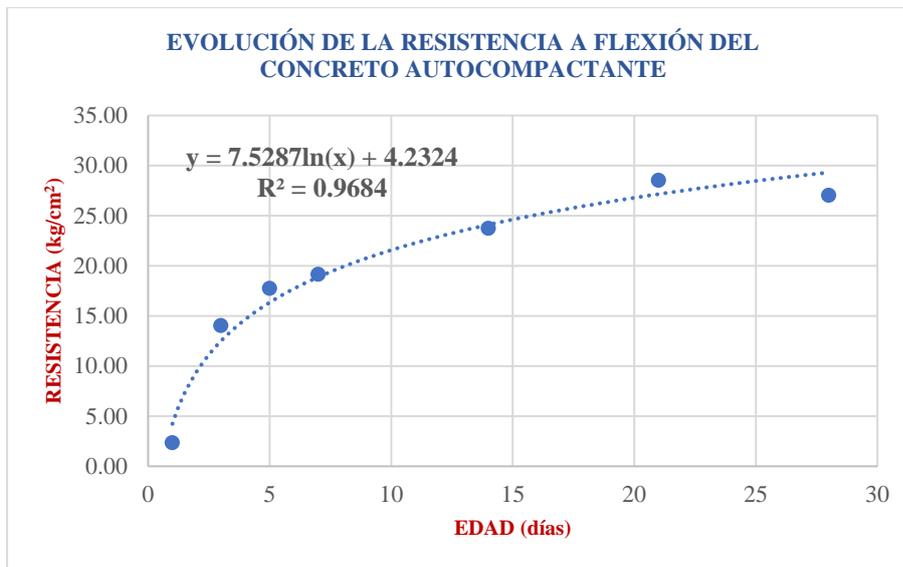
Tabla 88

Esfuerzo a flexión del concreto autocompactante

RESUMEN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE - ESFUERZO A FLEXIÓN				
EDAD (días)	ESPÉCIMEN I	ESPÉCIMEN II	E. PROM. (kg/cm ²)	E. PROM. (MPa)
1	2.17	2.51	2.34	0.23
3	13.89	14.18	14.03	1.38
5	17.58	17.90	17.74	1.74
7	19.23	19.06	19.15	1.88
14	23.76	23.71	23.73	2.33
21	28.60	28.45	28.52	2.80
28	27.08	26.98	27.03	2.65

Figura 121

Evolución del esfuerzo a flexión del concreto autocompactante



De acuerdo se observa el incremento de la propiedad de resistencia a la flexión del concreto autocompactante, siendo mayor en las primeras edades de curado y después el incremento es más lento, además se observa que tiene relación con la evolución de resistencia a la compresión por la curva característica en ambos esfuerzos.



4.4.5. Resultados de la velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto convencional

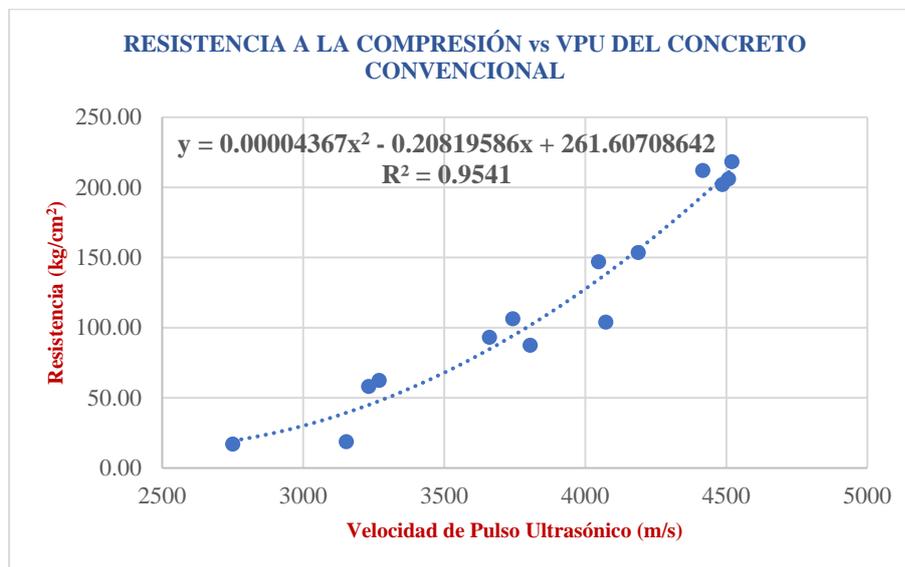
Tabla 89

Relación de VPU y esfuerzo a compresión del concreto convencional

EDAD	VPU (m/s)	f'c (kg/cm ²)
1	2751.142	17.033
1	3153.685	18.668
3	3270.065	62.350
3	3233.083	58.025
5	3805.170	87.468
5	3660.822	93.128
7	3743.827	106.309
7	4073.072	103.953
14	4188.627	153.524
14	4047.936	146.908
21	4508.258	205.917
21	4486.507	202.026
28	4520.240	218.205
28	4417.404	212.026

Figura 122

Correlación del pulso ultrasónico en la evolución del concreto convencional

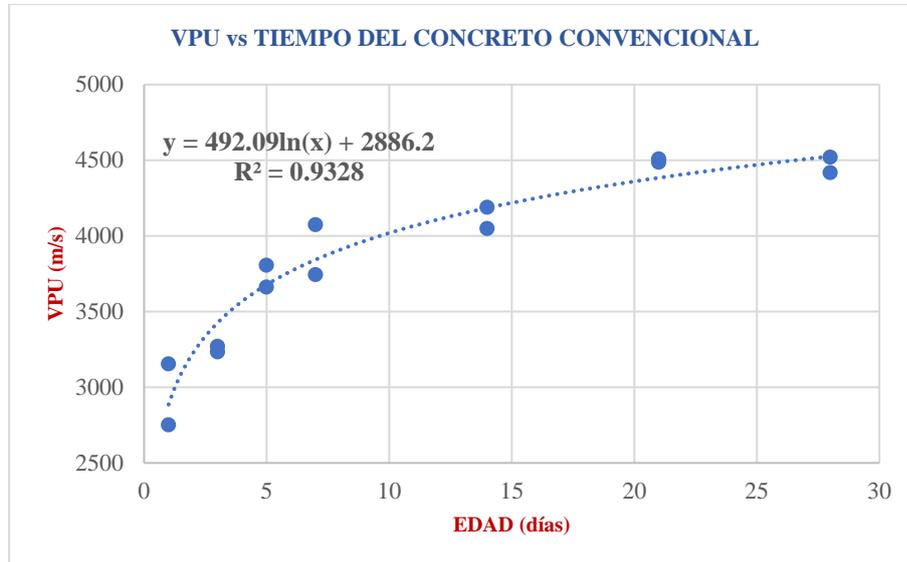


En el gráfico se presenta la curva de ajuste velocidad-resistencia a la compresión del ensayo de pulso ultrasónico a través, del concreto convencional pudiéndose observar que mientras la velocidad aumenta también la resistencia del concreto se incrementa, además el índice de

determinación es mayor a 0.95, el cual nos permite contar una curva de tendencia de mayor confiabilidad.

Figura 123

Velocidad del pulso ultrasónico por edades del concreto convencional



En la figura se presenta la curva edad-velocidad de pulso ultrasónico a través, del concreto convencional, el cual indica su evolución y el incremento de velocidad, es decir, mientras mayor es la edad del espécimen la velocidad de transmisión del pulso ultrasónico se incrementa, además se observa que en los primeros días de curado la variación de la velocidad es con mayor repercusión.

4.4.6. Resultados de la velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto autocompactante

Tabla 90

Relación de VPU y esfuerzo a compresión del concreto autocompactante

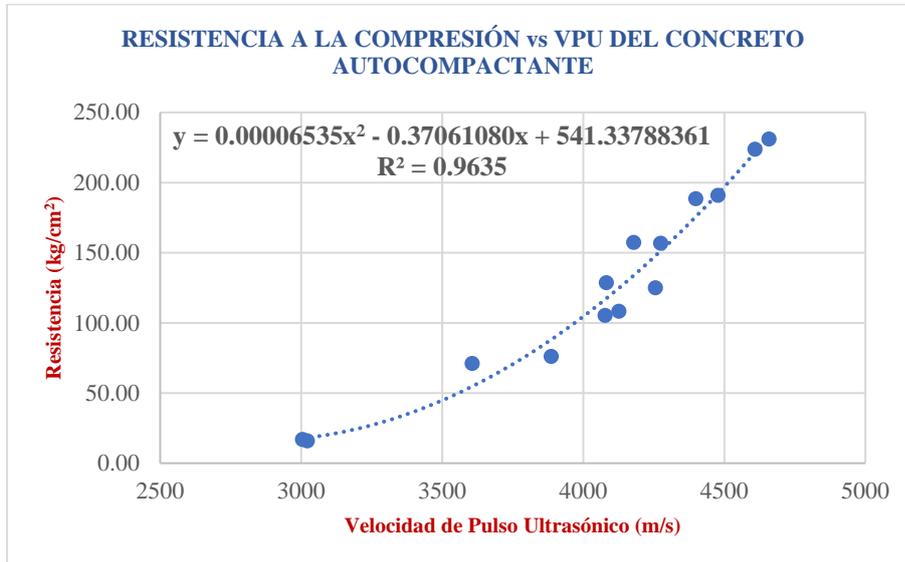
EDAD	VPU (m/s)	f'c (kg/cm ²)
1	3022.613	15.848
1	3005.506	16.864
3	3606.848	71.002
3	3887.097	76.039
5	4077.703	105.285
5	4127.038	108.181
7	4256.662	124.947
7	4082.321	128.552
14	4179.363	157.203
14	4275.106	156.693
21	4477.941	190.766
21	4399.563	188.399



28	4658.915	230.979
28	4609.495	223.723

Figura 124

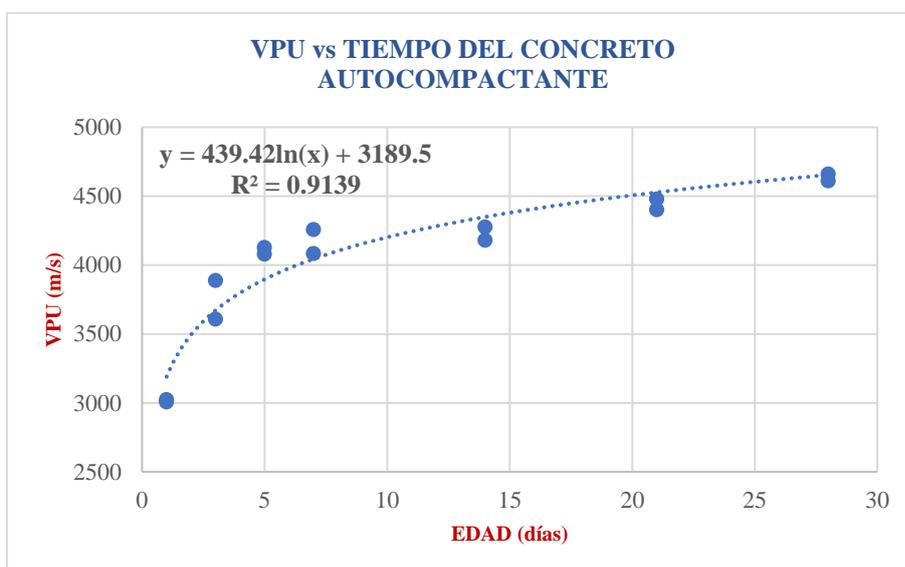
Correlación del pulso ultrasónico en la evolución del concreto autocompactante



En el gráfico se presenta la curva de ajuste velocidad-resistencia a la compresión del ensayo de pulso ultrasónico a través, del concreto autocompactante donde se observa que mientras la velocidad de transmisión aumenta también la resistencia del concreto se incrementa, además el índice de determinación es mayor a 0.95, el cual nos permite tener una curva de tendencia con mayor confiabilidad.

Figura 125

Velocidad del pulso ultrasónico por edades del concreto autocompactante



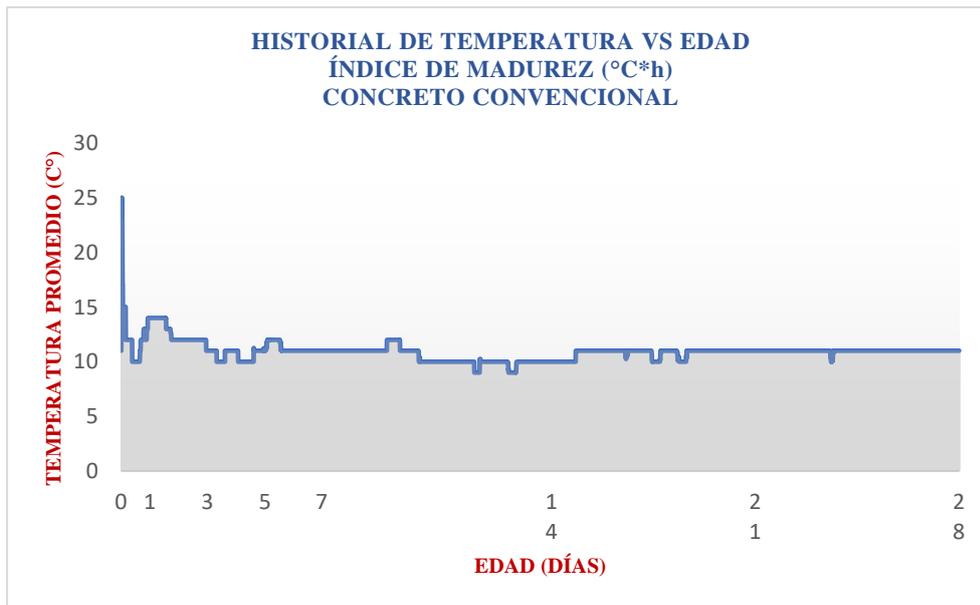


En la figura se presenta la curva edad-velocidad de pulso ultrasónico a través, del concreto autocompactante, el cual indica su evolución y el incremento de velocidad, es decir, mientras mayor es la edad del espécimen la velocidad de transmisión del pulso ultrasónico se incrementa, además se observa que en los primeros días de curado la variación de la velocidad es con mayor repercusión.

4.4.7. Resultado del historial de índice de madurez promedio

Figura 126

Índice de madurez en el concreto convencional



En el gráfico anterior se presenta el registro del historial de temperatura promedio con un intervalo de 5 minutos de cada uno los siguientes sensores:

- Moldes Cilíndricos: Sensor 0 y Sensor 1.
- Moldes Prismáticos: Sensor 3 y Sensor 4.

Los sensores fueron conectados en simultaneo y embebidos en los siguientes tiempos:

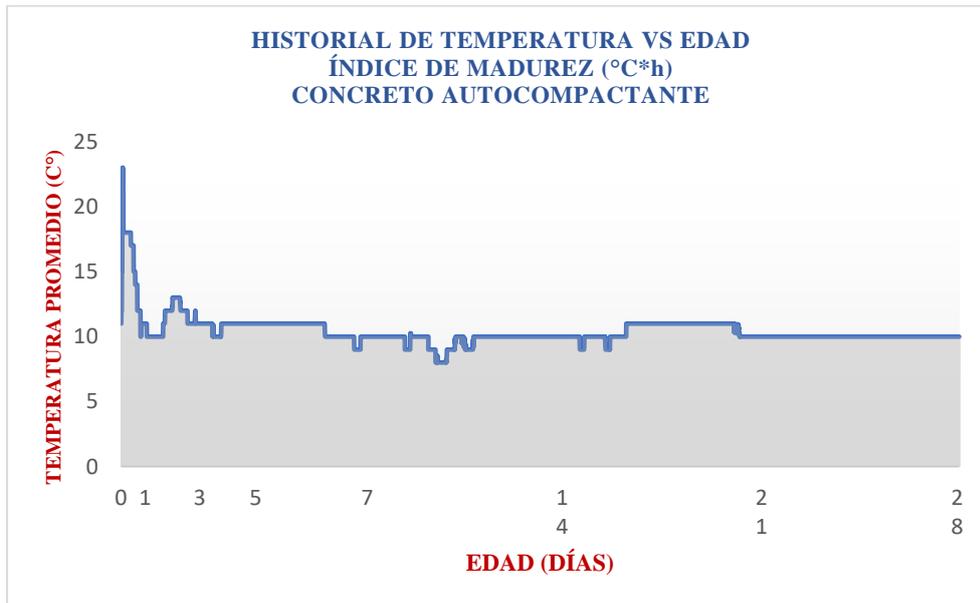
- Fecha de Vaciado: 11 de julio del 2023, 17:23:12
- Fecha de Grabación: 11 de julio del 2023, 17:30:32

Conforme a los resultados y el gráfico del concreto convencional donde el índice de madurez es el producto entre la temperatura y el tiempo de curado, evidenciándose una mayor incidencia en el primer día y posteriormente la variación es mínima, además el área debajo de esta función permitirá estimar las propiedades mecánicas de resistencia del concreto a diferentes edades.



Figura 127

Índice de madurez en el concreto autocompactante



En el gráfico anterior se presenta el registro del historial de temperatura promedio con un intervalo de 5 minutos de cada uno de los siguientes sensores:

- Moldes Cilíndricos: Sensor 2 y Sensor 5.
- Moldes Prismáticos: Sensor 6 y Sensor 7.

Los sensores fueron conectados en simultáneo y embebidos en los siguientes tiempos:

- Fecha de Vaciado: 14 de julio del 2023, 18:43:12
- Fecha de Grabación: 14 de julio del 2023, 18:50:06

Se observa los resultados y el gráfico del concreto autocompactante donde el índice de madurez es el producto de la temperatura y el tiempo de curado, observándose también una mayor incidencia en el primer día y después la variación es mínima, asimismo, el área debajo de esta función permitirá estimar las propiedades mecánicas de resistencia del concreto a diferentes edades.



4.4.8. Resultado del índice de madurez del concreto convencional-esfuerzo a compresión

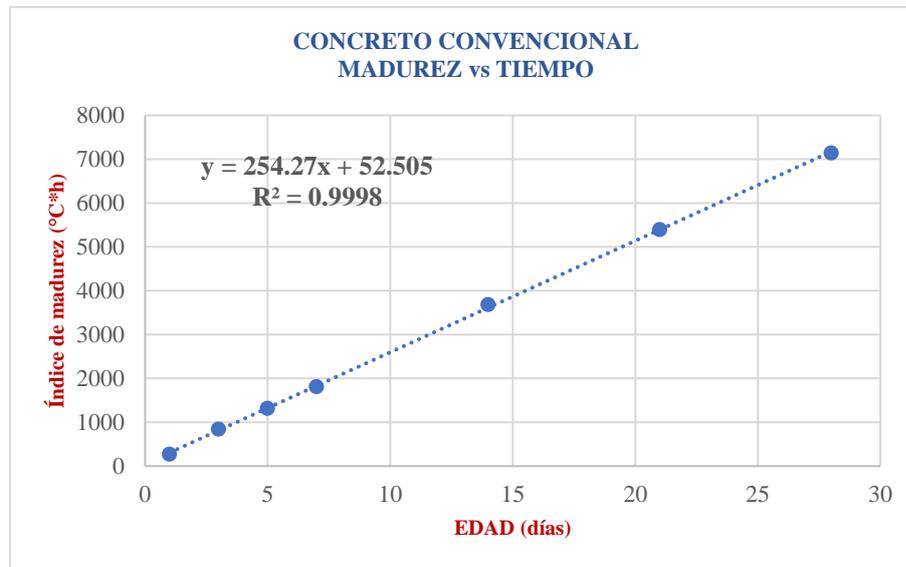
Tabla 91

Índice de madurez por edades del concreto convencional

RESUMEN CONCRETO CONVENCIONAL - ESFUERZO A COMPRESIÓN								
EDAD (días)	FECHA	MADUREZ (°C*h)	ESPCMN I	ESPCMN II	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm ²)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	Δ%	CONDICIÓN
1	12/07/2023	270.263	17.03	18.67	17.85	1.75	4.58	CUMPLE
3	14/07/2023	840.242	62.35	58.03	60.19	5.90	3.59	CUMPLE
5	16/07/2023	1315.775	87.47	93.13	90.30	8.86	3.13	CUMPLE
7	18/07/2023	1811.633	106.31	103.95	105.13	10.31	1.12	CUMPLE
14	25/07/2023	3681.746	153.52	159.68	156.60	15.36	1.97	CUMPLE
21	1/08/2023	5393.908	205.92	202.03	203.97	20.00	0.95	CUMPLE
28	8/08/2023	7141.304	218.20	212.03	215.12	21.10	1.44	CUMPLE

Figura 128

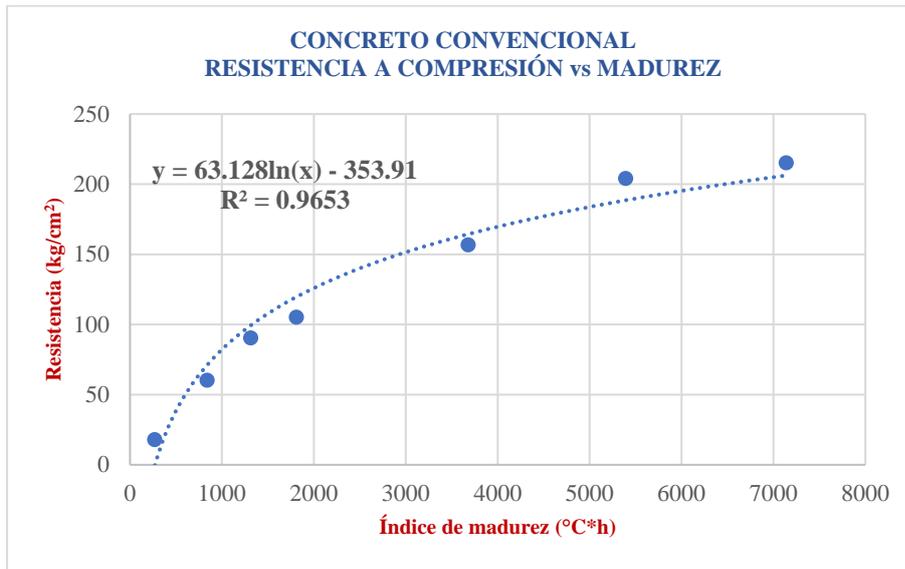
Relación entre madurez y tiempo del concreto convencional



De acuerdo al gráfico se observa una función constante, en donde el índice de madurez es directamente proporcional a la edad del concreto convencional, es decir, el incremento del índice de madurez es constante ya que al pasar de los días aumentan en una proporción lineal, el cual nos permite determinar una mejor ecuación para estimar la resistencia a la compresión del concreto convencional.

Figura 129

Relación entre resistencia a la compresión y madurez del concreto convencional



Conforme a los datos y resultados obtenidos en el gráfico se observa la función de evaluación de la resistencia a la compresión del concreto convencional a través, del índice de madurez. Donde se tiene una curva característica que está relacionada al incremento de resistencia del concreto convencional, además, el coeficiente de determinación es mayor a 0.95 el cual nos permite tener mejores resultados al evaluar la resistencia del concreto.

4.4.9. Resultado del índice de madurez del concreto autocompactante-esfuerzo a compresión

Tabla 92

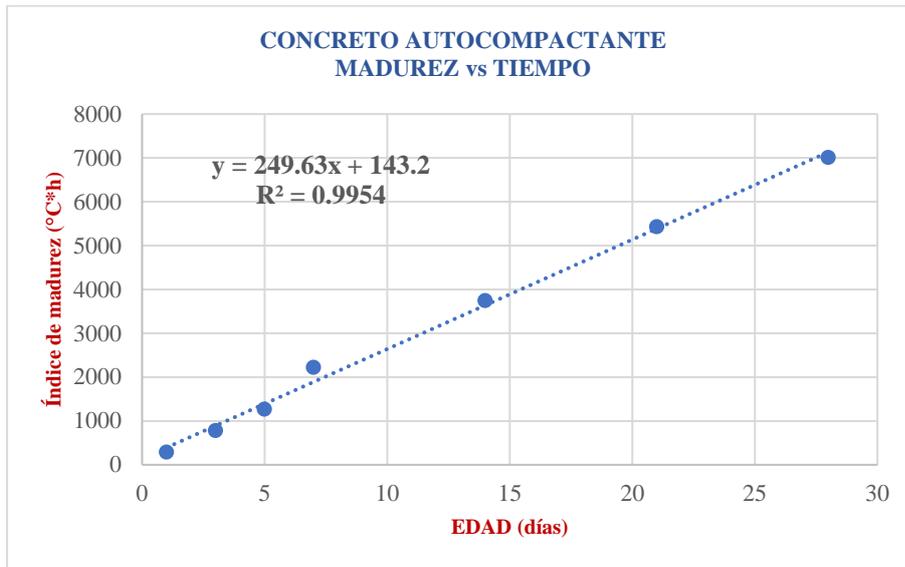
Índice de madurez por edades del concreto autocompactante

RESUMEN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE - ESFUERZO A COMPRESIÓN								
EDAD (días)	FECHA	MADUREZ (°C*h)	ESPCMN I	ESPCMN II	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm2)	EZFUERZO PROMEDIO (MPa)	Δ%	CONDICIÓN
1	15/07/2023	285.833	15.85	16.86	16.36	1.60	3.11	CUMPLE
3	17/07/2023	778.721	71.00	76.04	73.52	7.21	3.43	CUMPLE
5	19/07/2023	1265.054	105.29	108.18	106.73	10.47	1.36	CUMPLE
7	21/07/2023	2218.900	124.95	128.55	126.75	12.43	1.42	CUMPLE
14	28/07/2023	3741.096	157.20	156.69	156.95	15.39	0.16	CUMPLE
21	4/08/2023	5427.325	190.77	188.40	189.58	18.59	0.62	CUMPLE
28	11/08/2023	7006.492	230.98	223.72	227.35	22.30	1.60	CUMPLE



Figura 130

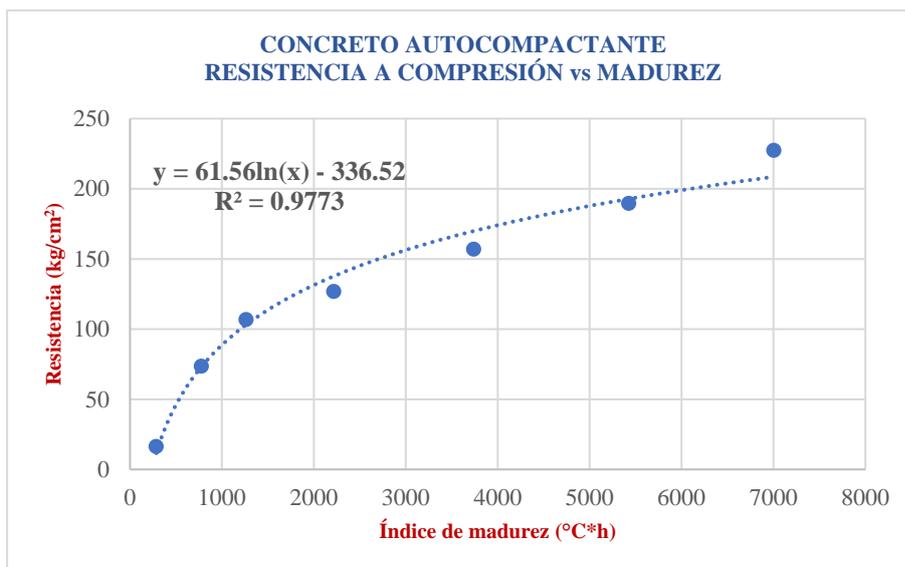
Relación entre madurez y tiempo del concreto autocompactante



De acuerdo al gráfico se observa una función constante, donde el índice de madurez es directamente proporcional a la edad del concreto autocompactante, es decir, el incremento del índice de madurez es constante ya que al pasar de los días aumentan en una proporción lineal, el cual nos permite determinar una mejor ecuación para estimar la resistencia a la compresión del concreto autocompactante.

Figura 131

Relación entre resistencia a la compresión y madurez del concreto autocompactante



Conforme a los datos y resultados obtenidos en el gráfico se observa la función de evaluación de la resistencia a la compresión del concreto autocompactante a través, del índice de madurez.



Donde se tiene una curva característica que está relacionada al incremento de resistencia del concreto autocompactante, asimismo, el coeficiente de determinación es mayor a 0.95 el cual nos permite tener mejores resultados al evaluar la resistencia del concreto.

4.4.10. Resultado del índice de madurez del concreto convencional-esfuerzo a flexión

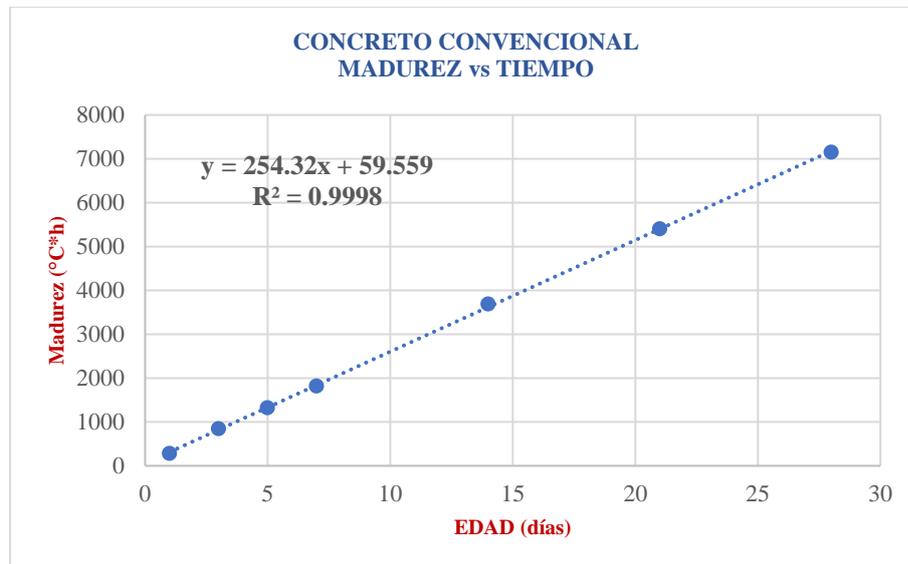
Tabla 93

Índice de madurez por edades del concreto convencional

RESUMEN CONCRETO CONVENCIONAL - ESFUERZO A FLEXIÓN								
EDAD (días)	FECHA	MADUREZ (°C*h)	ESPCMN I	ESPCMN II	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm2)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	Δ%	CONDICIÓN
1	12/07/2023	280.40	4.95	3.87	4.41	0.43	12.23	CUMPLE
3	14/07/2023	845.38	16.32	16.34	16.33	1.60	0.06	CUMPLE
5	16/07/2023	1322.77	17.11	16.74	16.92	1.66	1.07	CUMPLE
7	18/07/2023	1818.60	19.72	19.54	19.63	1.93	0.46	CUMPLE
14	25/07/2023	3688.05	28.20	26.63	27.42	2.69	2.86	CUMPLE
21	1/08/2023	5402.71	28.31	29.44	28.88	2.83	1.95	CUMPLE
28	8/08/2023	7150.10	28.02	29.64	28.83	2.83	2.81	CUMPLE

Figura 132

Relación entre madurez y tiempo del concreto convencional

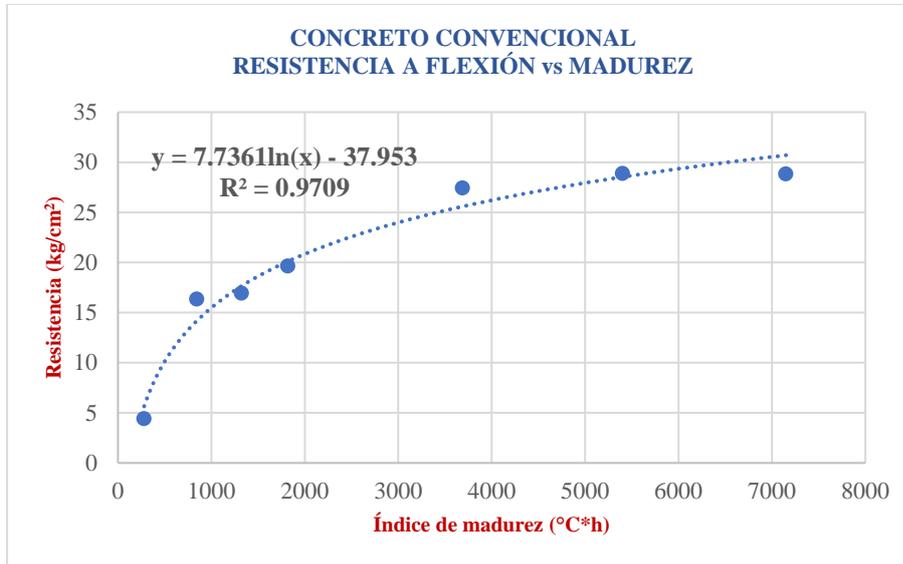


De acuerdo al gráfico se observa una función constante, en donde el índice de madurez es directamente proporcional a la edad del concreto convencional, es decir, el incremento del índice de madurez es constante ya que al pasar de los días aumentan en una proporción lineal,

el cual nos permite determinar una mejor ecuación para estimar la resistencia a la flexión del concreto convencional.

Figura 133

Relación resistencia a la flexión y madurez del concreto convencional



Conforme a los datos y resultados obtenidos en el gráfico se observa la función de evaluación de la resistencia a la flexión del concreto convencional a través, del índice de madurez. Donde se tiene una curva característica que está relacionada al incremento de resistencia del concreto convencional, además, el coeficiente de determinación es mayor a 0.95 el cual nos permite tener mejores resultados al evaluar la resistencia del concreto.

4.4.11. Resultado del índice de madurez del concreto autocompactante-esfuerzo a flexión

Tabla 94

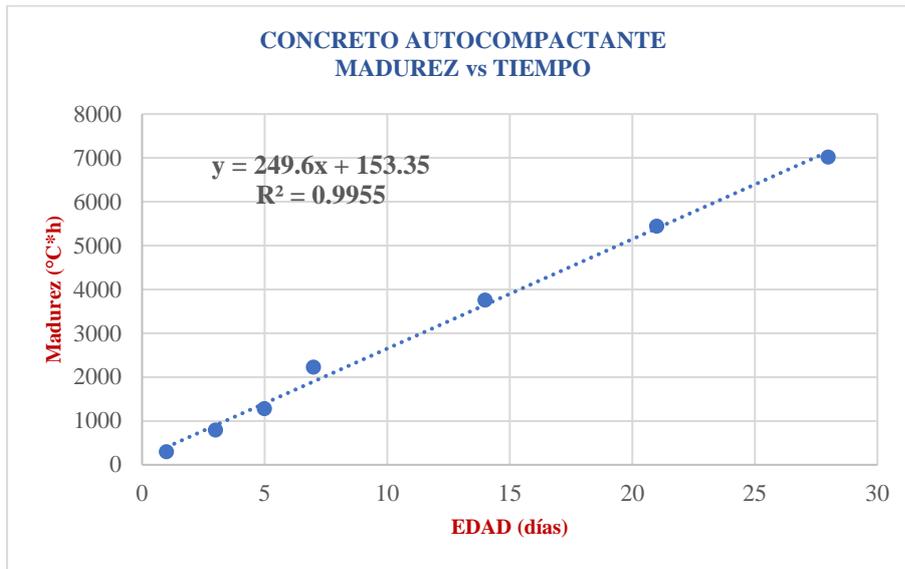
Índice de madurez por edades del concreto autocompactante

RESUMEN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE - ESFUERZO A FLEXIÓN								
EDAD (días)	FECHA	MADUREZ (°C*h)	ESPCMN I	ESPCMN II	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm2)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	Δ%	CONDICIÓN
1	15/07/2023	295.000	2.17	2.51	2.34	0.23	7.25	CUMPLE
3	17/07/2023	789.721	13.89	14.18	14.03	1.38	1.05	CUMPLE
5	19/07/2023	1277.888	17.58	17.90	17.74	1.74	0.90	CUMPLE
7	21/07/2023	2224.733	19.23	19.06	19.15	1.88	0.46	CUMPLE
14	28/07/2023	3751.929	23.76	23.71	23.73	2.33	0.11	CUMPLE
21	4/08/2023	5438.159	28.60	28.45	28.52	2.80	0.26	CUMPLE
28	11/08/2023	7014.825	27.08	26.98	27.03	2.65	0.18	CUMPLE



Figura 134

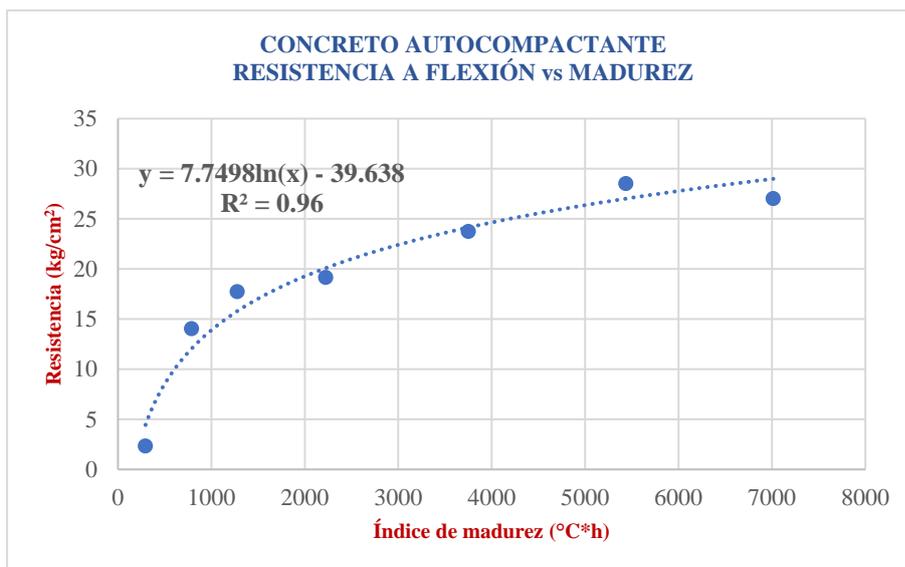
Relación entre madurez y tiempo del concreto autocompactante



De acuerdo al gráfico se observa una función constante, donde el índice de madurez es directamente proporcional a la edad del concreto autocompactante, es decir, el incremento del índice de madurez es constante ya que al pasar de los días aumentan en una proporción lineal, el cual nos permite determinar una mejor ecuación para estimar la resistencia a la flexión del concreto autocompactante.

Figura 135

Relación resistencia a la flexión y madurez del concreto autocompactante



Conforme a los datos y resultados obtenidos en el gráfico se observa la función de evaluación de la resistencia a la flexión del concreto autocompactante a través, del índice de madurez.



Donde se tiene una curva característica que está relacionada al incremento de resistencia del concreto autocompactante, asimismo, el coeficiente de determinación es mayor a 0.95 el cual nos permite tener mejores resultados al evaluar la resistencia del concreto.

4.4.12. Resultados de las resistencias a compresión a través de los diferentes métodos

Tabla 95

Resistencias a compresión del concreto convencional

Edad (Días)	Velocidad e Pulso Ultrasónico (kg/cm ²)	Método de la Madurez (kg/cm ²)	Ensayo de Compresión (kg/cm ²)
1	27.637	0.000	17.851
3	46.415	71.174	60.188
5	93.046	99.486	90.298
7	115.074	119.675	105.131
14	144.950	164.442	156.602
21	208.677	188.550	203.972
28	203.438	206.265	215.116

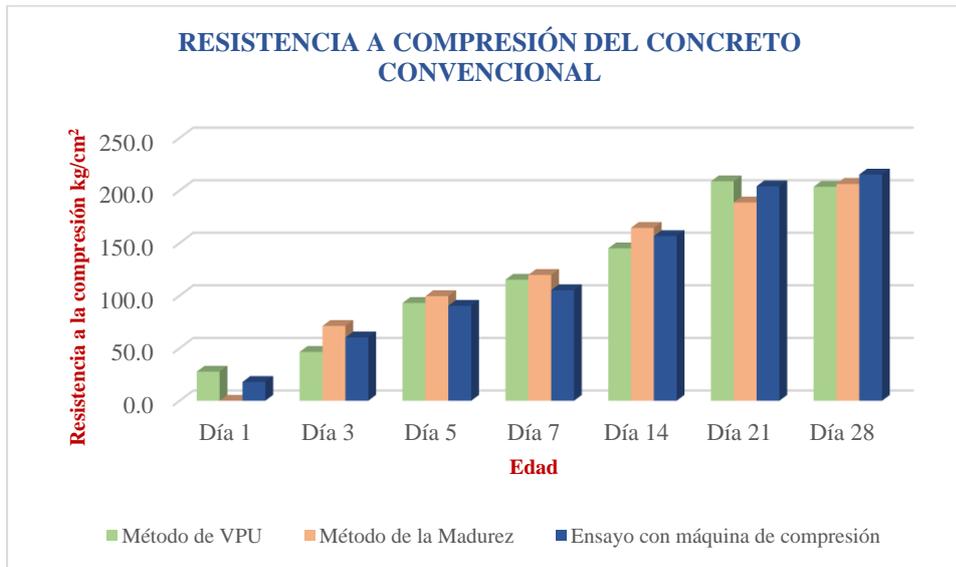
Tabla 96

Variación de los resultados

Edad (Días)	Variación - Velocidad de Pulso Ultrasónico	Variación - Método de la Madurez
1	55%	-102%
3	-23%	18%
5	3%	10%
7	9%	14%
14	-7%	5%
21	2%	-8%
28	-5%	-4%

Figura 136

Resistencias a compresión del concreto convencional a través de los diferentes métodos



En el gráfico y los resultados con respecto al esfuerzo por compresión del concreto convencional se observa el incremento de la resistencia por edades a través, de los métodos de la velocidad del pulso ultrasónico (VPU), método de la madurez y el método directo con la máquina de compresión, donde se observa que a partir del quinto día se obtienen resultados con menores variaciones del método directo de ruptura de especímenes cilíndricos.

Tabla 97

Resistencias a compresión del concreto autocompactante

Edad (Días)	Velocidad e Pulso Ultrasónico (kg/cm²)	Método de la Madurez (kg/cm²)	Ensayo de Compresión (kg/cm²)
1	18.006	11.621	16.356
3	70.226	73.319	73.521
5	120.826	103.188	106.733
7	132.236	137.779	126.750
14	142.522	169.935	156.948
21	183.926	192.840	189.583
28	227.384	208.562	227.351

Tabla 98

Variación de los resultados

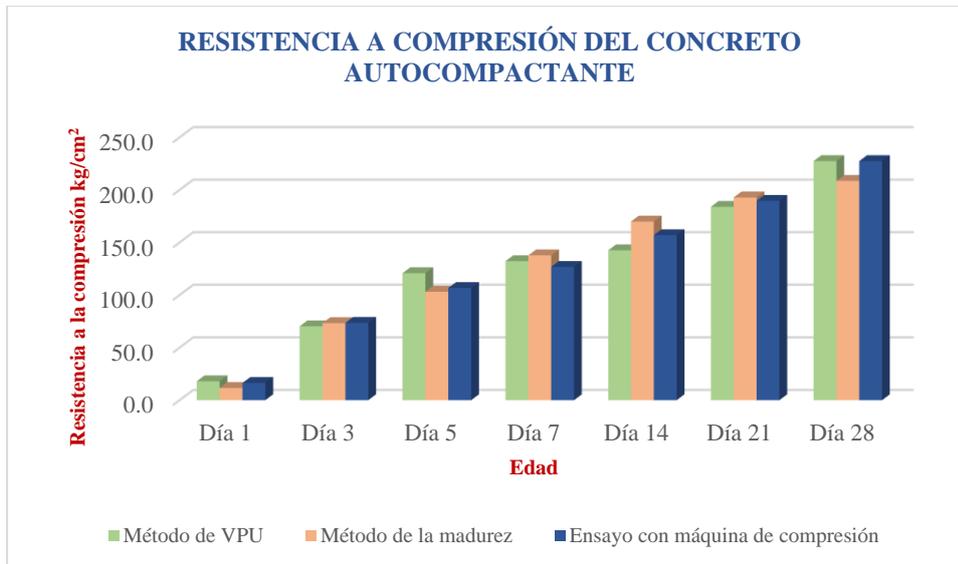
Edad (Días)	Variación - Velocidad de Pulso Ultrasónico	Variación - Método de la Madurez
1	10%	-29%
3	-4%	0%
5	13%	-3%



7	4%	9%
14	-9%	8%
21	-3%	2%
28	0%	-8%

Figura 137

Resistencias a compresión del concreto autocompactante a través de los diferentes métodos



En el gráfico y los resultados correspondientes al esfuerzo por compresión del concreto autocompactante se observa el incremento de la resistencia por edades a través, de los métodos de la velocidad del pulso ultrasónico (VPU), método de la madurez y el método directo con la máquina de compresión, donde se observa que a partir del tercer día se obtienen resultados con menores variaciones del método directo de ruptura de especímenes cilíndricos.

4.4.13. Resultados de las resistencias a flexión a través de diferentes métodos

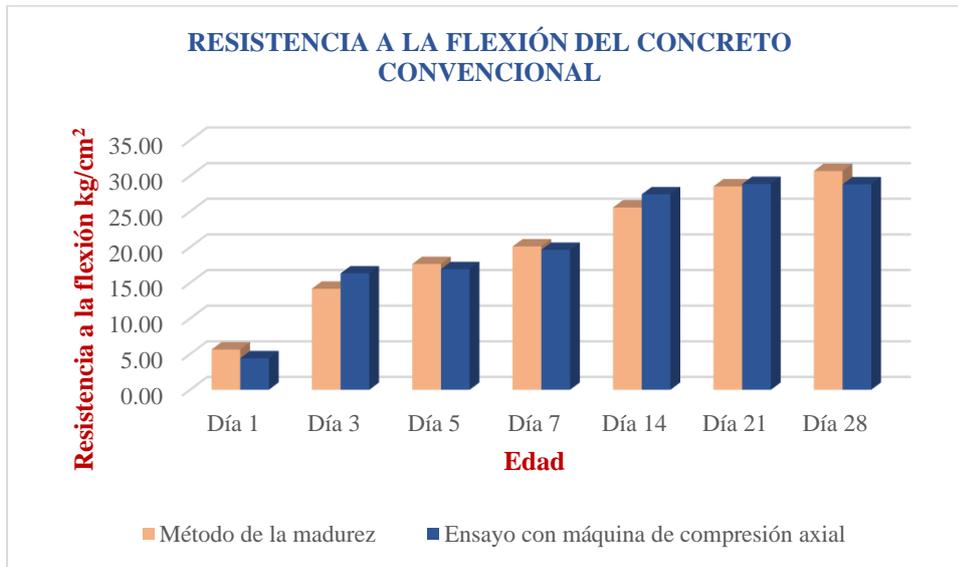
Tabla 99

Resistencias a flexión del concreto convencional

Edad (días)	Método de la madurez (kg/cm²)	Ensayo a compresión (kg/cm²)	Variación (%)
1	5.65	4.41	28.02
3	14.19	16.33	13.12
5	17.65	16.92	4.29
7	20.11	19.63	2.45
14	25.58	27.42	6.70
21	28.54	28.88	1.18
28	30.70	28.83	6.51

Figura 138

Resistencias a flexión del concreto convencional a través de los diferentes métodos



En el gráfico y los resultados de la resistencia a la flexión del concreto convencional se observa el incremento de dicha resistencia por edades a través, del método de la madurez y la ruptura de especímenes prismáticos, donde se observa que a partir del quinto día se obtienen resultados con menores variaciones.

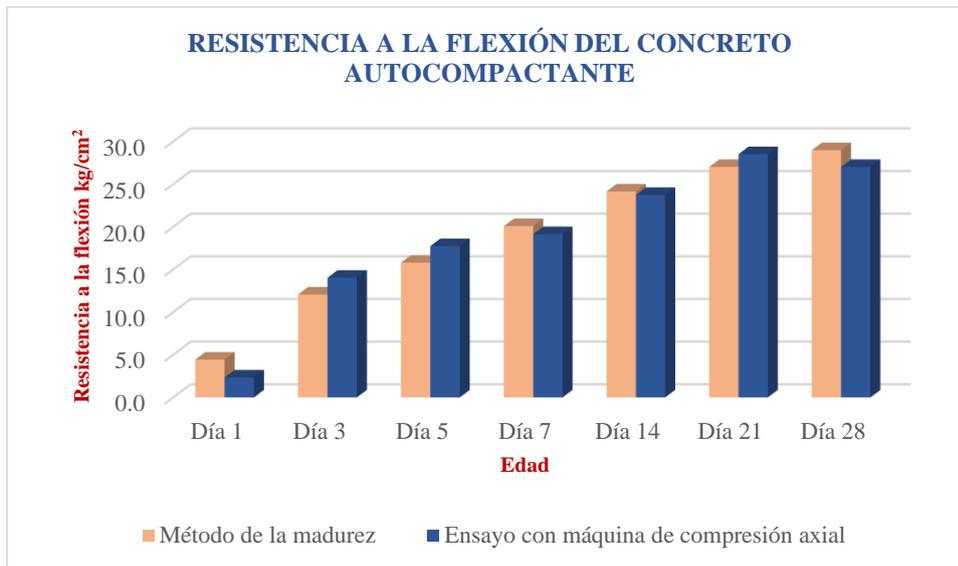
Tabla 100

Resistencias a flexión del concreto autocompactante

Edad (días)	Método de la madurez (kg/cm ²)	Ensayo a compresión (kg/cm ²)	Variación (%)
1	4.43	2.34	89.84
3	12.07	14.03	14.02
5	15.80	17.74	10.96
7	20.09	19.15	4.95
14	24.14	23.73	1.72
21	27.02	28.52	5.27
28	28.99	27.03	7.27

Figura 139

Resistencias a flexión del concreto autocompactante a través de los diferentes métodos



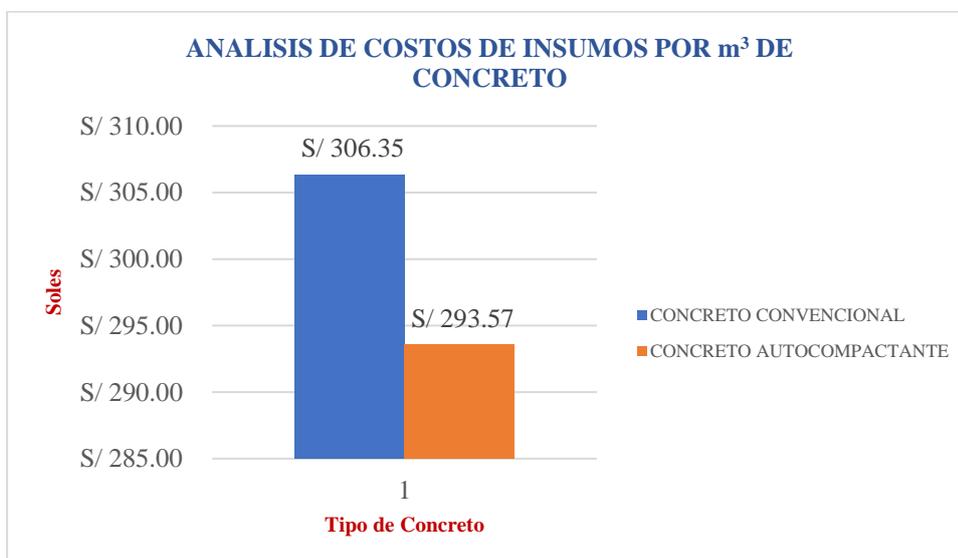
En el gráfico y los resultados de la resistencia a la flexión del concreto autocompactante se observa el incremento de dicha resistencia por edades a través, del método de la madurez y la ruptura de especímenes prismáticos, donde se observa que también a partir del quinto día se obtienen resultados con menores variaciones.

4.5. Resultados de costo por metro cubico de concreto

4.5.1. Resultados de costos por insumos por tipo de concreto

Figura 140

Resumen de costos de insumos por tipo de concreto



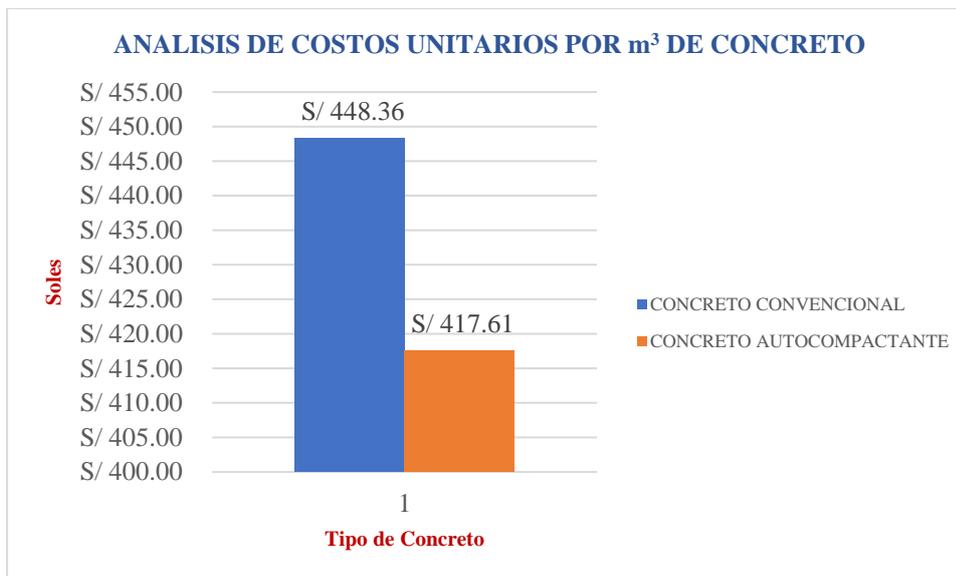


De los resultados anteriores se puede determinar la variación de precios de insumos por metro cubico (m^3) que presenta el concreto autocompactante en relación al concreto convencional con 4.172% de variación es decir una diferencia de S/ 12.78.

4.5.2. Resultados del análisis de costos unitarios por tipo de concreto

Figura 141

Resumen del análisis de costos unitarios por tipo de concreto



De los resultados anteriores se puede determinar la variación de precios unitarios por metro cubico (m^3) que presenta el concreto autocompactante en relación al concreto convencional con 6.858% de variación es decir una diferencia de S/ 30.75.

5. Capítulo V: Discusión

La presente investigación se orienta en brindar información sobre diferentes métodos, controles, materiales, insumos y otros conocimientos necesarios con el fin de mejorar la calidad del concreto en nuestro contexto, desde los procedimientos convencionales hasta otros de importante consideración como son los métodos no destructivos in situ haciendo referencia al índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico a través, del concreto; el concreto autocompactante, los aditivos superplastificantes que brindan trabajos más eficientes. En el proceso de investigación se obtienen las siguientes discusiones.



5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico

Con respecto a la evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional así como del concreto autocompactante a la edad de 1 día se encuentra dentro de un rango de 5% a 10% de la resistencia final, y a la edad de 7 días para el concreto convencional están próximos al 50% y para el concreto autocompactante está próximo al 60% lo que en otras investigaciones han estimado es el 15% y 65% para la edad de 1 día y 7 días respectivamente, siendo necesario tener en cuenta por la importancia que tiene es la temperatura interna del concreto y la temperatura del ambiente

Con respecto a la resistencia a flexión del concreto el módulo de ruptura debe calcularse con $f_r = 0.61\lambda\sqrt{f'_c}$, donde $\lambda=1$ para la densidad de los especímenes ensayados, de acuerdo al comité ACI 318-19 y este valor se ubica entre el 10% y 20% de la resistencia a compresión alcanzada por lo que los resultados obtenidos también se encuentran en este intervalo.

En la investigación realizada por Chávez y Soncco (2019) se realiza la combinación de agregados de las canteras Vicho y Cunyac en proporciones de 20% y 80% respectivamente y en la presente investigación se realiza también una combinación para alcanzar los parámetros del análisis granulométrico de la Norma Técnica Peruana con respecto al agregado fino (NTP 400.012); pero con 40% de la cantera Vicho y 60% de la Cantera Cunyac.

Con respecto a la velocidad del pulso ultrasónico se usa como un método de prueba no destructiva del concreto en la ingeniería civil orientado por la norma ASTM C597 para una evaluación indirecta y relativa de la calidad del concreto, sin embargo, se tienen limitaciones debido a sus propiedades de los especímenes por lo que la velocidad y tiempo de transmisión no se comprenden mejor como en los materiales homogéneos.

5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

En la investigación los modelos de aproximación estudiados son diferentes para representar los patrones de comportamiento y evoluciones, ya que esta variabilidad dependerá en gran medida del método y los parámetros relacionados por lo que se tiene modelos de aproximación: logarítmica, polinómica y lineal por su mejor aproximación de acuerdo al coeficiente de determinación.



La evolución de en la adquisición de resistencia frente esfuerzo por compresión tanto del concreto convencional como del concreto autocompactante tienen similar comportamiento con las siguientes ecuaciones logarítmicas:

Concreto convencional

$$y = 61.856\ln(x) + 0.5141$$

$$R^2 = 0.9673$$

x: Edad (días) | y: Resistencia a compresión (kg/cm²)

Concreto autocompactante

$$y = 60.293\ln(x) + 10.435$$

$$R^2 = 0.9842$$

x: Edad (días) | y: Resistencia a compresión (kg/cm²)

Asimismo, evolución de en la adquisición de resistencia frente esfuerzo por flexión del concreto convencional y concreto autocompactante tienen también un comportamiento similar con las siguientes ecuaciones:

Concreto convencional

$$y = 7.4867\ln(x) + 5.7255$$

$$R^2 = 0.9668$$

x: Edad (días) | y: Módulo de ruptura (kg/cm²)

Concreto autocompactante

$$y = 7.5287\ln(x) + 4.2324$$

$$R^2 = 0.9684$$

x: Edad (días) | y: Módulo de ruptura (kg/cm²)

En consecuencia, una mejor línea de tendencia presenta el concreto autocompactante para ambos ensayos, y cuyos valores del esfuerzo a flexión se encuentran dentro del 10% y 20% de la resistencia a compresión adquirida en diferentes edades.

Con respecto al ensayo de velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto la ecuación que mejor se adapta es polinómica tanto para el concreto autocompactante como el convencional.

Concreto convencional

$$y = 0.000043675x^2 - 0.208195863x + 261.607086421$$

$$R^2 = 0.9541$$



x: VPU (m/s) | y: Resistencia a compresión (kg/cm²)

Concreto autocompactante

$$y = 0.000065353x^2 - 0.370610804x + 541.337883618$$

$$R^2 = 0.9635$$

x: VPU (m/s) | y: Resistencia a compresión (kg/cm²)

En consecuencia, la ecuación con mejor tendencia es del concreto autocompactante, siendo necesario precisar que debido a las características del concreto por los diferentes insumos que presenta como son los agregados, el cemento y/o aditivos, cada uno con sus propiedades y particularidades; convierten al concreto en un material heterogéneo y la dispersión de puntos en este ensayo es mayor, por lo tanto, cada concreto con el respectivo diseño de mezcla tendrá su particularidad.

En cuanto al índice de madurez se precisan comportamientos tanto lineales, así como logarítmicas para ambos concretos, el primero para la relación entre madurez y edades; y el segundo para la relación entre resistencia y madurez.

Concreto convencional esfuerzo a compresión

$$y = 254.27x + 52.505$$

$$R^2 = 0.9998$$

x: Edad (días) | y: Madurez (°C*h)

$$y = 63.128\ln(x) - 353.91$$

$$R^2 = 0.9653$$

x: Madurez (°C*h) | y: R. Compresión (kg/cm²)

Concreto autocompactante esfuerzo a compresión

$$y = 249.63x + 143.2$$

$$R^2 = 0.9954$$

x: Edad (días) | y: Madurez (°C*h)

$$y = 61.56\ln(x) - 336.52$$

$$R^2 = 0.9773$$

x: Madurez (°C*h) | y: R. Compresión (kg/cm²)

Concreto convencional esfuerzo a flexión

$$y = 254.32x + 59.559$$

$$R^2 = 0.9998$$

x: Edad (días) | y: Madurez (°C*h)

$$y = 7.7361\ln(x) - 37.953$$

$$R^2 = 0.9709$$

x: Madurez (°C*h) | y: M. Ruptura (kg/cm²)

Concreto autocompactante esfuerzo a flexión



$$y = 249.6x + 153.35$$

$$R^2 = 0.9955$$

x: Edad (días) | y: Madurez (°C*h)

$$y = 7.7498\ln(x) - 39.638$$

$$R^2 = 0.96$$

x: Madurez (°C*h) | y: M. Ruptura (kg/cm²)

Por lo tanto, se aprecia un adecuado índice de madurez por ser constante comprobando un adecuado proceso de curado para ambos concretos y esfuerzos; con respecto al esfuerzo a compresión del concreto autocompactante la ecuación de tendencia tiene un mejor comportamiento frente a la ecuación del concreto convencional; pero en el esfuerzo a flexión del concreto convencional la ecuación de tendencia es mejor.

5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis

La relación del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico varían en un rango del 10% al 15% de confiabilidad para determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ en diferentes edades, en la ciudad del Cusco – 2023

En concordancia con los objetivos que se plantearon en la investigación y de acuerdo a los procesos desarrollados, se demostraron las conclusiones más significativas.

Con respecto al índice de madurez para determinar la resistencia a compresión del concreto autocompactante y concreto convencional como parte de un método no destructivo después de los primeros días de edad se obtienen resistencias que están dentro del 10% y 15% de confiabilidad, teniendo buenos coeficientes de determinación (r^2) que sostiene una adecuada dependencia entre la resistencia a compresión como estimación directa y el método de madurez. Teniendo en cuenta que considerando los resultados de la investigación a partir de los datos obtenidos en laboratorio del concreto autocompactante y concreto convencional a los días: 1, 3, 5, 7, 14, 21 y 28 días los valores de r^2 son superiores a 0.9.

La velocidad del pulso ultrasónico a través, del concreto también como ensayo no destructivo frente al esfuerzo por compresión del concreto autocompactante y convencional después del primer día de madurez con respecto a la medición directa presenta resistencias también dentro del 10% y 15% de confiabilidad con coeficientes de determinación mayores al 0.90. Siendo importante precisar que es un ensayo rápido y factible de realizar sus resultados dependen de diferentes factores como propiedades del espécimen o muestras, asimismo, del personal quien ejecuta.



5.4. Aporte de la investigación

Como aporte de la investigación es brindar la información contextualizada correspondiente a los métodos no destructivos que se indican en el planteamiento de la problemática desde los primeros días hasta los 28 días de madurez del concreto de uso común $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, también sobre el concreto autocompactante que tiene características y propiedades particulares. Indicando lo realizable que es, conociendo sus propiedades físico-mecánicas para obtener concretos de mejor calidad, con mayor incidencia sobre el esfuerzo por compresión por ser la sollicitación principal del concreto en las construcciones.

En la presente investigación también se precisan criterios de selección de agregados, insumos, materiales y procedimientos a seguir con respecto a los diferentes ensayos previos a las dosificaciones de mezcla que son muy importantes a considerar, ya que tendrán mucha incidencia en el concreto durante su colocación y proceso de fraguado.

De acuerdo a la Cámara Peruana de la Construcción sobre la vulnerabilidad de construcciones que se indican en la identificación del problema se hace incidencia en el uso del concreto autocompactante y aditivos superplastificantes en nuestro medio por la ventaja que tienen para una mejor trabajabilidad, facilitando su transporte y colocación del concreto, optimizando la relación agua/cemento (A/C) porque la cantidad de agua es inversamente proporcional a la resistencia del concreto; por consiguiente, se tendrán mejores esfuerzos del concreto disminuyendo gastos económicos por la reducción del cemento. Por lo tanto, también se proponen diseños de mezcla del concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto autocompactante con materiales e insumos de nuestro medio, y aditivo superplastificante de fácil acceso; todos ellos fueron sometidos a ensayos normalizados en diferentes etapas cumpliendo con las sollicitaciones que se demuestran en los resultados y son sustentadas con las normativas nacionales e internacionales.

En la investigación también se hace un aporte importante con respecto a los gastos económicos generados entre el concreto autocompactante y el concreto convencional, donde resulta el primero con mejores costos unitarios por ser más económico frente al segundo.

La experiencia en la investigación manifiesta que los ensayos no destructivos estudiados son procedimientos útiles para determinar la calidad del concreto en estado endurecido con un porcentaje de confiabilidad.

Los procedimientos y procesos fueron encaminados con las Normas técnicas peruanas, las normas ASTM, los parámetros del ACI y normatividades europeas EFNARC; los cuales orientan y sustentan los resultados en la investigación.



Conclusiones

De la hipótesis general

“La relación del índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico varían en un rango del 10% al 15% de confiabilidad para determinar las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en diferentes edades, en la ciudad del Cusco – 2023”.

Se logró demostrar parcialmente la hipótesis general debido a que en el concreto convencional se puede observar que hasta el día 3 de edad presentan variaciones fuera de 10% a 15% y en el concreto autocompactante se observa que solo hasta el primer día presentan variaciones fuera de 10% a 15%. Es decir, después del tercer día de curado para ambos concretos tanto el índice de madurez y la velocidad del pulso ultrasónico permiten estimar la resistencia del concreto al esfuerzo de compresión con una variación dentro del rango de 10% a 15%.

(Ver tablas 95, 96, 97, 98, 99 y 100; figuras 136, 137, 138 y 139)

De la hipótesis específica 01

“El comportamiento de la temperatura para determinar el índice de madurez presenta una variación de $10^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$ del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco-2023”.

En la investigación se logra demostrar parcialmente la hipótesis específica 01 porque entre las primeras 24 horas de curado la variación para el concreto convencional se presenta una variación de 9°C a 25°C y en el concreto autocompactante se observa una variación entre 8°C y 23°C ; pero después del primer día de edad para ambos concretos la variación de la temperatura está dentro del margen de $10^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$.

(Ver figuras 126 y 127)

De la hipótesis específica 02

“La velocidad del pulso ultrasónico en función a la densidad del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ varía entre 3000 m/s y 4000 m/s en la ciudad de Cusco 2023”.

Con respecto a la hipótesis específica 02 se demuestra que la variación es menor, basándonos en los datos obtenidos y los cálculos realizados se observa que el valor de la densidad del concreto autocompactante y el concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se encuentran en un rango entre 2200 kg/m^3 y 2300 kg/m^3 y está compuesto por diferentes materiales como el agregado grueso, agregado fino, agua, cemento y aditivo en el caso del primero. Por lo tanto,



los especímenes presentan distintos componentes en su estructura interna haciéndolos materiales heterogéneos y cuya variación oscila entre 0 m/s y 200 m/s entre ambos concretos. (Ver figuras 122 y 124)

De la hipótesis específica 03

“Existe variación significativa en la evolución del índice y la curva de madurez a distintas edades de curado para determinar la resistencia a la compresión del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco-2023”.

De acuerdo a la hipótesis específica 03 en cuanto al índice de madurez tanto para concreto autocompactante como convencional la variación que presentan es constante, debido a que la gráfica del índice de madurez ($C^\circ \cdot h$) entre edad (días), mantiene una pendiente positiva y constante.

Con respecto a la curva de madurez existe una variación significativa entre el primer día hasta el séptimo día de curado, y posteriormente hasta el día 28 la variación es menor. Esto debido a su comportamiento del concreto de adquirir resistencias con mayor incidencia a los primeros días.

(Ver figuras 128, 130, 132 y 134)

De la hipótesis específica 04

“La velocidad del pulso ultrasónico varía con mayor incidencia en los primeros días de las diferentes edades de curado del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Cusco-2023”

Con respecto a la hipótesis específica 04 se comprueba que la velocidad del pulso ultrasónico varía con mayor incidencia en los primeros días de curado tanto del concreto autocompactante, así como en el concreto convencional $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$. En el concreto autocompactante se aprecia un incremento promedio de 3014 m/s a 4169 m/s en los primeros 7 días y para el concreto convencional se aprecia un incremento promedio de 2951 m/s a 3908 m/s también en los primeros 7 días. Ya que para las edades entre 7 y 28 días el incremento de velocidad se encuentra entre 500 m/s en ambos concretos.

(ver figuras 123 y 125)



De la hipótesis específica 05

“Existe relación de la curva de madurez del concreto autocompactante frente al concreto convencional $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ para estimar la resistencia a la flexión en la ciudad de Cusco-2023”.

Acerca de la hipótesis específica 05 se logra demostrar porque, para el concreto autocompactante, así como como para el concreto convencional la curva de madurez permite estimar la resistencia a flexión.

(ver figuras 133 y 135)



Sugerencias

Sugerencia N°01:

Se sugiere para futuras investigaciones realizar el proceso de mezclado del concreto autocompactante siguiendo la ficha técnica del aditivo, con la finalidad de asegurar las propiedades en estado fresco.

Sugerencia N°02:

Se sugiere para futuras investigaciones realizar pruebas piloto de la mezcla de concreto autocompactante, con la finalidad de optimizar los insumos y asegurar los parámetros de resistencia.

Sugerencia N°03:

Se sugiere para futuras investigaciones o aplicaciones en obra adaptar el equipo Madurímetro (sensor de temperatura), para garantizar su adecuado funcionamiento y obtener datos reales.

Sugerencia N°04:

Se sugiere para futuras investigaciones tener lecturas de temperatura con variaciones de 5 minutos a 30 minutos, con la finalidad de tener mejor precisión en la determinación de la madurez del concreto.

Sugerencia N°06:

Se sugiere para futuras investigaciones realizar varias estimaciones del tiempo de transmisión en el espécimen, para registrar el más apropiado.

Sugerencia N°07:

Se sugiere para la realización del ensayo de pulso ultrasónico aplicar el gel de acoplamiento necesario en los especímenes de concreto, sin escatimar ya que dependerá de ello la transmisión de onda adecuada entre los transductores.

Sugerencia N°08:

Se sugiere incorporar en futuras investigaciones los estudios realizados por Bureau of Reclamación donde demuestran resultados que permiten analizar la variación de resistencia a las primeras 72 horas, cuando el concreto se somete inicialmente a un curado a vapor. Por este



procedimiento el material es curado con presión ligeramente superior a la atmosférica donde la temperatura es aumentada en una proporción de 15°C por hora y evitando llegar a los 90°C antes de las seis horas.

Sugerencia N°09

Se sugiere implementar para futuras investigaciones el uso del aditivo superplastificante de tipo F (Aditivos reductores de agua de alto rango) de acuerdo a la Norma ASTM C 494, para reducir la cantidad de agua de mezclado requerido del concreto y tener un adecuado proceso de fraguado y desarrollo de resistencia inicial del concreto autocompactante.

Sugerencia N°10

Se sugiere para futuras investigaciones la evaluación y comparación del concreto autocompactante frente a otros tipos concreto de carácter fluido en estado fresco (concreto lanzado, concreto fluido, concreto bombeable, etc.), con la finalidad de tener certeza de sus aplicaciones en diferentes tipos de elementos estructurales y que asegure su calidad.



Referencias

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.
- Anahue, B., & Mallqui, A. (2016). *Indice de madurez a edades tempranas y resistencia a compresion para diseño de mezcla de pavimento rigido $f'c=245$ kg/cm², ciudad Cusco 2016*. Cusco: Universidad San Antonio Abad del Cusco.
- Baca Uscamayta, C. E. (2021). *Evaluacion de las propiedades mecanicas de un concreto autocompactable adicionando fibras sinteticas Sikacem®-1 Fiber*. Cusco: Yachay.
- Buron Maestro, M., Fernandez Gomez, J., & Garrido Romero, L. (2006). *Hormigon Autocompactante. Criterios para su utilizacion*. Revista Cemento hormigon.
- Cámara Peruana de la Construcción. (23 de Junio de 2021). *Capeco*. Obtenido de Capeco: <https://www.capeco.org/inicio>
- Chavez, D., & Soncco, S. (2019). *Analisis comprativo de las propiedades fisicas y mecanicas del concreto de resistencia $f'c=210$ kg/cm² y concreto autocompactable en funcion de la velocidad de pulso ultrasonico-cusco 2019*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- EFNARC. (2005). *Directrices Europeas paea el Hormigón Autocompactante*.
- Grijalva, C. (2020). *Concreto Armado*. Guatemala: CUNOC.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metdología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Abril de 2022). *INEI*. Obtenido de INEI: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/consumo-interno-de-cemento-crecio-225-en-abril-de-2022-13716/>
- Khalid Abdel, N. R. (2019). *Evaluating Concrete Quality using Nondestructive In-situ Testing Methods*. Coimbra: Portugal.



- Laranés Aravena, M. A. (2010). *Modelos en reología y aplicación a fluidos*. Santiago: Universidad de Chile.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://ww3.vivienda.gob.pe>
- Mohammed A, A., Mohammad, A., Asaad, A., Rita Nemes, N., & Sherif, Y. (2022). Effect of Nominal Maximum Aggregate Size on Performance of Recycled Aggregate Self-Consolidating Concrete: Experimental and Numerical Investigation. *ACI Materials Journal*.
- Molina, C., & Saldaña, S. (2014). *Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido*. Trujillo.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima: Ediciones Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Nacional.
- Pellicer, L. V. (2016). *Ensayos no Destructivos en Hormigón*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Peruana, N. T. (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto con muestras cilíndricas*. Lima: INACAL.
- Peruana, N. T. (2016). *Método de ensayo normalizado para la estimación de la resistencia del concreto por el método de la madurez*. Lima: INACAL.
- Piotr Wiciak, G. C., & Anna Polak, M. (2020). Frequency and Geometry Effects on Ultrasonic Pulse Velocity Measurements of Concrete Specimens. *ACI Materials Journal*.
- Porrero S, J., Ramos R, C., Grases G, J., & Velazco, G. (2014). *Manual del Concreto Estructural*. Caracas: PAG Marketing Soluciones.
- Rabanal, D., & Su Chaqui, A. (2017). *Diseño de un concreto autocompactable*. Lambayeque: Universidad de Señor de Sipán.



Raymond, B., & Mohsen, I. (2020). Maturity-Based Estimates of Concrete Strength for Portland Concrete Cement Pavements and Patches at Early Age of Opening to Traffic. *ACI Material Journal*.

Rivva. (2000). *Naturaleza de Materiales del concreto*. Lima: Capitulo Peruano ACI.

Solis, R., Moreno, E., & Castillo, W. (2004). *Predicción de la resistencia del concreto con base en la velocidad del pulso ultrasónico y un índice de calidad de agregados*. México.

Torre, A. (2004). *Curso basico de tecnologia del concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

Vidaud, E., & Vidaud, I. (2016). *Construcción y tecnología del concreto*. Tecnología.



Apéndices

Código de programación de madurímetros - ARDUINO

```
#include <SD.h>
File archivo;

#include <RTClib.h>
RTC_DS1307 RTC;
DateTime datTim;

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//uint8_t DS18B20_PIN=0;
//#include <OneWire.h>
#include "DallasTemperatureW.h"

#define LENDAT 25
#define TOTDAT (LENDAT+2)*10

char bufferFechaHora[LENDAT + 1];

int hora = 0, minuto = 0, segundo = 0;
int horAnt = 0, minAnt = 0, segAnt = 0;

char bufferDat[LENDAT + 1] = "";
char bufferDatShow[10][LENDAT + 3];
uint16_t sizeDat = 0;
uint8_t numSens = 0;

#define LMODE 14
#define LGET 15

#define SHOWRST 16
#define SHOWUP 17
#define SHOWDOWN A6

uint8_t modeShow = 0;
uint8_t idxShow = 0;

void initSensors() {
//sensors1.begin();
//sensors2.begin();
//sensors3.begin();
//sensors4.begin();
//sensors5.begin();
//sensors6.begin();
```



```
//sensors7.begin();
//sensors8.begin();
}

uint8_t selSens() {
uint8_t tempr = 0;

switch (numSens) {
case 0:
sensors_requestTemperatures(2);
//tempr = sensors_getTempCByIndex(0);
break;
case 1:
sensors_requestTemperatures(3);
//tempr = sensors2.getTempCByIndex(0);
break;
case 2:
sensors_requestTemperatures(4);
//tempr = sensors3.getTempCByIndex(0);
break;
case 3:
sensors_requestTemperatures(5);
//tempr = sensors4.getTempCByIndex(0);
break;
case 4:
sensors_requestTemperatures(6);
//tempr = sensors5.getTempCByIndex(0);
break;
case 5:
sensors_requestTemperatures(7);
//tempr = sensors6.getTempCByIndex(0);
break;
case 6:
sensors_requestTemperatures(8);
//tempr = sensors7.getTempCByIndex(0);
break;
case 7:
sensors_requestTemperatures(9);
//tempr = sensors8.getTempCByIndex(0);
break;
}
tempr = sensors_getTempCByIndex(0);
return tempr;
}

void loadDataShow() {
uint8_t numFil;
uint8_t idx;
Serial.println("DATA");
```



```
archivo = SD.open("datos.txt");
sizeDat = archivo.size();
numFil = sizeDat / (LENDAT + 2);
Serial.println(sizeDat);
Serial.println(numFil);
if (sizeDat > TOTDAT) {
    archivo.seek(sizeDat - TOTDAT);
    for (idx = 0; idx < 10; idx++) {
        archivo.read(bufferDatShow[idx], LENDAT + 2);
        Serial.println(bufferDatShow[idx]);
    }
}
else {
    archivo.seek(0);
    for (idx = 0; idx < numFil; idx++) {
        archivo.read(bufferDatShow[idx], LENDAT + 2);
        Serial.println(bufferDatShow[idx]);
    }
}
archivo.close();
Serial.println("FinShow");
}

void showLcd(char buff[]) {
    strncpy (bufferDat, buff, 10); bufferDat[10] = 0;
    lcd.setCursor(2, 0); lcd.print(bufferDat);
    strncpy (bufferDat, buff + 11, 8); bufferDat[8] = 0;
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(bufferDat);
    strncpy (bufferDat, buff + 20, 3); bufferDat[3] = 0;
    lcd.setCursor(11, 1); lcd.print(bufferDat);
    lcd.setCursor(15, 1); lcd.print((char) buff[24]);
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(SHOWRST, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SHOWUP, INPUT_PULLUP);
    //pinMode(SHOWDOWN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(LMODE, 1);
    pinMode(LGET, 1);

    if (!RTC.begin()) {
        Serial.println("RTC Fail");
        return;
    }

    ///RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));

    if (!SD.begin(10)) {
```



```
Serial.println("SD Fail");
return;
}

Serial.println("SD RTC OK");

initSensors();
lcd.init(); lcd.backlight();
lcd.setCursor(2, 0); lcd.print("DATA LOG");
}

void loop() {
datTim = RTC.now();
hora = datTim.hour();
minuto = datTim.minute();
segundo = datTim.second();

if ((segundo % 2 == 0) && (segundo != segAnt)) {
digitalWrite(LGET, 1);
uint8_t temp = selSens();
sprintf(bufferFechaHora, "%02d/%02d/%02d %02d:%02d:%02d %03d",
datTim.day(), datTim.month(), datTim.year(), datTim.hour(), datTim.minute(), da
tTim.second(), temp, numSens);
if (numSens == 7) numSens = 0; else numSens++;
archivo = SD.open("datos.txt", FILE_WRITE);
archivo.print(bufferFechaHora);
archivo.println("");
archivo.close();
if (!modeShow) showLcd(bufferFechaHora);
segAnt = segundo; minAnt = minuto;
digitalWrite(LGET, 0);
}

if (!digitalRead(SHOWRST)) {
if (!modeShow) {
digitalWrite(LMODE, 1);
modeShow = 1;
loadDataShow();
showLcd(bufferDatShow[idxShow]);
}
else {
digitalWrite(LMODE, 0);
modeShow = 0;
idxShow = 0;
}
delay(300);
}

if(analogRead(SHOWDOWN)<125){
```



```
    if(modeShow){
        if(idxShow!=0) showLcd(bufferDatShow[--idxShow]);
    }
    delay(300);
}

if (!digitalRead(SHOWUP)) {
    if (modeShow) {
        if (idxShow != 9) showLcd(bufferDatShow[++idxShow]);
    }
    delay(300);
}
}
```



Historial de temperaturas (promedio) de los madurímetros – concreto convencional

Table with 11 columns: Med_Historial_prom, Docm_CONVENC, Fecha_Hora, Temp, and 8 columns of temperature data (e.g., 12/07/2023:48:3 10.00, 12/07/2022:14:14:2 12.00, etc.).



15/07/2021:494	15/07/2021:190	15/07/2021:145	15/07/2021:143	15/07/2021:435	15/07/2021:124	15/07/2021:420	15/07/2021:112	15/07/2021:404
15/07/2021:550	15/07/2021:242	15/07/2021:503	15/07/2021:195	15/07/2021:406	15/07/2021:180	15/07/2021:472	15/07/2021:164	15/07/2021:400
15/07/2021:600	15/07/2021:264	15/07/2021:555	15/07/2021:251	15/07/2021:543	15/07/2021:232	15/07/2021:524	15/07/2021:182	15/07/2021:410
15/07/2021:654	15/07/2021:350	15/07/2021:130	15/07/2021:303	15/07/2021:595	15/07/2021:284	15/07/2021:580	15/07/2021:272	15/07/2021:464
15/07/2021:710	15/07/2021:402	15/07/2021:308	15/07/2021:355	15/07/2021:105	15/07/2021:340	15/07/2021:632	15/07/2021:324	15/07/2021:520
15/07/2021:762	15/07/2021:454	15/07/2021:115	15/07/2021:411	15/07/2021:105	15/07/2021:392	15/07/2021:684	15/07/2021:380	15/07/2021:572
15/07/2021:814	15/07/2021:510	15/07/2021:171	15/07/2021:463	15/07/2021:155	15/07/2021:444	15/07/2021:740	15/07/2021:432	15/07/2021:624
15/07/2021:866	15/07/2021:562	15/07/2021:223	15/07/2021:515	15/07/2021:201	15/07/2021:496	15/07/2021:792	15/07/2021:484	15/07/2021:676
15/07/2021:918	15/07/2021:614	15/07/2021:275	15/07/2021:567	15/07/2021:251	15/07/2021:548	15/07/2021:844	15/07/2021:536	15/07/2021:728
15/07/2021:970	15/07/2021:666	15/07/2021:327	15/07/2021:619	15/07/2021:301	15/07/2021:600	15/07/2021:896	15/07/2021:588	15/07/2021:780
15/07/2022:022	15/07/2021:718	15/07/2021:379	15/07/2021:671	15/07/2021:351	15/07/2021:652	15/07/2021:948	15/07/2021:640	15/07/2021:832
15/07/2022:074	15/07/2021:770	15/07/2021:431	15/07/2021:723	15/07/2021:401	15/07/2021:704	15/07/2021:1000	15/07/2021:692	15/07/2021:884
15/07/2022:126	15/07/2021:822	15/07/2021:483	15/07/2021:775	15/07/2021:451	15/07/2021:756	15/07/2021:1052	15/07/2021:744	15/07/2021:936
15/07/2022:178	15/07/2021:874	15/07/2021:535	15/07/2021:827	15/07/2021:501	15/07/2021:808	15/07/2021:1104	15/07/2021:796	15/07/2021:988
15/07/2022:230	15/07/2021:926	15/07/2021:587	15/07/2021:879	15/07/2021:551	15/07/2021:860	15/07/2021:1156	15/07/2021:848	15/07/2022:040
15/07/2022:282	15/07/2021:978	15/07/2021:639	15/07/2021:931	15/07/2021:601	15/07/2021:912	15/07/2021:1208	15/07/2021:900	15/07/2022:092
15/07/2022:334	15/07/2022:030	15/07/2021:691	15/07/2021:983	15/07/2021:651	15/07/2021:964	15/07/2021:1260	15/07/2021:952	15/07/2022:144
15/07/2022:386	15/07/2022:082	15/07/2021:743	15/07/2022:035	15/07/2021:701	15/07/2021:1016	15/07/2021:1312	15/07/2021:1004	15/07/2022:196
15/07/2022:438	15/07/2022:134	15/07/2021:795	15/07/2022:087	15/07/2021:751	15/07/2021:1068	15/07/2021:1364	15/07/2021:1056	15/07/2022:248
15/07/2022:490	15/07/2022:186	15/07/2021:847	15/07/2022:139	15/07/2021:801	15/07/2021:1120	15/07/2021:1416	15/07/2021:1108	15/07/2022:300
15/07/2022:542	15/07/2022:238	15/07/2021:899	15/07/2022:191	15/07/2021:851	15/07/2021:1172	15/07/2021:1468	15/07/2021:1160	15/07/2022:352
15/07/2022:594	15/07/2022:290	15/07/2021:951	15/07/2022:243	15/07/2021:901	15/07/2021:1224	15/07/2021:1520	15/07/2021:1212	15/07/2022:404
15/07/2022:646	15/07/2022:342	15/07/2021:1003	15/07/2022:295	15/07/2021:951	15/07/2021:1276	15/07/2021:1572	15/07/2021:1264	15/07/2022:456
15/07/2022:698	15/07/2022:394	15/07/2021:1055	15/07/2022:347	15/07/2021:1001	15/07/2021:1328	15/07/2021:1624	15/07/2021:1316	15/07/2022:508
15/07/2022:750	15/07/2022:446	15/07/2021:1107	15/07/2022:399	15/07/2021:1051	15/07/2021:1380	15/07/2021:1676	15/07/2021:1368	15/07/2022:560
15/07/2022:802	15/07/2022:498	15/07/2021:1159	15/07/2022:451	15/07/2021:1101	15/07/2021:1432	15/07/2021:1728	15/07/2021:1420	15/07/2022:612
15/07/2022:854	15/07/2022:550	15/07/2021:1211	15/07/2022:503	15/07/2021:1151	15/07/2021:1484	15/07/2021:1780	15/07/2021:1472	15/07/2022:664
15/07/2022:906	15/07/2022:602	15/07/2021:1263	15/07/2022:555	15/07/2021:1201	15/07/2021:1536	15/07/2021:1832	15/07/2021:1524	15/07/2022:716
15/07/2022:958	15/07/2022:654	15/07/2021:1315	15/07/2022:607	15/07/2021:1251	15/07/2021:1588	15/07/2021:1884	15/07/2021:1576	15/07/2022:768
15/07/2023:010	15/07/2022:706	15/07/2021:1367	15/07/2022:659	15/07/2021:1301	15/07/2021:1640	15/07/2021:1936	15/07/2021:1628	15/07/2022:820
15/07/2023:062	15/07/2022:758	15/07/2021:1419	15/07/2022:711	15/07/2021:1351	15/07/2021:1692	15/07/2021:1988	15/07/2021:1680	15/07/2022:872
15/07/2023:114	15/07/2022:810	15/07/2021:1471	15/07/2022:763	15/07/2021:1401	15/07/2021:1744	15/07/2021:2040	15/07/2021:1732	15/07/2022:924
15/07/2023:166	15/07/2022:862	15/07/2021:1523	15/07/2022:815	15/07/2021:1451	15/07/2021:1796	15/07/2021:2092	15/07/2021:1784	15/07/2022:976
15/07/2023:218	15/07/2022:914	15/07/2021:1575	15/07/2022:867	15/07/2021:1501	15/07/2021:1848	15/07/2021:2144	15/07/2021:1836	15/07/2023:028
15/07/2023:270	15/07/2022:966	15/07/2021:1627	15/07/2022:919	15/07/2021:1551	15/07/2021:1900	15/07/2021:2196	15/07/2021:1888	15/07/2023:080
15/07/2023:322	15/07/2022:1018	15/07/2021:1679	15/07/2022:971	15/07/2021:1601	15/07/2021:1952	15/07/2021:2248	15/07/2021:1940	15/07/2023:132
15/07/2023:374	15/07/2022:1070	15/07/2021:1731	15/07/2022:1023	15/07/2021:1651	15/07/2021:2004	15/07/2021:2300	15/07/2021:1992	15/07/2023:184
15/07/2023:426	15/07/2022:1122	15/07/2021:1783	15/07/2022:1075	15/07/2021:1701	15/07/2021:2056	15/07/2021:2352	15/07/2021:2044	15/07/2023:236
15/07/2023:478	15/07/2022:1174	15/07/2021:1835	15/07/2022:1127	15/07/2021:1751	15/07/2021:2108	15/07/2021:2404	15/07/2021:2096	15/07/2023:288
15/07/2023:530	15/07/2022:1226	15/07/2021:1887	15/07/2022:1179	15/07/2021:1801	15/07/2021:2160	15/07/2021:2456	15/07/2021:2148	15/07/2023:340
15/07/2023:582	15/07/2022:1278	15/07/2021:1939	15/07/2022:1231	15/07/2021:1851	15/07/2021:2212	15/07/2021:2508	15/07/2021:2200	15/07/2023:392
15/07/2023:634	15/07/2022:1330	15/07/2021:1991	15/07/2022:1283	15/07/2021:1901	15/07/2021:2264	15/07/2021:2560	15/07/2021:2252	15/07/2023:444
15/07/2023:686	15/07/2022:1382	15/07/2021:2043	15/07/2022:1335	15/07/2021:1951	15/07/2021:2316	15/07/2021:2612	15/07/2021:2304	15/07/2023:496
15/07/2023:738	15/07/2022:1434	15/07/2021:2095	15/07/2022:1387	15/07/2021:2001	15/07/2021:2368	15/07/2021:2664	15/07/2021:2356	15/07/2023:548
15/07/2023:790	15/07/2022:1486	15/07/2021:2147	15/07/2022:1439	15/07/2021:2051	15/07/2021:2420	15/07/2021:2716	15/07/2021:2408	15/07/2023:600
15/07/2023:842	15/07/2022:1538	15/07/2021:2199	15/07/2022:1491	15/07/2021:2101	15/07/2021:2472	15/07/2021:2768	15/07/2021:2460	15/07/2023:652
15/07/2023:894	15/07/2022:1590	15/07/2021:2251	15/07/2022:1543	15/07/2021:2151	15/07/2021:2524	15/07/2021:2820	15/07/2021:2512	15/07/2023:704
15/07/2023:946	15/07/2022:1642	15/07/2021:2303	15/07/2022:1595	15/07/2021:2201	15/07/2021:2576	15/07/2021:2872	15/07/2021:2564	15/07/2023:756
15/07/2023:998	15/07/2022:1694	15/07/2021:2355	15/07/2022:1647	15/07/2021:2251	15/07/2021:2628	15/07/2021:2924	15/07/2021:2616	15/07/2023:808
15/07/2024:050	15/07/2022:1746	15/07/2021:2407	15/07/2022:1699	15/07/2021:2301	15/07/2021:2680	15/07/2021:2976	15/07/2021:2668	15/07/2023:860
15/07/2024:102	15/07/2022:1798	15/07/2021:2459	15/07/2022:1751	15/07/2021:2351	15/07/2021:2732	15/07/2021:3028	15/07/2021:2720	15/07/2023:912
15/07/2024:154	15/07/2022:1850	15/07/2021:2511	15/07/2022:1803	15/07/2021:2401	15/07/2021:2784	15/07/2021:3080	15/07/2021:2772	15/07/2023:964
15/07/2024:206	15/07/2022:1902	15/07/2021:2563	15/07/2022:1855	15/07/2021:2451	15/07/2021:2836	15/07/2021:3132	15/07/2021:2824	15/07/2023:1016
15/07/2024:258	15/07/2022:1954	15/07/2021:2615	15/07/2022:1907	15/07/2021:2501	15/07/2021:2888	15/07/2021:3184	15/07/2021:2876	15/07/2023:1068
15/07/2024:310	15/07/2022:2006	15/07/2021:2667	15/07/2022:1959	15/07/2021:2551	15/07/2021:2940	15/07/2021:3236	15/07/2021:2928	15/07/2023:1120
15/07/2024:362	15/07/2022:2058	15/07/2021:2719	15/07/2022:2011	15/07/2021:2601	15/07/2021:2992	15/07/2021:3288	15/07/2021:2980	15/07/2023:1172
15/07/2024:414	15/07/2022:2110	15/07/2021:2771	15/07/2022:2063	15/07/2021:2651	15/07/2021:3044	15/07/2021:3340	15/07/2021:3032	15/07/2023:1224
15/07/2024:466	15/07/2022:2162	15/07/2021:2823	15/07/2022:2115	15/07/2021:2701	15/07/2021:3096	15/07/2021:3392	15/07/2021:3084	15/07/2023:1276
15/07/2024:518	15/07/2022:2214	15/07/2021:2875	15/07/2022:2167	15/07/2021:2751	15/07/2021:3148	15/07/2021:3444	15/07/2021:3136	15/07/2023:1328
15/07/2024:570	15/07/2022:2266	15/07/2021:2927	15/07/2022:2219	15/07/2021:2801	15/07/2021:3200	15/07/2021:3496	15/07/2021:3188	15/07/2023:1380
15/07/2024:622	15/07/2022:2318	15/07/2021:2979	15/07/2022:2271	15/07/2021:2851	15/07/2021:3252	15/07/2021:3548	15/07/2021:3240	15/07/2023:1432
15/07/2024:674	15/07/2022:2370	15/07/2021:3031	15/07/2022:2323	15/07/2021:2901	15/07/2021:3304	15/07/2021:3600	15/07/2021:3292	15/07/2023:1484
15/07/2024:726	15/07/2022:2422	15/07/2021:3083	15/07/2022:2375	15/07/2021:2951	15/07/2021:3356	15/07/2021:3652	15/07/2021:3344	15/07/2023:1536
15/07/2024:778	15/07/2022:2474	15/07/2021:3135	15/07/2022:2427	15/07/2021:3001	15/07/2021:3408	15/07/2021:3704	15/07/2021:3396	15/07/2023:1588
15/07/2024:830	15/07/2022:2526	15/07/2021:3187	15/07/2022:2479	15/07/2021:3051	15/07/2021:3460	15/07/2021:3756	15/07/2021:3448	15/07/2023:1640
15/07/2024:882	15/07/2022:2578	15/07/2021:3239	15/07/2022:2531	15/07/2021:3101	15/07/2021:3512	15/07/2021:3808	15/07/2021:3500	15/07/2023:1692
15/07/2024:934	15/07/2022:2630	15/07/2021:3291	15/07/2022:2583	15/07/2021:3151	15/07/2021:3564	15/07/2021:3860	15/07/2021:3552	15/07/2023:1744
15/07/2024:986	15/07/2022:2682	15/07/2021:3343	15/07/2022:2635	15/07/2021:3201	15/07/2021:3616			



1907/20215-10011.000	1907/20201-396211.000	1907/20212-068411.000	1907/20202-38011.000	2007/20209-06512.000	2007/20202-000411.000	2107/20206-30010.000	2107/20216-59210.000	2207/20203-38410.000
1907/20215-15211.000	1907/20201-444411.000	1907/20212-104011.000	1907/20202-43211.000	2007/20209-12312.000	2007/20202-06011.000	2107/20206-35210.000	2107/20217-04410.000	2207/20203-34010.000
1907/20215-20411.000	1907/20201-50011.000	1907/20212-196211.000	1907/20202-48411.000	2007/20209-17312.000	2007/20202-11211.000	2107/20206-40410.000	2107/20217-1010.000	2207/20203-36210.000
1907/20215-26011.000	1907/20201-55211.000	1907/20212-244411.000	1907/20202-54011.000	2007/20209-22512.000	2007/20202-16411.000	2107/20206-46010.000	2107/20217-15210.000	2207/20203-34410.000
1907/20215-31211.000	1907/20202-00411.000	1907/20212-30011.000	1907/20202-59211.000	2007/20209-28112.000	2007/20202-22011.000	2107/20206-51210.000	2107/20217-20410.000	2207/20203-50010.000
1907/20215-36411.000	1907/20202-06011.000	1907/20212-35211.000	1907/20202-64411.000	2007/20209-33312.000	2007/20202-27211.000	2107/20206-56410.000	2107/20217-26010.000	2207/20203-55210.000
1907/20215-42011.000	1907/20202-11211.000	1907/20212-40411.000	1907/20202-69611.000	2007/20209-38512.000	2007/20202-32411.000	2107/20206-61610.000	2107/20217-31210.000	2207/20203-60410.000
1907/20215-47211.000	1907/20202-16411.000	1907/20212-45611.000	1907/20202-74811.000	2007/20209-44112.000	2007/20202-37611.000	2107/20206-66810.000	2107/20217-36410.000	2207/20203-65610.000
1907/20215-52411.000	1907/20202-21611.000	1907/20212-50811.000	1907/20202-79611.000	2007/20209-49312.000	2007/20202-42811.000	2107/20206-72010.000	2107/20217-41610.000	2207/20203-70810.000
1907/20215-58011.000	1907/20202-27211.000	1907/20212-56011.000	1907/20202-84411.000	2007/20209-54512.000	2007/20202-48011.000	2107/20206-77210.000	2107/20217-46810.000	2207/20203-76010.000
1907/20216-03211.000	1907/20202-32411.000	1907/20213-02011.000	1907/20202-91211.000	2007/20209-60112.000	2007/20202-53211.000	2107/20206-82410.000	2107/20217-52010.000	2207/20203-81210.000
1907/20216-08411.000	1907/20202-38011.000	1907/20213-07211.000	1907/20202-96411.000	2007/20209-65312.000	2007/20202-58411.000	2107/20206-87610.000	2107/20217-57210.000	2207/20203-86410.000
1907/20216-14011.000	1907/20202-43211.000	1907/20213-12411.000	1907/20202-101611.000	2007/20209-70512.000	2007/20202-63611.000	2107/20206-92810.000	2107/20218-03210.000	2207/20203-91610.000
1907/20216-19211.000	1907/20202-48411.000	1907/20213-17611.000	1907/20202-106811.000	2007/20209-75712.000	2007/20202-68811.000	2107/20206-98010.000	2107/20218-08410.000	2207/20203-96810.000
1907/20216-24411.000	1907/20202-54011.000	1907/20213-22811.000	1907/20202-112011.000	2007/20209-80912.000	2007/20202-74011.000	2107/20206-103210.000	2107/20218-13610.000	2207/20203-102010.000
1907/20216-30011.000	1907/20202-59211.000	1907/20213-28011.000	1907/20202-117211.000	2007/20209-86112.000	2007/20202-79211.000	2107/20206-108410.000	2107/20218-18810.000	2207/20203-107210.000
1907/20216-35211.000	1907/20203-04411.000	1907/20213-33211.000	1907/20202-122411.000	2007/20209-91312.000	2007/20202-84411.000	2107/20206-113610.000	2107/20218-24010.000	2207/20203-112410.000
1907/20216-40411.000	1907/20203-10011.000	1907/20213-38411.000	1907/20202-127611.000	2007/20209-96512.000	2007/20202-89611.000	2107/20206-118810.000	2107/20218-29210.000	2207/20203-117610.000
1907/20216-45611.000	1907/20203-15211.000	1907/20213-43611.000	1907/20202-132811.000	2007/20209-101712.000	2007/20202-94811.000	2107/20206-124010.000	2107/20218-34410.000	2207/20203-122810.000
1907/20216-51211.000	1907/20203-20411.000	1907/20213-48811.000	1907/20202-138011.000	2007/20209-106912.000	2007/20202-100011.000	2107/20206-129210.000	2107/20218-39610.000	2207/20203-128010.000
1907/20216-56411.000	1907/20203-25611.000	1907/20213-54011.000	1907/20202-143211.000	2007/20209-11211.000	2007/20202-105211.000	2107/20206-134410.000	2107/20218-44810.000	2207/20203-133210.000
1907/20216-61611.000	1907/20203-30811.000	1907/20213-59211.000	1907/20202-148411.000	2007/20209-117312.000	2007/20202-110411.000	2107/20206-139610.000	2107/20218-50010.000	2207/20203-138410.000
1907/20216-66811.000	1907/20203-36011.000	1907/20214-04411.000	1907/20202-153611.000	2007/20209-122512.000	2007/20202-115611.000	2107/20206-144810.000	2107/20218-55210.000	2207/20203-143610.000
1907/20216-72011.000	1907/20203-41211.000	1907/20214-09611.000	1907/20202-158811.000	2007/20209-127712.000	2007/20202-120811.000	2107/20206-150010.000	2107/20218-60410.000	2207/20203-148810.000
1907/20216-77211.000	1907/20203-46411.000	1907/20214-14811.000	1907/20202-164011.000	2007/20209-132912.000	2007/20202-126011.000	2107/20206-155210.000	2107/20218-65610.000	2207/20203-154010.000
1907/20216-82411.000	1907/20203-51611.000	1907/20214-20011.000	1907/20202-169211.000	2007/20209-13811.000	2007/20202-131211.000	2107/20206-160410.000	2107/20218-70810.000	2207/20203-159210.000
1907/20216-87611.000	1907/20203-56811.000	1907/20214-25211.000	1907/20202-174411.000	2007/20209-143312.000	2007/20202-136411.000	2107/20206-165610.000	2107/20218-76010.000	2207/20203-164410.000
1907/20216-92811.000	1907/20203-62011.000	1907/20214-30411.000	1907/20202-179611.000	2007/20209-148512.000	2007/20202-141611.000	2107/20206-170810.000	2107/20218-81210.000	2207/20203-169610.000
1907/20217-03211.000	1907/20203-67211.000	1907/20214-35611.000	1907/20202-184811.000	2007/20209-153712.000	2007/20202-146811.000	2107/20206-176010.000	2107/20218-86410.000	2207/20203-174810.000
1907/20217-08411.000	1907/20203-72411.000	1907/20214-40811.000	1907/20202-190011.000	2007/20209-158912.000	2007/20202-152011.000	2107/20206-181210.000	2107/20218-91610.000	2207/20203-180010.000
1907/20217-13611.000	1907/20203-77611.000	1907/20214-46011.000	1907/20202-195211.000	2007/20209-16411.000	2007/20202-157211.000	2107/20206-186410.000	2107/20218-96810.000	2207/20203-185210.000
1907/20217-18811.000	1907/20203-82811.000	1907/20214-51211.000	1907/20202-200411.000	2007/20209-169312.000	2007/20202-162411.000	2107/20206-191610.000	2107/20218-102010.000	2207/20203-190410.000
1907/20217-24011.000	1907/20203-88011.000	1907/20214-56411.000	1907/20202-205611.000	2007/20209-174512.000	2007/20202-167611.000	2107/20206-196810.000	2107/20218-107210.000	2207/20203-195610.000
1907/20217-29211.000	1907/20203-93211.000	1907/20214-61611.000	1907/20202-210811.000	2007/20209-179712.000	2007/20202-172811.000	2107/20206-202010.000	2107/20218-112410.000	2207/20203-200810.000
1907/20217-34411.000	1907/20203-98411.000	1907/20214-66811.000	1907/20202-216011.000	2007/20209-184912.000	2007/20202-178011.000	2107/20206-207210.000	2107/20218-117610.000	2207/20203-206010.000
1907/20217-39611.000	1907/20204-03611.000	1907/20214-72011.000	1907/20202-221211.000	2007/20209-19011.000	2007/20202-183211.000	2107/20206-212410.000	2107/20218-122810.000	2207/20203-211210.000
1907/20217-44811.000	1907/20204-08811.000	1907/20214-77211.000	1907/20202-226411.000	2007/20209-195312.000	2007/20202-188411.000	2107/20206-217610.000	2107/20218-128010.000	2207/20203-216410.000
1907/20217-50011.000	1907/20204-14011.000	1907/20214-82411.000	1907/20202-231611.000	2007/20209-200512.000	2007/20202-193611.000	2107/20206-222810.000	2107/20218-133210.000	2207/20203-221610.000
1907/20217-55211.000	1907/20204-19211.000	1907/20214-87611.000	1907/20202-236811.000	2007/20209-205712.000	2007/20202-198811.000	2107/20206-228010.000	2107/20218-138410.000	2207/20203-226810.000
1907/20217-60411.000	1907/20204-24411.000	1907/20214-92811.000	1907/20202-242011.000	2007/20209-210912.000	2007/20202-204011.000	2107/20206-233210.000	2107/20218-143610.000	2207/20203-232010.000
1907/20217-65611.000	1907/20204-29611.000	1907/20214-98011.000	1907/20202-247211.000	2007/20209-21611.000	2007/20202-209211.000	2107/20206-238410.000	2107/20218-148810.000	2207/20203-237210.000
1907/20217-70811.000	1907/20204-34811.000	1907/20215-03211.000	1907/20202-252411.000	2007/20209-221312.000	2007/20202-214411.000	2107/20206-243610.000	2107/20218-154010.000	2207/20203-242410.000
1907/20217-76011.000	1907/20204-40011.000	1907/20215-08411.000	1907/20202-257611.000	2007/20209-226512.000	2007/20202-219611.000	2107/20206-248810.000	2107/20218-159210.000	2207/20203-247610.000
1907/20217-81211.000	1907/20204-45211.000	1907/20215-13611.000	1907/20202-262811.000	2007/20209-231712.000	2007/20202-224811.000	2107/20206-254010.000	2107/20218-164410.000	2207/20203-252810.000
1907/20217-86411.000	1907/20204-50411.000	1907/20215-18811.000	1907/20202-268011.000	2007/20209-236912.000	2007/20202-230011.000	2107/20206-259210.000	2107/20218-169610.000	2207/20203-258010.000
1907/20217-91611.000	1907/20204-55611.000	1907/20215-24011.000	1907/20202-273211.000	2007/20209-24211.000	2007/20202-235211.000	2107/20206-264410.000	2107/20218-174810.000	2207/20203-263210.000
1907/20217-96811.000	1907/20204-60811.000	1907/20215-29211.000	1907/20202-278411.000	2007/20209-247312.000	2007/20202-240411.000	2107/20206-269610.000	2107/20218-180010.000	2207/20203-268410.000
1907/20218-02011.000	1907/20204-66011.000	1907/20215-34411.000	1907/20202-283611.000	2007/20209-252512.000	2007/20202-245611.000	2107/20206-274810.000	2107/20218-185210.000	2207/20203-273610.000
1907/20218-07211.000	1907/20204-71211.000	1907/20215-39611.000	1907/20202-288811.000	2007/20209-257712.000	2007/20202-250811.000	2107/20206-280010.000	2107/20218-190410.000	2207/20203-278810.000
1907/20218-12411.000	1907/20204-76411.000	1907/20215-44811.000	1907/20202-294011.000	2007/20209-262912.000	2007/20202-256011.000	2107/20206-285210.000	2107/20218-195610.000	2207/20203-284010.000
1907/20218-17611.000	1907/20204-81611.000	1907/20215-50011.000	1907/20202-299211.000	2007/20209-26811.000	2007/20202-261211.000	2107/20206-290410.000	2107/20218-200810.000	2207/20203-289210.000
1907/20218-22811.000	1907/20204-86811.000	1907/20215-55211.000	1907/20202-304411.000	2007/20209-273312.000	2007/20202-266411.000	2107/20206-295610.000	2107/20218-206010.000	2207/20203-294410.000
1907/20218-28011.000	1907/20204-92011.000	1907/20215-60411.0						



23/07/20213:58:0	23/07/20210:27:10	23/07/20210:58:4	23/07/20211:29:3	24/07/20207:54:3	24/07/20218:37:5	25/07/20205:07:1	25/07/20215:38:3	25/07/20202:58:5
23/07/20214:03:2	23/07/2020:32:4	23/07/20211:02:0	23/07/20211:30:5	24/07/20207:59:9	24/07/20218:43:1	25/07/20205:12:3	25/07/20215:41:5	25/07/20202:11:1
23/07/20214:08:4	23/07/2020:38:0	23/07/20211:07:2	23/07/20211:38:1	24/07/20208:05:0	24/07/20218:48:3	25/07/20205:17:5	25/07/20215:47:1	25/07/20202:16:3
23/07/20214:14:0	23/07/2020:43:2	23/07/20211:12:4	23/07/20211:41:3	24/07/20208:10:0	24/07/20218:53:5	25/07/20205:23:1	25/07/20215:52:3	25/07/20202:21:5
23/07/20214:19:2	23/07/2020:48:4	23/07/20211:18:0	23/07/20211:48:5	24/07/20208:15:5	24/07/20218:59:1	25/07/20205:28:3	25/07/20215:57:5	25/07/20202:27:1
23/07/20214:24:4	23/07/2020:54:0	23/07/20211:23:2	23/07/20211:52:1	24/07/20208:21:0	24/07/20219:04:3	25/07/20205:33:5	25/07/20216:03:0	25/07/20202:32:3
23/07/20214:30:0	23/07/2020:59:2	23/07/20211:28:4	23/07/20211:57:3	24/07/20208:26:9	24/07/20219:09:5	25/07/20205:39:1	25/07/20216:08:3	25/07/20202:37:5
23/07/20214:35:2	23/07/2021:04:4	23/07/20211:34:0	23/07/20211:40:2	24/07/20208:31:5	24/07/20219:15:1	25/07/20205:44:3	25/07/20216:13:5	25/07/20202:43:0
23/07/20214:40:8	23/07/2020:59:6	23/07/20211:39:2	23/07/20211:45:4	24/07/20208:37:0	24/07/20219:20:3	25/07/20205:49:5	25/07/20216:19:1	25/07/20202:48:3
23/07/20214:46:0	23/07/2021:05:2	23/07/20211:44:4	23/07/20211:50:6	24/07/20208:42:3	24/07/20219:25:5	25/07/20205:55:1	25/07/20216:24:3	25/07/20202:53:5
23/07/20214:51:2	23/07/2021:10:4	23/07/20211:50:0	23/07/20211:56:2	24/07/20208:47:6	24/07/20219:31:1	25/07/20206:00:3	25/07/20216:29:5	25/07/20202:59:1
23/07/20214:56:4	23/07/2021:15:6	23/07/20211:55:2	23/07/20212:01:4	24/07/20208:53:1	24/07/20219:36:3	25/07/20206:05:5	25/07/20216:35:1	25/07/20203:04:3
23/07/20215:02:0	23/07/2021:20:8	23/07/20212:00:4	23/07/20212:06:6	24/07/20208:58:3	24/07/20219:41:5	25/07/20206:11:1	25/07/20216:40:3	25/07/20203:09:5
23/07/20215:07:2	23/07/2021:26:0	23/07/20212:06:0	23/07/20212:12:2	24/07/20209:03:3	24/07/20219:47:1	25/07/20206:16:3	25/07/20216:45:5	25/07/20203:15:1
23/07/20215:12:4	23/07/2021:31:2	23/07/20212:11:2	23/07/20212:17:4	24/07/20209:09:0	24/07/20219:52:3	25/07/20206:21:5	25/07/20216:51:1	25/07/20203:20:3
23/07/20215:18:0	23/07/2021:36:4	23/07/20212:16:4	23/07/20212:22:6	24/07/20209:14:5	24/07/20219:57:5	25/07/20206:27:1	25/07/20216:56:3	25/07/20203:25:5
23/07/20215:23:2	23/07/2021:41:6	23/07/20212:21:6	23/07/20212:27:8	24/07/20209:20:0	24/07/2022:03:0	25/07/20206:32:3	25/07/20217:01:5	25/07/20203:31:1
23/07/20215:28:4	23/07/2021:46:8	23/07/20212:27:2	23/07/20212:33:4	24/07/20209:25:5	24/07/2022:08:3	25/07/20206:37:5	25/07/20217:07:1	25/07/20203:36:3
23/07/20215:34:0	23/07/2021:52:0	23/07/20212:32:4	23/07/20212:38:0	24/07/20209:30:3	24/07/2022:13:5	25/07/20206:43:1	25/07/20217:12:3	25/07/20203:41:5
23/07/20215:39:2	23/07/2021:57:2	23/07/20212:38:0	23/07/20212:43:6	24/07/20209:35:5	24/07/2022:18:7	25/07/20206:48:3	25/07/20217:17:5	25/07/20203:46:7
23/07/20215:44:4	23/07/2022:02:4	23/07/20212:43:2	23/07/20212:48:6	24/07/20209:40:9	24/07/2022:23:9	25/07/20206:53:5	25/07/20217:23:1	25/07/20203:51:9
23/07/20215:50:0	23/07/2022:07:6	23/07/20212:48:4	23/07/20212:53:8	24/07/20209:46:3	24/07/2022:29:1	25/07/20206:59:1	25/07/20217:28:3	25/07/20203:57:1
23/07/20215:55:2	23/07/2022:12:8	23/07/20212:54:0	23/07/20212:59:4	24/07/20209:51:5	24/07/2022:34:3	25/07/20207:04:3	25/07/20217:33:5	25/07/20204:02:3
23/07/20216:00:4	23/07/2022:18:0	23/07/20212:59:2	23/07/2023:04:6	24/07/20209:57:0	24/07/2022:39:5	25/07/20207:09:5	25/07/20217:39:1	25/07/20204:07:5
23/07/20216:05:6	23/07/2022:23:2	23/07/2023:00:0	23/07/2023:05:4	24/07/20210:02:5	24/07/2022:44:7	25/07/20207:15:1	25/07/20217:44:3	25/07/20204:12:7
23/07/20216:10:8	23/07/2022:28:4	23/07/2023:05:2	23/07/2023:10:6	24/07/20210:07:9	24/07/2022:49:9	25/07/20207:20:3	25/07/20217:49:5	25/07/20204:17:9
23/07/20216:16:0	23/07/2022:33:6	23/07/2023:10:0	23/07/2023:15:2	24/07/20210:13:1	24/07/2022:55:1	25/07/20207:25:5	25/07/20217:55:1	25/07/20204:23:1
23/07/20216:21:2	23/07/2022:38:8	23/07/2023:15:2	23/07/2023:20:4	24/07/20210:18:3	24/07/2022:60:3	25/07/20207:31:1	25/07/20218:00:3	25/07/20204:28:3
23/07/20216:26:4	23/07/2022:44:0	23/07/2023:20:0	23/07/2023:25:2	24/07/20210:23:5	24/07/2022:65:5	25/07/20207:36:3	25/07/20218:05:5	25/07/20204:33:5
23/07/20216:31:6	23/07/2022:49:2	23/07/2023:25:2	23/07/2023:30:4	24/07/20210:28:7	24/07/2022:70:7	25/07/20207:41:5	25/07/20218:10:7	25/07/20204:38:7
23/07/20216:36:8	23/07/2022:54:4	23/07/2023:30:4	23/07/2023:35:6	24/07/20210:34:1	24/07/2022:75:9	25/07/20207:46:7	25/07/20218:15:9	25/07/20204:43:9
23/07/20216:42:0	23/07/2022:59:6	23/07/2023:35:6	23/07/2023:40:8	24/07/20210:39:3	24/07/2022:81:1	25/07/20207:51:9	25/07/20218:21:1	25/07/20204:49:1
23/07/20216:47:2	23/07/2023:04:8	23/07/2023:40:8	23/07/2023:46:0	24/07/20210:44:5	24/07/2022:86:3	25/07/20207:57:1	25/07/20218:26:3	25/07/20204:54:3
23/07/20216:52:4	23/07/2023:10:0	23/07/2023:46:0	23/07/2023:51:2	24/07/20210:49:7	24/07/2022:91:5	25/07/20208:02:3	25/07/20218:31:5	25/07/20204:59:5
23/07/20216:57:6	23/07/2023:15:2	23/07/2023:51:2	23/07/2023:56:4	24/07/20210:55:1	24/07/2022:96:7	25/07/20208:07:5	25/07/20218:36:7	25/07/20205:04:7
23/07/20217:02:8	23/07/2023:20:4	23/07/2023:56:4	23/07/2024:01:6	24/07/20211:00:3	24/07/2022:101:9	25/07/20208:12:7	25/07/20218:41:9	25/07/20205:09:9
23/07/20217:08:0	23/07/2023:25:6	23/07/2024:01:6	23/07/2024:06:8	24/07/20211:05:5	24/07/2022:107:1	25/07/20208:17:9	25/07/20218:47:1	25/07/20205:15:1
23/07/20217:13:2	23/07/2023:30:8	23/07/2024:06:8	23/07/2024:12:0	24/07/20211:10:7	24/07/2022:112:3	25/07/20208:23:1	25/07/20218:52:3	25/07/20205:20:3
23/07/20217:18:4	23/07/2023:36:0	23/07/2024:12:0	23/07/2024:17:2	24/07/20211:15:9	24/07/2022:117:5	25/07/20208:28:3	25/07/20218:57:5	25/07/20205:25:5
23/07/20217:23:6	23/07/2023:41:2	23/07/2024:17:2	23/07/2024:23:0	24/07/20211:21:1	24/07/2022:122:7	25/07/20208:33:5	25/07/20219:02:7	25/07/20205:30:7
23/07/20217:28:8	23/07/2023:46:4	23/07/2024:23:0	23/07/2024:28:8	24/07/20211:26:3	24/07/2022:127:9	25/07/20208:38:7	25/07/20219:07:9	25/07/20205:35:9
23/07/20217:34:0	23/07/2023:51:6	23/07/2024:28:8	23/07/2024:34:0	24/07/20211:31:5	24/07/2022:133:1	25/07/20208:43:9	25/07/20219:13:1	25/07/20205:41:1
23/07/20217:39:2	23/07/2023:56:8	23/07/2024:34:0	23/07/2024:39:2	24/07/20211:36:7	24/07/2022:138:3	25/07/20208:49:1	25/07/20219:18:3	25/07/20205:46:3
23/07/20217:44:4	23/07/2024:02:0	23/07/2024:39:2	23/07/2024:44:4	24/07/20211:41:9	24/07/2022:143:5	25/07/20208:54:3	25/07/20219:23:5	25/07/20205:51:5
23/07/20217:49:6	23/07/2024:07:2	23/07/2024:44:4	23/07/2024:49:6	24/07/20211:47:1	24/07/2022:148:7	25/07/20208:59:5	25/07/20219:28:7	25/07/20205:56:7
23/07/20217:54:8	23/07/2024:12:4	23/07/2024:49:6	23/07/2024:54:8	24/07/20211:52:3	24/07/2022:153:9	25/07/20209:04:7	25/07/20219:33:9	25/07/20206:01:9
23/07/20218:00:0	23/07/2024:17:6	23/07/2024:54:8	23/07/2025:00:0	24/07/20211:57:5	24/07/2022:159:1	25/07/20209:09:9	25/07/20219:39:1	25/07/20206:07:1
23/07/20218:05:2	23/07/2024:22:8	23/07/2025:00:0	23/07/2025:05:2	24/07/2022:02:7	24/07/2022:164:3	25/07/20209:15:1	25/07/20219:44:3	25/07/20206:12:3
23/07/20218:10:4	23/07/2024:28:0	23/07/2025:05:2	23/07/2025:10:4	24/07/2022:07:9	24/07/2022:169:5	25/07/20209:20:3	25/07/20219:49:5	25/07/20206:17:5
23/07/20218:15:6	23/07/2024:33:2	23/07/2025:10:4	23/07/2025:15:6	24/07/2022:13:1	24/07/2022:174:7	25/07/20209:25:5	25/07/20219:54:7	25/07/20206:22:7
23/07/20218:20:8	23/07/2024:38:4	23/07/2025:15:6	23/07/2025:20:8	24/07/2022:18:3	24/07/2022:179:9	25/07/20209:30:7	25/07/20219:59:9	25/07/20206:27:9
23/07/20218:26:0	23/07/2024:43:6	23/07/2025:20:8	23/07/2025:26:0	24/07/2022:23:5	24/07/2022:185:1	25/07/20209:35:9	25/07/2022:05:1	25/07/20206:33:1
23/07/20218:31:2	23/07/2024:48:8	23/07/2025:26:0	23/07/2025:31:2	24/07/2022:28:7	24/07/2022:190:3	25/07/20209:41:1	25/07/2022:10:3	25/07/20206:38:3
23/07/20218:36:4	23/07/2024:54:0	23/07/2025:31:2	23/07/2025:36:4	24/07/2022:33:9	24/07/2022:195:5	25/07/20209:46:3	25/07/2022:15:5	25/07/20206:43:5
23/07/20218:41:6	23/07/2024:59:2	23/07/2025:36:4	23/07/2025:41:6	24/07/2022:39:1	24/07/2022:200:7	25/07/20209:51:5	25/07/2022:20:7	25/07/20206:48:7
23/07/20218:46:8	23/07/2025:04:4	23/07/2025:41:6	23/07/2025:46:8	24/07/2022:44:3	24/07/2022:205:9	25/07/20209:56:7	25/07/2022:25:9	25/07/20206:53:9
23/07/20218:52:0	23/07/2025:09:6	23/07/2025:46:8	23/07/2025:52:0	24/07/2022:49:5	24/07/2022:211:1	25/07/20209:59:9	25/07/2022:31:1	25/07/20206:59:1
23/07/20218:57:2	23/07/2025:14:8	23/07/2025:52:0	23/07/2025:57:2	24/07/2022:54:7	24/07/2022:216:3	25/07/20210:05:1	25/07/2022:36:3	25/07/20207:04:3
23/07/20219:02:4	23/07/2025:20:0	23/07/2025:57:2	23/07/2026:02:4	24/07/2022:59:9	24/07/2022:221:5	25/07/20210:10:3	25/07/2022:41:5	25/07/20207:09:5
23/07/20219:07:6	23/07/2025:25:2	23/07/2026:02:4	23/07/2026:07:6	24/07/2023:05:1	24/07/2022:226:7	25/07/20210:15:5	25/07/2022:46:7	25/07/20207:14:7
23/07/20219:12:8	23/07/2025:30:4	23/07/2026:07:6	23/07/2026:12:8	24/07/2023:10:3	24/07/2022:231:9	25/07/20210:20:7	25/07/2022:51:9	25/07/20207:19:9
23/07/20219:18:0	23/07/2025:35:6	23/07/2026:12:8	23/07/2026:18:0	24/07/2023:15:5	24/07/2022:237:1	25/07/20210:25:9	25/07/2022:57:1	25/07/20207:25:1
23/07/20219:23:2	23/07/2025:40:8	23/07/2026:18:0	23/07/2026:23:2	24/07/2023:20:7	24/07/2022:242:3	25/07/20210:31:1	25/07/2023:02:3	25/07/20207:30:3
23/07/20219:28:4	23/07/2025:46:0	23/07/2026:23:2	23/07/2026:28:4	24/07/2023:25:9	24/07/2022:247:5	25/07/20210:36:3	25/07/2023:07:5	25/07/20207:35:5
23/07/2								



30802307564 11.000	30802307104 11.000	40802303335 11.000	40802304031 11.000	50802303023 11.000	50802311015 11.000	50802321311 11.000	50802308003 11.000	50802318295 11.000
30802307015 11.000	30802307095 11.000	40802303361 11.000	40802304083 11.000	50802303037 11.000	50802311071 11.000	50802321363 11.000	50802308055 11.000	50802318351 11.000
30802307070 11.000	30802307151 11.000	40802303443 11.000	40802304135 11.000	50802303043 11.000	50802311123 11.000	50802321415 11.000	50802308111 11.000	50802318403 11.000
30802307121 11.000	30802307203 11.000	40802303495 11.000	40802304191 11.000	50802303048 11.000	50802311175 11.000	50802321471 11.000	50802308163 11.000	50802318455 11.000
30802307172 11.000	30802307285 11.000	40802303551 11.000	40802304243 11.000	50802303053 11.000	50802311231 11.000	50802321523 11.000	50802308215 11.000	50802318511 11.000
30802307223 11.000	30802307311 11.000	40802303603 11.000	40802304295 11.000	50802303059 11.000	50802311283 11.000	50802321575 11.000	50802308267 11.000	50802318563 11.000
30802307274 11.000	30802307363 11.000	40802303655 11.000	40802304351 11.000	50802303064 11.000	50802311335 11.000	50802322031 11.000	50802308323 11.000	50802318615 11.000
30802307325 11.000	30802307411 11.000	40802303711 11.000	40802304403 11.000	50802303069 11.000	50802311391 11.000	50802322083 11.000	50802308375 11.000	50802318667 11.000
30802307380 11.000	30802307471 11.000	40802303763 11.000	40802304455 11.000	50802303075 11.000	50802311443 11.000	50802322135 11.000	50802308431 11.000	50802318719 11.000
30802307431 11.000	30802307523 11.000	40802303815 11.000	40802304511 11.000	50802303081 11.000	50802311495 11.000	50802322187 11.000	50802308483 11.000	50802318771 11.000
30802307482 11.000	30802307575 11.000	40802303867 11.000	40802304563 11.000	50802303087 11.000	50802311551 11.000	50802322239 11.000	50802308535 11.000	50802318823 11.000
30802307533 11.000	30802307627 11.000	40802303919 11.000	40802304615 11.000	50802303093 11.000	50802311603 11.000	50802322291 11.000	50802308587 11.000	50802318875 11.000
30802307584 11.000	30802307679 11.000	40802303971 11.000	40802304667 11.000	50802303099 11.000	50802311655 11.000	50802322343 11.000	50802308639 11.000	50802318927 11.000
30802307635 11.000	30802307731 11.000	40802304023 11.000	40802304719 11.000	50802303105 11.000	50802311707 11.000	50802322395 11.000	50802308691 11.000	50802318979 11.000
30802307686 11.000	30802307783 11.000	40802304075 11.000	40802304771 11.000	50802303111 11.000	50802311759 11.000	50802322447 11.000	50802308743 11.000	50802319031 11.000
30802307737 11.000	30802307835 11.000	40802304127 11.000	40802304823 11.000	50802303117 11.000	50802311811 11.000	50802322499 11.000	50802308795 11.000	50802319083 11.000
30802307788 11.000	30802307887 11.000	40802304179 11.000	40802304875 11.000	50802303123 11.000	50802311863 11.000	50802322551 11.000	50802308847 11.000	50802319135 11.000
30802307839 11.000	30802307939 11.000	40802304231 11.000	40802304927 11.000	50802303129 11.000	50802311915 11.000	50802322603 11.000	50802308899 11.000	50802319187 11.000
30802307890 11.000	30802307991 11.000	40802304283 11.000	40802304979 11.000	50802303135 11.000	50802311967 11.000	50802322655 11.000	50802308951 11.000	50802319239 11.000
30802307941 11.000	30802308043 11.000	40802304335 11.000	40802305031 11.000	50802303141 11.000	50802312019 11.000	50802322707 11.000	50802309003 11.000	50802319291 11.000
30802307992 11.000	30802308095 11.000	40802304387 11.000	40802305083 11.000	50802303147 11.000	50802312071 11.000	50802322759 11.000	50802309055 11.000	50802319343 11.000
30802308043 11.000	30802308147 11.000	40802304439 11.000	40802305135 11.000	50802303153 11.000	50802312123 11.000	50802322811 11.000	50802309107 11.000	50802319395 11.000
30802308094 11.000	30802308199 11.000	40802304491 11.000	40802305187 11.000	50802303159 11.000	50802312175 11.000	50802322863 11.000	50802309159 11.000	50802319447 11.000
30802308145 11.000	30802308251 11.000	40802304543 11.000	40802305239 11.000	50802303165 11.000	50802312227 11.000	50802322915 11.000	50802309211 11.000	50802319499 11.000
30802308196 11.000	30802308303 11.000	40802304595 11.000	40802305291 11.000	50802303171 11.000	50802312279 11.000	50802322967 11.000	50802309263 11.000	50802319551 11.000
30802308247 11.000	30802308355 11.000	40802304647 11.000	40802305343 11.000	50802303177 11.000	50802312331 11.000	50802323019 11.000	50802309315 11.000	50802319603 11.000
30802308298 11.000	30802308407 11.000	40802304699 11.000	40802305395 11.000	50802303183 11.000	50802312383 11.000	50802323071 11.000	50802309367 11.000	50802319655 11.000
30802308349 11.000	30802308459 11.000	40802304751 11.000	40802305447 11.000	50802303189 11.000	50802312435 11.000	50802323123 11.000	50802309419 11.000	50802319707 11.000
30802308400 11.000	30802308511 11.000	40802304803 11.000	40802305499 11.000	50802303195 11.000	50802312487 11.000	50802323175 11.000	50802309471 11.000	50802319759 11.000
30802308451 11.000	30802308563 11.000	40802304855 11.000	40802305551 11.000	50802303201 11.000	50802312539 11.000	50802323227 11.000	50802309523 11.000	50802319811 11.000
30802308502 11.000	30802308615 11.000	40802304907 11.000	40802305603 11.000	50802303207 11.000	50802312591 11.000	50802323279 11.000	50802309575 11.000	50802319863 11.000
30802308553 11.000	30802308667 11.000	40802304959 11.000	40802305655 11.000	50802303213 11.000	50802312643 11.000	50802323331 11.000	50802309627 11.000	50802319915 11.000
30802308604 11.000	30802308719 11.000	40802305011 11.000	40802305707 11.000	50802303219 11.000	50802312695 11.000	50802323383 11.000	50802309679 11.000	50802319967 11.000
30802308655 11.000	30802308771 11.000	40802305063 11.000	40802305759 11.000	50802303225 11.000	50802312747 11.000	50802323435 11.000	50802309731 11.000	50802320019 11.000
30802308706 11.000	30802308823 11.000	40802305115 11.000	40802305811 11.000	50802303231 11.000	50802312799 11.000	50802323487 11.000	50802309783 11.000	50802320071 11.000
30802308757 11.000	30802308875 11.000	40802305167 11.000	40802305863 11.000	50802303237 11.000	50802312851 11.000	50802323539 11.000	50802309835 11.000	50802320123 11.000
30802308808 11.000	30802308927 11.000	40802305219 11.000	40802305915 11.000	50802303243 11.000	50802312903 11.000	50802323591 11.000	50802309887 11.000	50802320175 11.000
30802308859 11.000	30802308979 11.000	40802305271 11.000	40802305967 11.000	50802303249 11.000	50802312955 11.000	50802323643 11.000	50802309939 11.000	50802320227 11.000
30802308910 11.000	30802309031 11.000	40802305323 11.000	40802306019 11.000	50802303255 11.000	50802313007 11.000	50802323695 11.000	50802309991 11.000	50802320279 11.000
30802308961 11.000	30802309083 11.000	40802305375 11.000	40802306071 11.000	50802303261 11.000	50802313059 11.000	50802323747 11.000	50802310043 11.000	50802320331 11.000
30802309012 11.000	30802309135 11.000	40802305427 11.000	40802306123 11.000	50802303267 11.000	50802313111 11.000	50802323799 11.000	50802310095 11.000	50802320383 11.000
30802309063 11.000	30802309187 11.000	40802305479 11.000	40802306175 11.000	50802303273 11.000	50802313163 11.000	50802323851 11.000	50802310147 11.000	50802320435 11.000
30802309114 11.000	30802309239 11.000	40802305531 11.000	40802306227 11.000	50802303279 11.000	50802313215 11.000	50802323903 11.000	50802310199 11.000	50802320487 11.000
30802309165 11.000	30802309291 11.000	40802305583 11.000	40802306279 11.000	50802303285 11.000	50802313267 11.000	50802323955 11.000	50802310251 11.000	50802320539 11.000
30802309216 11.000	30802309343 11.000	40802305635 11.000	40802306331 11.000	50802303291 11.000	50802313319 11.000	50802324007 11.000	50802310303 11.000	50802320591 11.000
30802309267 11.000	30802309395 11.000	40802305687 11.000	40802306383 11.000	50802303297 11.000	50802313371 11.000	50802324059 11.000	50802310355 11.000	50802320643 11.000
30802309318 11.000	30802309447 11.000	40802305739 11.000	40802306435 11.000	50802303303 11.000	50802313423 11.000	50802324111 11.000	50802310407 11.000	50802320695 11.000
30802309369 11.000	30802309499 11.000	40802305791 11.000	40802306487 11.000	50802303309 11.000	50802313475 11.000	50802324163 11.000	50802310459 11.000	50802320747 11.000
30802309420 11.000	30802309551 11.000	40802305843 11.000	40802306539 11.000	50802303315 11.000	50802313527 11.000	50802324215 11.000	50802310511 11.000	50802320799 11.000
30802309471 11.000	30802309603 11.000	40802305895 11.000	40802306591 11.000	50802303321 11.000	50802313579 11.000	50802324267 11.000	50802310563 11.000	50802320851 11.000
30802309522 11.000	30802309655 11.000	40802305947 11.000	40802306643 11.000	50802303327 11.000	50802313631 11.000	50802324319 11.000	50802310615 11.000	50802320903 11.000
30802309573 11.000	30802309707 11.000	40802305999 11.000	40802306695 11.000	50802303333 11.000	50802313683 11.000	50802324371 11.000	50802310667 11.000	50802320955 11.000
30802309624 11.000	30802309759 11.000	40802306051 11.000	40802306747 11.000	50802303339 11.000	50802313735 11.000	50802324423 11.000	50802310719 11.000	50802321007 11.000
30802309675 11.000	30802309811 11.000	40802306103 11.000	40802306799 11.000	50802303345 11.000	50802313787 11.000	50802324475 11.000	50802310771 11.000	50802321059 11.000
30802309726 11.000	30802309863 11.000	40802306155 11.000	40802306851 11.000	50802303351 11.000	50802313839 11.000	50802324527 11.000	50802310823 11.000	50802321111 11.000
30802309777 11.000	30802309915 11.000	40802306207 11.000	40802306903 11.000	50802303357 11.000	50802313891 11.000	50802324579 11.000	50802310875 11.000	50802321163 11.000
30802309828 11.000	30802309967 11.000	40802306259 11.000	40802306955 11.000	50802303363 11.000	50802313943 11.000	50802324631 11.000	50802310927 11.000	50802321215 11.000
30802309879 11.000	30802310019 11.000	40802306311 11.000	40802307007 11.000	50802303369 11.000	50802313995 11.000	50802324		



70802230459:11.000	70802231528:3.000	80802230157:5.000	80802231227:1.000
70802230504:3.000	70802231533:5.000	80802230203:1.000	80802231232:3.000
70802230509:5.000	70802231539:1.000	80802230208:3.000	80802231237:5.000
70802230515:1.000	70802231544:3.000	80802230213:5.000	80802231243:1.000
70802230520:3.000	70802231549:5.000	80802230219:1.000	80802231248:3.000
70802230525:5.000	70802231555:1.000	80802230224:3.000	80802231253:5.000
70802230531:1.000	70802231600:3.000	80802230229:5.000	80802231259:1.000
70802230536:3.000	70802231605:5.000	80802230235:1.000	80802231304:3.000
70802230541:5.000	70802231611.000	80802230240:3.000	80802231309:5.000
70802230547:1.000	70802231618:3.000	80802230245:5.000	80802231315:1.000
70802230552:3.000	70802231624:5.000	80802230251:1.000	80802231320:3.000
70802230557:5.000	70802231627:1.000	80802230256:3.000	80802231325:5.000
70802230603:1.000	70802231632:3.000	80802230301:5.000	80802231331:1.000
70802230608:3.000	70802231637:5.000	80802230307:1.000	80802231336:3.000
70802230613:5.000	70802231643:1.000	80802230312:3.000	80802231341:5.000
70802230619:1.000	70802231648:3.000	80802230317:5.000	80802231347:1.000
70802230624:3.000	70802231653:5.000	80802230323:1.000	80802231352:3.000
70802230629:5.000	70802231659:1.000	80802230328:3.000	80802231357:5.000
70802230635:1.000	70802231704:3.000	80802230333:5.000	80802231403:1.000
70802230640:3.000	70802231709:5.000	80802230339:1.000	80802231408:3.000
70802230645:5.000	70802231715:1.000	80802230344:3.000	80802231413:5.000
70802230651:1.000	70802231720:3.000	80802230349:5.000	80802231419:1.000
70802230656:3.000	70802231725:5.000	80802230355:1.000	80802231424:3.000
70802230701:5.000	70802231731:1.000	80802230400:3.000	80802231429:5.000
70802230707:1.000	70802231736:3.000	80802230405:5.000	80802231435:1.000
70802230712:3.000	70802231741:5.000	80802230411.000	80802231440:3.000
70802230717:5.000	70802231747:1.000	80802230416:3.000	80802231445:5.000
70802230723:1.000	70802231752:3.000	80802230421:5.000	80802231451:1.000
70802230728:3.000	70802231757:5.000	80802230427:1.000	80802231456:3.000
70802230733:5.000	70802231803:1.000	80802230432:3.000	80802231501:5.000
70802230739:1.000	70802231808:3.000	80802230437:5.000	80802231507:1.000
70802230744:3.000	70802231813:5.000	80802230443:1.000	80802231512:3.000
70802230749:5.000	70802231819:1.000	80802230448:3.000	80802231517:5.000
70802230755:1.000	70802231824:3.000	80802230453:5.000	80802231523:1.000
70802230800:3.000	70802231829:5.000	80802230459:1.000	80802231528:3.000
70802230805:5.000	70802231835:1.000	80802230504:3.000	80802231533:5.000
70802230811.000	70802231840:3.000	80802230509:5.000	80802231539:1.000
70802230816:3.000	70802231845:5.000	80802230515:1.000	80802231544:3.000
70802230821:5.000	70802231851:1.000	80802230520:3.000	80802231549:5.000
70802230827:1.000	70802231856:3.000	80802230525:5.000	80802231555:1.000
70802230832:3.000	70802231861:5.000	80802230531:1.000	80802231600:3.000
70802230837:5.000	70802231907:1.000	80802230536:3.000	80802231605:5.000
70802230843:1.000	70802231912:3.000	80802230541:5.000	80802231611.000
70802230848:3.000	70802231917:5.000	80802230547:1.000	80802231616:3.000
70802230853:5.000	70802231923:1.000	80802230552:3.000	80802231621:5.000
70802230859:1.000	70802231928:3.000	80802230557:5.000	80802231627:1.000
70802230904:3.000	70802231933:5.000	80802230603:1.000	80802231632:3.000
70802230909:5.000	70802231939:1.000	80802230608:3.000	80802231637:5.000
70802230915:1.000	70802231944:3.000	80802230613:5.000	80802231643:1.000
70802230920:3.000	70802231949:5.000	80802230619:1.000	80802231648:3.000
70802230925:5.000	70802231955:1.000	80802230624:3.000	80802231653:5.000
70802230931:1.000	7080223200:3.000	80802230629:5.000	80802231659:1.000
70802230936:3.000	7080223205:5.000	80802230635:1.000	80802231704:3.000
70802230941:5.000	7080223201:1.000	80802230640:3.000	80802231709:5.000
70802230947:1.000	7080223206:3.000	80802230645:5.000	80802231715:1.000
70802230952:3.000	7080223211:5.000	80802230651:1.000	80802231720:3.000
70802230957:5.000	7080223216:3.000	80802230656:3.000	80802231725:5.000
70802231003:1.000	7080223221:5.000	80802230701:5.000	80802231731:1.000
70802231008:3.000	7080223226:3.000	80802230707:1.000	80802231736:3.000
70802231013:5.000	7080223231:5.000	80802230712:3.000	80802231741:5.000
70802231019:1.000	7080223236:3.000	80802230717:5.000	80802231747:1.000
70802231024:3.000	7080223241:5.000	80802230723:1.000	80802231752:3.000
70802231029:5.000	7080223246:3.000	80802230728:3.000	80802231757:5.000
70802231035:1.000	7080223251:5.000	80802230733:5.000	80802231803:1.000
70802231040:3.000	7080223256:3.000	80802230739:1.000	80802231808:3.000
70802231045:5.000	7080223261:5.000	80802230744:3.000	80802231813:5.000
70802231051:1.000	7080223266:3.000	80802230749:5.000	80802231819:1.000
70802231056:3.000	7080223271:5.000	80802230755:1.000	80802231824:3.000
70802231101:5.000	7080223276:3.000	80802230800:3.000	80802231829:5.000
70802231107:1.000	7080223281:5.000	80802230805:5.000	80802231835:1.000
70802231112:3.000	7080223286:3.000	80802230811.000	80802231840:3.000
70802231117:5.000	7080223291:5.000	80802230816:3.000	
70802231123:1.000	7080223296:3.000	80802230821:5.000	
70802231128:3.000	7080223301:5.000	80802230826:3.000	
70802231133:5.000	7080223306:3.000	80802230831:5.000	
70802231138:1.000	7080223311:5.000	80802230836:3.000	
70802231143:3.000	7080223316:3.000	80802230841:5.000	
70802231148:5.000	7080223321:5.000	80802230846:3.000	
70802231153:1.000	7080223326:3.000	80802230851:5.000	
70802231158:3.000	7080223331:5.000	80802230856:3.000	
70802231203:5.000	7080223336:3.000	80802230861:5.000	
70802231208:1.000	7080223341:5.000	80802230866:3.000	
70802231213:3.000	7080223346:3.000	80802230871:5.000	
70802231218:5.000	7080223351:5.000	80802230876:3.000	
70802231223:1.000	7080223356:3.000	80802230881:5.000	
70802231228:3.000	7080223361:5.000	80802230886:3.000	
70802231233:5.000	7080223366:3.000	80802230891:5.000	
70802231238:1.000	7080223371:5.000	80802230896:3.000	
70802231243:3.000	7080223376:3.000	80802230901:5.000	
70802231248:5.000	7080223381:5.000	80802230906:3.000	
70802231253:1.000	7080223386:3.000	80802230911.000	
70802231258:3.000	7080223391:5.000	80802230916:3.000	
70802231263:5.000	7080223396:3.000	80802230921:5.000	
70802231268:1.000	7080223401:5.000	80802230926:3.000	
70802231273:3.000	7080223406:3.000	80802230931:5.000	
70802231278:5.000	7080223411:5.000	80802230936:3.000	
70802231283:1.000	7080223416:3.000	80802230941:5.000	
70802231288:3.000	7080223421:5.000	80802230946:3.000	
70802231293:5.000	7080223426:3.000	80802230951:5.000	
70802231298:1.000	7080223431:5.000	80802230956:3.000	
70802231303:3.000	7080223436:3.000	80802230961:5.000	
70802231308:5.000	7080223441:5.000	80802230966:3.000	
70802231313:1.000	7080223446:3.000	80802230971:5.000	
70802231318:3.000	7080223451:5.000	80802230976:3.000	
70802231323:5.000	7080223456:3.000	80802230981:5.000	
70802231328:1.000	7080223461:5.000	80802230986:3.000	
70802231333:3.000	7080223466:3.000	80802230991:5.000	
70802231338:5.000	7080223471:5.000	80802230996:3.000	
70802231343:1.000	7080223476:3.000	80802231001:5.000	
70802231348:3.000	7080223481:5.000	80802231006:3.000	
70802231353:5.000	7080223486:3.000	80802231011.000	
70802231358:1.000	7080223491:5.000	80802231016:3.000	
70802231363:3.000	7080223496:3.000	80802231021:5.000	
70802231368:5.000	7080223501:5.000	80802231026:3.000	
70802231373:1.000	7080223506:3.000	80802231031:5.000	
70802231378:3.000	7080223511:5.000	80802231036:3.000	
70802231383:5.000	7080223516:3.000	80802231041:5.000	
70802231388:1.000	7080223521:5.000	80802231046:3.000	
70802231393:3.000	7080223526:3.000	80802231051:5.000	
70802231398:5.000	7080223531:5.000	80802231056:3.000	
70802231403:1.000	7080223536:3.000	80802231061:5.000	
70802231408:3.000	7080223541:5.000	80802231066:3.000	
70802231413:5.000	7080223546:3.000	80802231071:5.000	
70802231418:1.000	7080223551:5.000	80802231076:3.000	
70802231423:3.000	7080223556:3.000	80802231081:5.000	
70802231428:5.000	7080223561:5.000	80802231086:3.000	
70802231433:1.000	7080223566:3.000	80802231091:5.000	
70802231438:3.000	7080223571:5.000	80802231096:3.000	
70802231443:5.000	7080223576:3.000	80802231101:5.000	
70802231448:1.000	7080223581:5.000	80802231106:3.000	
70802231453:3.000	7080223586:3.000	80802231111.000	
70802231458:5.000	7080223591:5.000	80802231116:3.000	
70802231463:1.000	7080223596:3.000	80802231121:5.000	
70802231468:3.000	7080223601:5.000	80802231126:3.000	
70802231473:5.000	7080223606:3.000	80802231131:5.000	
70802231478:1.000	7080223611:5.000	80802231136:3.000	
70802231483:3.000	7080223616:3.000	80802231141:5.000	
70802231488:5.000	7080223621:5.000	80802231146:3.000	
70802231493:1.000	7080223626:3.000	80802231151:5.000	
70802231498:3.000	7080223631:5.000	80802231156:3.000	
70802231503:5.000	7080223636:3.000	80802231161:5.000	
70802231508:1.000	7080223641:5.000	80802231166:3.000	
70802231513:3.000	7080223646:3.000	80802231171:5.000	
70802231518:5.000	7080223651:5.000	80802231176:3.000	
70802231523:1.000	7080223656:3.000	80802231181:5.000	
70802231528:3.000	7080223661:5.000	80802231186:3.000	
70802231533:5.000	7080223666:3.000	80802231191:5.000	
70802231538:1.000	7080223671:5.000</		



Historial de temperaturas (promedio) de los madurímetros – concreto autocompactante

Table with columns: Med_historial_prom, CORNO_AUTOCOMPACT, Fecha, Hora, Temp. The table contains a grid of data points representing temperature readings over time.



21/07/202317:52:51.000	21/07/202304:32:10.000	21/07/202314:51:21.000	22/07/202301:120:41.000	22/07/202311:50:01.000	22/07/202302:19:21.000	23/07/202308:48:41.000	23/07/202319:18:10.000	24/07/202305:48:5.000
21/07/202317:58:11.000	21/07/202304:27:31.000	21/07/202314:56:01.000	22/07/202301:126:01.000	22/07/202311:55:21.000	22/07/202302:24:41.000	23/07/202308:54:01.000	23/07/202319:23:21.000	24/07/202305:52:1.000
21/07/202318:03:31.000	21/07/202304:32:10.000	21/07/202314:56:01.000	22/07/202301:131:21.000	22/07/202311:59:21.000	22/07/202302:30:01.000	23/07/202308:59:21.000	23/07/202319:28:41.000	24/07/202305:57:3.000
21/07/202318:08:51.000	21/07/202304:38:11.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202301:136:41.000	22/07/202311:59:21.000	22/07/202302:35:21.000	23/07/202309:04:01.000	23/07/202319:34:01.000	24/07/202306:02:6.000
21/07/202318:14:11.000	21/07/202304:43:31.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202301:142:01.000	22/07/202311:59:21.000	22/07/202302:40:41.000	23/07/202309:09:10.000	23/07/202319:39:21.000	24/07/202306:08:1.000
21/07/202318:19:31.000	21/07/202304:48:51.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202301:147:21.000	22/07/202311:59:21.000	22/07/202302:46:01.000	23/07/202309:15:21.000	23/07/202319:44:41.000	24/07/202306:13:3.000
21/07/202318:24:51.000	21/07/202304:54:11.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202301:152:41.000	22/07/202311:59:21.000	22/07/202302:51:21.000	23/07/202309:20:41.000	23/07/202319:49:61.000	24/07/202306:18:5.000
21/07/202318:30:11.000	21/07/202304:59:31.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202301:158:01.000	22/07/202311:59:21.000	22/07/202302:56:41.000	23/07/202309:26:01.000	23/07/202319:55:01.000	24/07/202306:24:1.000
21/07/202318:35:31.000	21/07/202305:04:51.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:03:21.000	22/07/202312:03:21.000	22/07/202303:02:01.000	23/07/202309:31:21.000	23/07/202320:00:41.000	24/07/202306:29:3.000
21/07/202318:40:51.000	21/07/202305:10:11.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:08:41.000	22/07/202312:08:01.000	22/07/202303:07:21.000	23/07/202309:36:41.000	23/07/202320:06:01.000	24/07/202306:34:5.000
21/07/202318:46:11.000	21/07/202305:15:31.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:14:01.000	22/07/202312:13:21.000	22/07/202303:12:41.000	23/07/202309:42:01.000	23/07/202320:11:21.000	24/07/202306:40:1.000
21/07/202318:51:31.000	21/07/202305:20:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:19:21.000	22/07/202312:18:41.000	22/07/202303:18:01.000	23/07/202309:47:21.000	23/07/202320:16:41.000	24/07/202306:45:3.000
21/07/202318:56:51.000	21/07/202305:26:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:24:41.000	22/07/202312:24:01.000	22/07/202303:23:21.000	23/07/202309:52:41.000	23/07/202320:22:01.000	24/07/202306:50:5.000
21/07/202319:02:11.000	21/07/202305:31:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:30:01.000	22/07/202312:29:21.000	22/07/202303:28:41.000	23/07/202309:58:01.000	23/07/202320:27:21.000	24/07/202306:56:1.000
21/07/202319:07:31.000	21/07/202305:36:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:35:21.000	22/07/202312:34:41.000	22/07/202303:33:61.000	23/07/202309:59:21.000	23/07/202320:32:41.000	24/07/202307:01:3.000
21/07/202319:12:51.000	21/07/202305:42:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:40:41.000	22/07/202312:39:61.000	22/07/202303:38:21.000	23/07/202310:04:41.000	23/07/202320:38:01.000	24/07/202307:06:5.000
21/07/202319:18:11.000	21/07/202305:47:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:46:01.000	22/07/202312:44:81.000	22/07/202303:43:41.000	23/07/202310:10:01.000	23/07/202320:43:21.000	24/07/202307:12:1.000
21/07/202319:23:31.000	21/07/202305:52:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:51:21.000	22/07/202312:50:01.000	22/07/202303:48:01.000	23/07/202310:15:21.000	23/07/202320:48:41.000	24/07/202307:17:3.000
21/07/202319:28:51.000	21/07/202305:58:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202302:56:41.000	22/07/202312:55:21.000	22/07/202303:53:21.000	23/07/202310:20:41.000	23/07/202320:54:01.000	24/07/202307:23:0.000
21/07/202319:34:11.000	21/07/202306:03:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:02:01.000	22/07/202313:00:41.000	22/07/202303:58:41.000	23/07/202310:26:01.000	23/07/202320:59:21.000	24/07/202307:28:2.000
21/07/202319:39:31.000	21/07/202306:08:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:07:21.000	22/07/202313:05:61.000	22/07/202304:03:61.000	23/07/202310:31:21.000	23/07/202321:04:41.000	24/07/202307:33:3.000
21/07/202319:44:51.000	21/07/202306:14:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:12:41.000	22/07/202313:10:81.000	22/07/202304:08:81.000	23/07/202310:36:41.000	23/07/202321:09:61.000	24/07/202307:38:5.000
21/07/202319:50:11.000	21/07/202306:19:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:18:01.000	22/07/202313:16:01.000	22/07/202304:14:01.000	23/07/202310:41:61.000	23/07/202321:14:81.000	24/07/202307:44:1.000
21/07/202319:55:31.000	21/07/202306:24:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:23:21.000	22/07/202313:21:21.000	22/07/202304:19:21.000	23/07/202310:46:81.000	23/07/202321:20:01.000	24/07/202307:49:3.000
21/07/202320:00:51.000	21/07/202306:30:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:28:41.000	22/07/202313:26:41.000	22/07/202304:24:41.000	23/07/202310:52:01.000	23/07/202321:25:21.000	24/07/202307:54:5.000
21/07/202320:06:11.000	21/07/202306:35:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:33:61.000	22/07/202313:31:61.000	22/07/202304:29:61.000	23/07/202310:57:21.000	23/07/202321:30:41.000	24/07/202307:60:1.000
21/07/202320:11:31.000	21/07/202306:40:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:38:81.000	22/07/202313:36:81.000	22/07/202304:34:81.000	23/07/202311:02:41.000	23/07/202321:35:61.000	24/07/202307:65:3.000
21/07/202320:16:51.000	21/07/202306:46:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:44:01.000	22/07/202313:42:01.000	22/07/202304:40:01.000	23/07/202311:07:61.000	23/07/202321:40:81.000	24/07/202307:70:5.000
21/07/202320:22:11.000	21/07/202306:51:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:49:21.000	22/07/202313:47:21.000	22/07/202304:45:21.000	23/07/202311:12:81.000	23/07/202321:46:01.000	24/07/202307:75:7.000
21/07/202320:27:31.000	21/07/202306:56:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:54:41.000	22/07/202313:52:41.000	22/07/202304:50:41.000	23/07/202311:18:01.000	23/07/202321:51:21.000	24/07/202307:80:9.000
21/07/202320:32:51.000	21/07/202307:02:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202303:59:61.000	22/07/202313:57:61.000	22/07/202304:55:61.000	23/07/202311:23:21.000	23/07/202321:56:41.000	24/07/202307:86:1.000
21/07/202320:38:11.000	21/07/202307:07:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:04:81.000	22/07/202314:02:81.000	22/07/202304:59:81.000	23/07/202311:28:41.000	23/07/202322:01:61.000	24/07/202307:91:3.000
21/07/202320:43:31.000	21/07/202307:12:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:10:01.000	22/07/202314:08:01.000	22/07/202305:05:01.000	23/07/202311:33:61.000	23/07/202322:06:81.000	24/07/202307:96:5.000
21/07/202320:48:51.000	21/07/202307:18:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:15:21.000	22/07/202314:13:21.000	22/07/202305:10:21.000	23/07/202311:38:81.000	23/07/202322:12:01.000	24/07/202307:101:7.000
21/07/202320:54:11.000	21/07/202307:23:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:20:41.000	22/07/202314:18:41.000	22/07/202305:15:41.000	23/07/202311:44:01.000	23/07/202322:17:21.000	24/07/202307:106:9.000
21/07/202320:59:31.000	21/07/202307:28:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:25:61.000	22/07/202314:23:61.000	22/07/202305:20:61.000	23/07/202311:49:21.000	23/07/202322:22:41.000	24/07/202307:112:1.000
21/07/202321:04:51.000	21/07/202307:34:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:30:81.000	22/07/202314:28:81.000	22/07/202305:25:81.000	23/07/202311:54:41.000	23/07/202322:27:61.000	24/07/202307:117:3.000
21/07/202321:10:11.000	21/07/202307:39:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:36:01.000	22/07/202314:34:01.000	22/07/202305:31:01.000	23/07/202311:59:61.000	23/07/202322:32:81.000	24/07/202307:122:5.000
21/07/202321:15:31.000	21/07/202307:44:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:41:21.000	22/07/202314:39:21.000	22/07/202305:36:21.000	23/07/202312:04:81.000	23/07/202322:38:01.000	24/07/202307:127:7.000
21/07/202321:20:51.000	21/07/202307:50:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:46:41.000	22/07/202314:44:41.000	22/07/202305:41:41.000	23/07/202312:10:01.000	23/07/202322:43:21.000	24/07/202307:132:9.000
21/07/202321:26:11.000	21/07/202307:55:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:51:61.000	22/07/202314:49:61.000	22/07/202305:46:61.000	23/07/202312:15:21.000	23/07/202322:48:41.000	24/07/202307:138:1.000
21/07/202321:31:31.000	21/07/202308:00:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202304:56:81.000	22/07/202314:54:81.000	22/07/202305:51:81.000	23/07/202312:20:41.000	23/07/202322:53:61.000	24/07/202307:143:3.000
21/07/202321:36:51.000	21/07/202308:06:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:02:01.000	22/07/202314:59:01.000	22/07/202305:57:01.000	23/07/202312:25:61.000	23/07/202322:58:81.000	24/07/202307:148:5.000
21/07/202321:42:11.000	21/07/202308:11:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:07:21.000	22/07/202315:04:21.000	22/07/202306:02:21.000	23/07/202312:30:81.000	23/07/202323:04:01.000	24/07/202307:153:7.000
21/07/202321:47:31.000	21/07/202308:16:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:12:41.000	22/07/202315:09:41.000	22/07/202306:07:41.000	23/07/202312:36:01.000	23/07/202323:09:21.000	24/07/202307:158:9.000
21/07/202321:52:51.000	21/07/202308:22:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:17:61.000	22/07/202315:14:61.000	22/07/202306:12:61.000	23/07/202312:41:21.000	23/07/202323:14:41.000	24/07/202307:164:1.000
21/07/202321:58:11.000	21/07/202308:27:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:22:81.000	22/07/202315:19:81.000	22/07/202306:17:81.000	23/07/202312:46:41.000	23/07/202323:19:61.000	24/07/202307:169:3.000
21/07/202322:03:31.000	21/07/202308:32:5.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:28:01.000	22/07/202315:25:01.000	22/07/202306:23:01.000	23/07/202312:51:61.000	23/07/202323:24:81.000	24/07/202307:174:5.000
21/07/202322:08:51.000	21/07/202308:38:1.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:33:21.000	22/07/202315:30:21.000	22/07/202306:28:21.000	23/07/202312:56:81.000	23/07/202323:30:01.000	24/07/202307:179:7.000
21/07/202322:14:11.000	21/07/202308:43:3.000	21/07/202314:57:01.000	22/07/202305:38:41.000	22/07/202315:35:41.000	22/07/20			



24/07/2023:18:30:0 0.000	25/07/2023:02:52:10.000	25/07/2023:13:28:31.000	25/07/2023:23:57:51.000	25/07/2023:10:27:11.000	25/07/2023:20:58:21.000	27/07/2023:07:25:41.000	27/07/2023:18:03:10.000	28/07/2023:04:32:10.000
24/07/2023:18:35:2 0.000	25/07/2023:03:04:40.000	25/07/2023:13:33:51.000	25/07/2023:24:03:11.000	25/07/2023:10:32:31.000	25/07/2023:21:01:41.000	27/07/2023:07:31:01.000	27/07/2023:18:08:21.000	28/07/2023:04:37:41.000
24/07/2023:18:40:4 0.000	25/07/2023:03:10:10.000	25/07/2023:13:39:11.000	25/07/2023:24:08:31.000	25/07/2023:10:37:51.000	25/07/2023:21:07:01.000	27/07/2023:07:36:21.000	27/07/2023:18:13:41.000	28/07/2023:04:43:01.000
24/07/2023:18:45:2 0.000	25/07/2023:03:15:10.000	25/07/2023:13:44:31.000	25/07/2023:24:13:51.000	25/07/2023:10:43:11.000	25/07/2023:21:12:21.000	27/07/2023:07:41:41.000	27/07/2023:18:19:01.000	28/07/2023:04:48:21.000
24/07/2023:18:51:2 0.000	25/07/2023:03:20:10.000	25/07/2023:13:49:51.000	25/07/2023:24:19:11.000	25/07/2023:10:48:31.000	25/07/2023:21:17:41.000	27/07/2023:07:47:01.000	27/07/2023:18:24:21.000	28/07/2023:04:53:41.000
24/07/2023:18:56:4 0.000	25/07/2023:03:25:10.000	25/07/2023:13:55:11.000	25/07/2023:24:24:31.000	25/07/2023:10:53:51.000	25/07/2023:21:23:01.000	27/07/2023:07:52:21.000	27/07/2023:18:29:41.000	28/07/2023:04:59:01.000
24/07/2023:19:02:0 0.000	25/07/2023:03:30:1 0.750	25/07/2023:14:00:31.000	25/07/2023:24:29:51.000	25/07/2023:10:59:11.000	25/07/2023:21:28:21.000	27/07/2023:07:57:41.000	27/07/2023:18:35:01.000	28/07/2023:05:04:11.000
24/07/2023:19:07:2 0.000	25/07/2023:03:35:3 0.000	25/07/2023:14:05:51.000	25/07/2023:24:35:11.000	25/07/2023:11:04:31.000	25/07/2023:21:33:41.000	27/07/2023:08:03:01.000	27/07/2023:18:40:21.000	28/07/2023:05:09:41.000
24/07/2023:19:12:4 0.000	25/07/2023:03:40:5 0.000	25/07/2023:14:11:11.000	25/07/2023:24:40:31.000	25/07/2023:11:09:51.000	25/07/2023:21:38:61.000	27/07/2023:08:08:21.000	27/07/2023:18:45:41.000	28/07/2023:05:15:01.000
24/07/2023:19:17:8 0.000	25/07/2023:03:45:7 0.300	25/07/2023:14:16:31.000	25/07/2023:24:45:51.000	25/07/2023:11:15:11.000	25/07/2023:21:43:81.000	27/07/2023:08:13:41.000	27/07/2023:18:51:01.000	28/07/2023:05:20:21.000
24/07/2023:19:23:2 0.000	25/07/2023:03:50:9 0.550	25/07/2023:14:21:51.000	25/07/2023:24:51:11.000	25/07/2023:11:20:31.000	25/07/2023:21:49:01.000	27/07/2023:08:19:01.000	27/07/2023:18:56:21.000	28/07/2023:05:25:41.000
24/07/2023:19:28:6 0.000	25/07/2023:03:56:1 0.300	25/07/2023:14:27:11.000	25/07/2023:24:56:31.000	25/07/2023:11:25:51.000	25/07/2023:21:54:21.000	27/07/2023:08:24:21.000	27/07/2023:19:01:41.000	28/07/2023:05:31:01.000
24/07/2023:19:34:0 0.000	25/07/2023:04:01:3 0.200	25/07/2023:14:32:31.000	25/07/2023:25:01:51.000	25/07/2023:11:31:11.000	25/07/2023:22:00:01.000	27/07/2023:08:29:41.000	27/07/2023:19:07:01.000	28/07/2023:05:36:21.000
24/07/2023:19:39:4 0.000	25/07/2023:04:06:5 0.800	25/07/2023:14:37:51.000	25/07/2023:25:06:71.000	25/07/2023:11:36:31.000	25/07/2023:22:05:21.000	27/07/2023:08:35:01.000	27/07/2023:19:12:21.000	28/07/2023:05:41:41.000
24/07/2023:19:44:8 0.000	25/07/2023:04:11:9 0.850	25/07/2023:14:43:11.000	25/07/2023:25:11:91.000	25/07/2023:11:41:51.000	25/07/2023:22:10:41.000	27/07/2023:08:40:21.000	27/07/2023:19:17:41.000	28/07/2023:05:47:01.000
24/07/2023:19:50:2 0.000	25/07/2023:04:16:2 0.250	25/07/2023:14:48:31.000	25/07/2023:25:16:71.000	25/07/2023:11:47:11.000	25/07/2023:22:15:61.000	27/07/2023:08:45:41.000	27/07/2023:19:23:01.000	28/07/2023:05:52:21.000
24/07/2023:19:55:6 0.000	25/07/2023:04:21:4 0.000	25/07/2023:14:53:51.000	25/07/2023:25:21:11.000	25/07/2023:11:52:31.000	25/07/2023:22:20:81.000	27/07/2023:08:51:01.000	27/07/2023:19:28:21.000	28/07/2023:05:57:41.000
24/07/2023:20:00:4 0.000	25/07/2023:04:26:6 0.000	25/07/2023:14:59:11.000	25/07/2023:25:26:31.000	25/07/2023:11:57:51.000	25/07/2023:22:26:01.000	27/07/2023:08:56:21.000	27/07/2023:19:33:41.000	28/07/2023:06:03:01.000
24/07/2023:20:05:8 0.000	25/07/2023:04:31:8 0.850	25/07/2023:15:04:31.000	25/07/2023:25:31:51.000	25/07/2023:12:03:11.000	25/07/2023:22:31:21.000	27/07/2023:09:01:41.000	28/07/2023:19:39:01.000	28/07/2023:06:08:21.000
24/07/2023:20:11:2 0.000	25/07/2023:04:37:0 0.550	25/07/2023:15:09:51.000	25/07/2023:25:37:11.000	25/07/2023:12:08:31.000	25/07/2023:22:36:41.000	27/07/2023:09:07:01.000	28/07/2023:19:44:21.000	28/07/2023:06:13:41.000
24/07/2023:20:16:6 0.000	25/07/2023:04:42:2 0.000	25/07/2023:15:15:11.000	25/07/2023:25:42:31.000	25/07/2023:12:13:51.000	25/07/2023:22:41:61.000	27/07/2023:09:12:21.000	28/07/2023:19:49:41.000	28/07/2023:06:19:01.000
24/07/2023:20:22:0 0.000	25/07/2023:04:47:4 0.250	25/07/2023:15:20:31.000	25/07/2023:25:47:51.000	25/07/2023:12:19:11.000	25/07/2023:22:46:81.000	27/07/2023:09:17:41.000	28/07/2023:19:55:01.000	28/07/2023:06:24:21.000
24/07/2023:20:27:4 0.000	25/07/2023:04:52:6 0.150	25/07/2023:15:25:51.000	25/07/2023:25:52:71.000	25/07/2023:12:24:31.000	25/07/2023:22:52:01.000	27/07/2023:09:23:01.000	28/07/2023:20:00:21.000	28/07/2023:06:29:41.000
24/07/2023:20:32:8 0.000	25/07/2023:04:57:8 0.000	25/07/2023:15:30:71.000	25/07/2023:25:57:91.000	25/07/2023:12:29:51.000	25/07/2023:22:57:21.000	27/07/2023:09:28:21.000	28/07/2023:20:05:41.000	28/07/2023:06:35:01.000
24/07/2023:20:38:2 0.000	25/07/2023:05:02:0 0.000	25/07/2023:15:35:91.000	25/07/2023:26:03:11.000	25/07/2023:12:35:11.000	25/07/2023:23:02:41.000	27/07/2023:09:33:41.000	28/07/2023:20:11:01.000	28/07/2023:06:40:21.000
24/07/2023:20:43:6 0.000	25/07/2023:05:07:2 0.000	25/07/2023:15:41:11.000	25/07/2023:26:08:31.000	25/07/2023:12:40:31.000	25/07/2023:23:07:61.000	27/07/2023:09:38:61.000	28/07/2023:20:16:21.000	28/07/2023:06:45:41.000
24/07/2023:20:49:0 0.000	25/07/2023:05:12:4 0.150	25/07/2023:15:46:31.000	25/07/2023:26:13:51.000	25/07/2023:12:45:51.000	25/07/2023:23:12:81.000	27/07/2023:09:43:81.000	28/07/2023:20:21:41.000	28/07/2023:06:50:61.000
24/07/2023:20:54:4 0.000	25/07/2023:05:17:6 0.250	25/07/2023:15:51:51.000	25/07/2023:26:18:71.000	25/07/2023:12:50:71.000	25/07/2023:23:18:01.000	27/07/2023:09:49:01.000	28/07/2023:20:27:01.000	28/07/2023:06:55:81.000
24/07/2023:21:00:0 0.000	25/07/2023:05:22:8 0.050	25/07/2023:15:56:71.000	25/07/2023:26:23:91.000	25/07/2023:12:55:91.000	25/07/2023:23:23:21.000	27/07/2023:09:54:21.000	28/07/2023:20:32:21.000	28/07/2023:07:01:01.000
24/07/2023:21:05:4 0.000	25/07/2023:05:28:0 0.800	25/07/2023:16:01:91.000	25/07/2023:26:29:11.000	25/07/2023:13:01:11.000	25/07/2023:23:28:41.000	27/07/2023:09:59:41.000	28/07/2023:20:37:41.000	28/07/2023:07:06:21.000
24/07/2023:21:10:8 0.000	25/07/2023:05:33:2 0.000	25/07/2023:16:07:11.000	25/07/2023:26:34:31.000	25/07/2023:13:06:31.000	25/07/2023:23:33:61.000	27/07/2023:10:04:61.000	28/07/2023:20:43:01.000	28/07/2023:07:11:41.000
24/07/2023:21:16:2 0.000	25/07/2023:05:38:4 0.000	25/07/2023:16:12:31.000	25/07/2023:26:39:51.000	25/07/2023:13:11:51.000	25/07/2023:23:38:81.000	27/07/2023:10:09:81.000	28/07/2023:20:48:21.000	28/07/2023:07:17:01.000
24/07/2023:21:21:6 0.000	25/07/2023:05:43:6 0.000	25/07/2023:16:17:51.000	25/07/2023:26:44:71.000	25/07/2023:13:17:31.000	25/07/2023:23:44:01.000	27/07/2023:10:15:01.000	28/07/2023:20:53:41.000	28/07/2023:07:23:01.000
24/07/2023:21:27:0 0.000	25/07/2023:05:48:8 0.000	25/07/2023:16:22:71.000	25/07/2023:26:49:91.000	25/07/2023:13:22:51.000	25/07/2023:23:49:21.000	27/07/2023:10:20:21.000	28/07/2023:20:59:01.000	28/07/2023:07:28:21.000
24/07/2023:21:32:4 0.000	25/07/2023:05:54:0 0.000	25/07/2023:16:27:91.000	25/07/2023:26:55:11.000	25/07/2023:13:28:11.000	25/07/2023:23:54:41.000	27/07/2023:10:25:41.000	28/07/2023:21:04:21.000	28/07/2023:07:33:41.000
24/07/2023:21:37:8 0.000	25/07/2023:05:59:2 0.000	25/07/2023:16:33:11.000	25/07/2023:27:00:31.000	25/07/2023:13:33:31.000	25/07/2023:23:59:61.000	27/07/2023:10:30:61.000	28/07/2023:21:09:41.000	28/07/2023:07:39:01.000
24/07/2023:21:43:2 0.000	25/07/2023:06:04:4 0.000	25/07/2023:16:38:31.000	25/07/2023:27:05:51.000	25/07/2023:13:38:51.000	25/07/2023:24:04:81.000	27/07/2023:10:35:81.000	28/07/2023:21:14:61.000	28/07/2023:07:44:21.000
24/07/2023:21:48:6 0.000	25/07/2023:06:09:6 0.000	25/07/2023:16:43:51.000	25/07/2023:27:10:71.000	25/07/2023:13:43:71.000	25/07/2023:24:10:01.000	27/07/2023:10:41:01.000	28/07/2023:21:20:01.000	28/07/2023:07:49:41.000
24/07/2023:21:54:0 0.000	25/07/2023:06:14:8 0.000	25/07/2023:16:48:71.000	25/07/2023:27:15:91.000	25/07/2023:13:48:91.000	25/07/2023:24:15:21.000	27/07/2023:10:46:21.000	28/07/2023:21:25:21.000	28/07/2023:07:55:01.000
24/07/2023:21:59:4 0.000	25/07/2023:06:20:0 0.000	25/07/2023:16:53:91.000	25/07/2023:27:21:11.000	25/07/2023:13:54:11.000	25/07/2023:24:20:41.000	27/07/2023:10:51:41.000	28/07/2023:21:30:61.000	28/07/2023:08:00:21.000
24/07/2023:22:04:8 0.000	25/07/2023:06:25:2 0.000	25/07/2023:16:59:11.000	25/07/2023:27:26:31.000	25/07/2023:13:59:31.000	25/07/2023:24:25:61.000	27/07/2023:10:56:61.000	28/07/2023:21:36:01.000	28/07/2023:08:05:41.000
24/07/2023:22:10:2 0.000	25/07/2023:06:30:4 0.000	25/07/2023:17:04:31.000	25/07/2023:27:31:51.000	25/07/2023:14:04:51.000	25/07/2023:24:30:81.000	27/07/2023:11:01:81.000	28/07/2023:21:41:41.000	28/07/2023:08:10:61.000
24/07/2023:22:15:6 0.000	25/07/2023:06:35:6 0.000	25/07/2023:17:09:51.000	25/07/2023:27:36:71.000	25/07/2023:14:09:71.000	25/07/2023:24:36:01.000	27/07/2023:11:07:01.000	28/07/2023:21:47:01.000	28/07/2023:08:15:81.000
24/07/2023:22:21:0 0.000	25/07/2023:06:40:8 0.000	25/07/2023:17:15:11.000	25/07/2023:27:41:91.000	25/07/2023:14:14:91.000	25/07/2023:24:41:21.000	27/07/2023:11:12:21.000	28/07/2023:21:52:21.000	28/07/2023:08:21:01.000
24/07/2023:22:26:4 0.000	25/07/2023:06:46:0 0.000	25/07/2023:17:20:31.000	25/07/2023:27:47:11.000	25/07/2023:14:20:11.000	25/07/2023:24:46:41.000	27/07/2023:11:17:41.000	28/07/2023:21:57:41.000	28/07/2023:08:26:21.000
24/07/2023:22:31:8 0.000	25/07/2023:06:51:2 0.000	25/07/2023:17:25:51.000	25/07/2023:27:52:31.000	25/07/2023:14:25:31.000	25/07/2023:24:51:61.000	27/07/2023:11:22:61.000	28/07/2023:22:03:01.000	28/07/2023:08:31:41.000
24/07/2023:22:37:2 0.000	25/07/2023:06:56:4 0.000	25/07/2023:17:30:71.000	25/07/2023:27:57:51.000	25/07/2023:14:30:51.000	25/07/2023:24:56:81.000	27/07/2023:11:27:81.000	28/07/2023:22:08:21.000	28/07/2023:08:36:61.000
24/07/2023:22:42:6 0.000	25/07/2023:07:01:6 0.000	25/07/						



106/2023/12-14/011.000	106/2023/22-23/411.000	106/2023/08-32/211.000	106/2023/18-43/011.000	106/2023/04-52/411.000	106/2023/15/02/211.000	106/2023/01-28/010.000	106/2023/11-52/10.000	106/2023/22-24/310.000
106/2023/12-12/11.000	106/2023/22-28/511.000	106/2023/08-33/311.000	106/2023/18-48/11.000	106/2023/04-57/311.000	106/2023/15/07/311.000	106/2023/01-31/210.000	106/2023/12/00/410.000	106/2023/22-29/510.000
106/2023/12-24/211.000	106/2023/23-04/011.000	106/2023/08-43/411.000	106/2023/18-53/211.000	106/2023/05/03/301.000	106/2023/15/12/411.000	106/2023/01-36/410.000	106/2023/12/06/010.000	106/2023/22-35/110.000
106/2023/12-29/311.000	106/2023/23-08/11.000	106/2023/08-48/511.000	106/2023/18-58/311.000	106/2023/05/08/11.000	106/2023/15/17/511.000	106/2023/01-42/010.000	106/2023/12/11/210.000	106/2023/22-40/310.000
106/2023/12-34/411.000	106/2023/23-14/211.000	106/2023/08-54/011.000	106/2023/19/03/411.000	106/2023/05/13/211.000	106/2023/15/23/011.000	106/2023/01-47/210.000	106/2023/12/16/410.000	106/2023/22-45/510.000
106/2023/12-39/511.000	106/2023/23-19/311.000	106/2023/08-59/11.000	106/2023/19/08/511.000	106/2023/05/18/311.000	106/2023/15/28/11.000	106/2023/01-52/410.000	106/2023/12/22/010.000	106/2023/22-51/110.000
106/2023/12-45/011.000	106/2023/23-24/411.000	106/2023/09/04/211.000	106/2023/19/14/011.000	106/2023/05/23/411.000	106/2023/15/33/211.000	106/2023/01-58/010.000	106/2023/12/27/210.000	106/2023/22-56/310.000
106/2023/12-50/11.000	106/2023/23-29/511.000	106/2023/09/09/311.000	106/2023/19/19/11.000	106/2023/05/28/511.000	106/2023/15/38/311.000	106/2023/01-63/210.000	106/2023/12/32/410.000	106/2023/22-61/510.000
106/2023/12-55/211.000	106/2023/23/05/011.000	106/2023/09/14/411.000	106/2023/19/24/211.000	106/2023/05/33/611.000	106/2023/15/43/411.000	106/2023/01-68/410.000	106/2023/12/38/010.000	106/2023/22-67/010.000
106/2023/13/00/311.000	106/2023/23/11/11.000	106/2023/09/19/511.000	106/2023/19/29/311.000	106/2023/05/38/11.000	106/2023/15/48/511.000	106/2023/01-73/610.000	106/2023/12/43/110.000	106/2023/22-73/110.000
106/2023/13/05/411.000	106/2023/23/16/211.000	106/2023/09/25/011.000	106/2023/19/34/411.000	106/2023/05/43/211.000	106/2023/15/54/011.000	106/2023/01-78/210.000	106/2023/12/48/310.000	106/2023/22-79/510.000
106/2023/13/10/511.000	106/2023/23/21/311.000	106/2023/09/30/11.000	106/2023/19/39/511.000	106/2023/05/48/311.000	106/2023/15/59/11.000	106/2023/01-83/410.000	106/2023/12/53/010.000	106/2023/22-85/110.000
106/2023/13/15/011.000	106/2023/23/26/411.000	106/2023/09/35/211.000	106/2023/19/45/011.000	106/2023/05/53/411.000	106/2023/16/04/211.000	106/2023/01-88/210.000	106/2023/12/58/110.000	106/2023/22-91/010.000
106/2023/13/21/11.000	106/2023/23/31/511.000	106/2023/09/40/311.000	106/2023/19/50/11.000	106/2023/05/58/511.000	106/2023/16/09/311.000	106/2023/01-93/010.000	106/2023/13/04/310.000	106/2023/22-97/010.000
106/2023/13/26/211.000	106/2023/23/36/611.000	106/2023/09/45/411.000	106/2023/19/55/211.000	106/2023/06/03/011.000	106/2023/16/14/411.000	106/2023/01-98/010.000	106/2023/13/09/410.000	106/2023/22-03/110.000
106/2023/13/31/311.000	106/2023/23/41/711.000	106/2023/09/50/511.000	106/2023/20/00/311.000	106/2023/06/08/11.000	106/2023/16/19/511.000	106/2023/01-03/110.000	106/2023/13/14/510.000	106/2023/22-09/210.000
106/2023/13/36/411.000	106/2023/23/46/811.000	106/2023/09/55/611.000	106/2023/20/05/411.000	106/2023/06/13/211.000	106/2023/16/24/611.000	106/2023/01-08/210.000	106/2023/13/19/610.000	106/2023/22-15/310.000
106/2023/13/41/511.000	106/2023/23/51/911.000	106/2023/10/00/11.000	106/2023/20/10/511.000	106/2023/06/18/311.000	106/2023/16/29/711.000	106/2023/01-13/310.000	106/2023/13/24/710.000	106/2023/22-21/410.000
106/2023/13/46/611.000	106/2023/23/57/011.000	106/2023/10/05/211.000	106/2023/20/15/611.000	106/2023/06/23/411.000	106/2023/16/34/811.000	106/2023/01-18/410.000	106/2023/13/29/810.000	106/2023/22-27/510.000
106/2023/13/51/711.000	106/2023/24/02/11.000	106/2023/10/10/311.000	106/2023/20/20/711.000	106/2023/06/28/511.000	106/2023/16/39/911.000	106/2023/01-23/510.000	106/2023/13/34/910.000	106/2023/22-33/610.000
106/2023/13/56/811.000	106/2023/24/07/211.000	106/2023/10/15/411.000	106/2023/20/25/811.000	106/2023/06/33/611.000	106/2023/16/44/011.000	106/2023/01-28/610.000	106/2023/13/39/010.000	106/2023/22-39/710.000
106/2023/14/02/311.000	106/2023/24/12/311.000	106/2023/10/20/511.000	106/2023/20/30/911.000	106/2023/06/38/711.000	106/2023/16/49/11.000	106/2023/01-33/710.000	106/2023/13/44/110.000	106/2023/22-45/810.000
106/2023/14/07/411.000	106/2023/24/17/411.000	106/2023/10/25/611.000	106/2023/20/35/011.000	106/2023/06/43/811.000	106/2023/16/54/211.000	106/2023/01-38/810.000	106/2023/13/49/210.000	106/2023/22-51/910.000
106/2023/14/12/511.000	106/2023/24/22/511.000	106/2023/10/30/711.000	106/2023/20/40/11.000	106/2023/06/48/911.000	106/2023/16/59/311.000	106/2023/01-43/910.000	106/2023/13/54/310.000	106/2023/22-57/010.000
106/2023/14/17/611.000	106/2023/24/27/611.000	106/2023/10/35/811.000	106/2023/20/45/211.000	106/2023/06/53/011.000	106/2023/17/04/411.000	106/2023/01-48/010.000	106/2023/13/59/410.000	106/2023/22-63/110.000
106/2023/14/22/711.000	106/2023/24/32/711.000	106/2023/10/40/911.000	106/2023/20/50/311.000	106/2023/06/58/11.000	106/2023/17/09/511.000	106/2023/01-53/110.000	106/2023/14/04/510.000	106/2023/22-69/210.000
106/2023/14/27/811.000	106/2023/24/37/811.000	106/2023/10/45/011.000	106/2023/20/55/411.000	106/2023/06/63/211.000	106/2023/17/14/611.000	106/2023/01-58/210.000	106/2023/14/09/610.000	106/2023/22-75/310.000
106/2023/14/32/911.000	106/2023/24/42/911.000	106/2023/10/50/11.000	106/2023/20/60/511.000	106/2023/06/68/311.000	106/2023/17/19/711.000	106/2023/01-63/310.000	106/2023/14/14/710.000	106/2023/22-81/410.000
106/2023/14/38/011.000	106/2023/24/47/011.000	106/2023/10/55/211.000	106/2023/20/65/611.000	106/2023/06/73/411.000	106/2023/17/24/811.000	106/2023/01-68/410.000	106/2023/14/19/810.000	106/2023/22-87/510.000
106/2023/14/43/11.000	106/2023/24/52/11.000	106/2023/11/00/311.000	106/2023/20/70/711.000	106/2023/06/78/511.000	106/2023/17/29/911.000	106/2023/01-73/510.000	106/2023/14/24/910.000	106/2023/22-93/610.000
106/2023/14/48/211.000	106/2023/24/57/211.000	106/2023/11/05/411.000	106/2023/20/75/811.000	106/2023/06/83/611.000	106/2023/17/34/011.000	106/2023/01-78/610.000	106/2023/14/29/010.000	106/2023/22-99/710.000
106/2023/14/53/311.000	106/2023/25/02/311.000	106/2023/11/10/511.000	106/2023/20/80/911.000	106/2023/06/88/711.000	106/2023/17/39/11.000	106/2023/01-83/710.000	106/2023/14/34/110.000	106/2023/23-05/810.000
106/2023/14/58/411.000	106/2023/25/07/411.000	106/2023/11/15/611.000	106/2023/20/85/011.000	106/2023/06/93/811.000	106/2023/17/44/211.000	106/2023/01-88/810.000	106/2023/14/39/210.000	106/2023/23-11/910.000
106/2023/15/03/511.000	106/2023/25/12/511.000	106/2023/11/20/711.000	106/2023/20/90/11.000	106/2023/06/98/911.000	106/2023/17/49/311.000	106/2023/01-93/910.000	106/2023/14/44/310.000	106/2023/23-17/010.000
106/2023/15/08/611.000	106/2023/25/17/611.000	106/2023/11/25/811.000	106/2023/20/95/211.000	106/2023/07/03/011.000	106/2023/17/54/411.000	106/2023/01-98/010.000	106/2023/14/49/410.000	106/2023/23-23/110.000
106/2023/15/13/711.000	106/2023/25/22/711.000	106/2023/11/30/911.000	106/2023/21/00/311.000	106/2023/07/08/11.000	106/2023/17/59/511.000	106/2023/01-03/110.000	106/2023/14/54/510.000	106/2023/23-29/210.000
106/2023/15/18/811.000	106/2023/25/27/811.000	106/2023/11/35/011.000	106/2023/21/05/411.000	106/2023/07/13/211.000	106/2023/18/04/611.000	106/2023/01-08/210.000	106/2023/14/59/610.000	106/2023/23-35/310.000
106/2023/15/23/911.000	106/2023/25/32/911.000	106/2023/11/40/11.000	106/2023/21/10/511.000	106/2023/07/18/311.000	106/2023/18/09/711.000	106/2023/01-13/310.000	106/2023/15/04/710.000	106/2023/23-41/410.000
106/2023/15/29/011.000	106/2023/25/37/011.000	106/2023/11/45/211.000	106/2023/21/15/611.000	106/2023/07/23/411.000	106/2023/18/14/811.000	106/2023/01-18/410.000	106/2023/15/09/810.000	106/2023/23-47/510.000
106/2023/15/34/11.000	106/2023/25/42/11.000	106/2023/11/50/311.000	106/2023/21/20/711.000	106/2023/07/28/511.000	106/2023/18/19/911.000	106/2023/01-23/510.000	106/2023/15/14/910.000	106/2023/23-53/610.000
106/2023/15/39/211.000	106/2023/25/47/211.000	106/2023/11/55/411.000	106/2023/21/25/811.000	106/2023/07/33/611.000	106/2023/18/24/011.000	106/2023/01-28/610.000	106/2023/15/19/010.000	106/2023/23-59/710.000
106/2023/15/44/311.000	106/2023/25/52/311.000	106/2023/12/00/511.000	106/2023/21/30/911.000	106/2023/07/38/711.000	106/2023/18/29/11.000	106/2023/01-33/710.000	106/2023/15/24/110.000	106/2023/23-65/810.000
106/2023/15/49/411.000	106/2023/25/57/411.000	106/2023/12/05/611.000	106/2023/21/35/011.000	106/2023/07/43/811.000	106/2023/18/34/211.000	106/2023/01-38/810.000	106/2023/15/29/210.000	106/2023/23-71/910.000
106/2023/15/54/511.000	106/2023/26/02/511.000	106/2023/12/10/711.000	106/2023/21/40/11.000	106/2023/07/48/911.000	106/2023/18/39/311.000	106/2023/01-43/910.000	106/2023/15/34/310.000	106/2023/23-77/010.000
106/2023/15/59/611.000	106/2023/26/07/611.000	106/2023/12/15/811.000	106/2023/21/45/211.000	106/2023/07/53/011.000	106/2023/18/44/411.000	106/2023/01-48/010.000	106/2023/15/39/410.000	106/2023/23-83/110.000
106/2023/16/04/711.000	106/2023/26/12/711.000	106/2023/12/20/911.000	106/2023/21/50/311.000	106/2023/07/58/11.000	106/2023/18/49/511.000	106/2023/01-53/110.000	106/2023/15/44/510.000	106/2023/23-89/210.000
106/2023/16/09/811.000	106/2023/26/17/811.000	106/2023/12/25/011.000	106/2023/21/55/411.000	106/2023/07/63/211.000	106/2023/18/54/611.000	106/2023/01-58/210.000	106/2023/15/49/610.000	106/2023/23-95/310.000
106/2023/16/14/911.000	106/2023/26/22/911.000	106/2023/12/30/11.000	106/2023/22/00/511.000	106/2023/07/68/311.000	106/2023/18/59/711.000	106/2023/01-63/310.000	106/2023/15/54/710.000	106/2023/24-01/410.000
106/2023/16/19/011.000	106/2023/26/27/011.000	106/2023/12/35/211.000	106/2023/22/05/611.000	106/2023/07/73/411.000	106/2023/19/04/811.000	106/2023/01-68/410.000	106/2023/15/59/810.000	106/2023/24-07/510.000
106/2023/16/24/11.000	106/2023/26/32/11.000	106/2023/12/40/311.000	106/2023/22/10/711.000	106/202				



50820230653510.000	50820231922110.000	5082023029552310.000	50820231621510.000	708202302051110.000	70820231320310.000	7082023023349510.000	808202301018110.000	80820230048310.000
50820230659310.000	50820231923310.000	5082023029557510.000	5082023162710.000	708202302052310.000	70820231325510.000	708202302335510.000	808202301024310.000	80820230053010.000
508202306904310.000	50820231923510.000	5082023030603110.000	50820231632310.000	708202303031510.000	70820231331110.000	808202300300310.000	808202301029510.000	8082023005910.000
50820230690510.000	5082023193110.000	5082023030608310.000	50820231637310.000	7082023030710.000	70820231336310.000	80820230005510.000	80820230135110.000	808202301040310.000
50820230691510.000	50820231934310.000	5082023030613510.000	50820231643110.000	70820230312310.000	70820231341510.000	8082023001110.000	8082023014040310.000	80820230109510.000
508202306920310.000	5082023194510.000	5082023030619110.000	50820231648310.000	7082023031710.000	70820231347110.000	80820230018310.000	808202301405510.000	8082023015110.000
50820230692510.000	5082023195110.000	5082023030624310.000	5082023165310.000	7082023032310.000	70820231352310.000	80820230021510.000	80820230151110.000	80820230120310.000
50820230693110.000	5082023030630310.000	5082023030629510.000	50820231659110.000	70820230328310.000	70820231357510.000	80820230027110.000	808202301508310.000	80820230125510.000
508202306936310.000	5082023030635110.000	5082023030635110.000	50820231662310.000	70820230333510.000	7082023136310.000	808202300282310.000	8082023015110.000	80820230131110.000
508202306941510.000	5082023030640310.000	5082023030640310.000	50820231664310.000	7082023033910.000	70820231368310.000	80820230037510.000	80820230150710.000	80820230136310.000
508202306947110.000	5082023030648310.000	5082023030645510.000	50820231671510.000	70820230344310.000	7082023137310.000	8082023004310.000	808202301512310.000	8082023014510.000
50820230695210.000	5082023030651110.000	5082023030651110.000	508202316720310.000	70820230349510.000	7082023137910.000	80820230048310.000	808202301517510.000	80820230147110.000
508202306957510.000	508202303065710.000	5082023030658310.000	508202316725510.000	7082023035510.000	708202313842310.000	8082023005310.000	80820230152310.000	80820230152310.000
508202310023110.000	5082023030662310.000	50820230701510.000	50820231673110.000	70820230360310.000	70820231389510.000	8082023005910.000	808202301528310.000	80820230157510.000
508202310030310.000	508202303066710.000	5082023070710.000	508202316736310.000	70820230365510.000	70820231394310.000	80820230064310.000	808202301533510.000	8082023020310.000
5082023100306310.000	5082023030672310.000	50820230712310.000	508202316741510.000	7082023037110.000	70820231399510.000	80820230069510.000	808202301538310.000	80820230208310.000
5082023100310310.000	508202303067710.000	50820230717510.000	508202316746710.000	70820230376310.000	70820231404310.000	80820230074310.000	80820230154310.000	8082023021310.000
5082023100310310.000	5082023030682310.000	50820230720310.000	50820231675110.000	70820230381510.000	70820231409510.000	80820230079510.000	808202301548310.000	80820230218310.000
5082023100310310.000	508202303068710.000	5082023072510.000	508202316756310.000	70820230386710.000	70820231414710.000	80820230084310.000	80820230155310.000	8082023022310.000
5082023100310310.000	5082023030692310.000	50820230730310.000	508202316761510.000	70820230391310.000	70820231419910.000	80820230089510.000	808202301558310.000	80820230228310.000
5082023100310310.000	508202303069710.000	5082023073510.000	508202316766710.000	70820230396510.000	7082023142510.000	80820230094310.000	80820230156310.000	8082023023310.000
5082023100310310.000	508202303070310.000	50820230740310.000	508202316771910.000	70820230401310.000	70820231430310.000	80820230099510.000	808202301568310.000	80820230238310.000
5082023100310310.000	5082023030708310.000	5082023074510.000	50820231677710.000	70820230406510.000	70820231435510.000	80820230104310.000	80820230157310.000	8082023024310.000
5082023100310310.000	508202303071310.000	50820230750310.000	508202316782310.000	70820230411710.000	70820231440710.000	80820230109510.000	808202301578310.000	80820230248310.000
5082023100310310.000	508202303071810.000	5082023075510.000	508202316787510.000	70820230416910.000	70820231445910.000	80820230114710.000	80820230158310.000	8082023025310.000
5082023100310310.000	508202303072310.000	50820230760310.000	508202316792710.000	70820230422110.000	7082023145110.000	80820230119910.000	808202301588310.000	80820230258310.000
5082023100310310.000	508202303072810.000	5082023076510.000	508202316797910.000	70820230427310.000	70820231456310.000	80820230125110.000	80820230159310.000	8082023026310.000
5082023100310310.000	508202303073310.000	50820230770310.000	50820231680310.000	70820230432510.000	70820231461510.000	80820230130310.000	808202301598310.000	80820230268310.000
5082023100310310.000	508202303073810.000	5082023077510.000	508202316808310.000	70820230437710.000	70820231466710.000	80820230135510.000	80820230160310.000	8082023027310.000
5082023100310310.000	508202303074310.000	50820230780310.000	508202316813510.000	70820230442910.000	70820231471910.000	80820230140710.000	808202301608310.000	80820230278310.000
5082023100310310.000	508202303074810.000	5082023078510.000	508202316818710.000	70820230448110.000	7082023147710.000	80820230145910.000	80820230161310.000	8082023028310.000
5082023100310310.000	508202303075310.000	50820230790310.000	508202316823910.000	70820230453310.000	70820231482310.000	8082023015110.000	808202301618310.000	80820230288310.000
5082023100310310.000	508202303075810.000	5082023079510.000	50820231682910.000	70820230458510.000	70820231487510.000	80820230156310.000	80820230162310.000	8082023029310.000
5082023100310310.000	508202303076310.000	50820230800310.000	508202316834310.000	70820230463710.000	70820231492710.000	80820230161510.000	808202301628310.000	80820230298310.000
5082023100310310.000	508202303076810.000	5082023080510.000	508202316839510.000	70820230468910.000	70820231497910.000	80820230166710.000	80820230163310.000	8082023030310.000
5082023100310310.000	508202303077310.000	50820230810310.000	508202316844710.000	70820230474110.000	7082023150310.000	80820230171910.000	808202301638310.000	80820230308310.000
5082023100310310.000	508202303077810.000	5082023081510.000	508202316849910.000	70820230479310.000	70820231508310.000	8082023017710.000	80820230164310.000	8082023031310.000
5082023100310310.000	508202303078310.000	50820230820310.000	50820231685510.000	70820230484510.000	70820231513510.000	80820230182310.000	808202301648310.000	8082023031810.000
5082023100310310.000	508202303078810.000	5082023082510.000	508202316860310.000	70820230489710.000	70820231518710.000	80820230187510.000	80820230165310.000	8082023032310.000
5082023100310310.000	508202303079310.000	50820230830310.000	508202316865510.000	70820230494910.000	70820231523910.000	80820230192710.000	808202301658310.000	8082023032810.000
5082023100310310.000	508202303079810.000	5082023083510.000	508202316870710.000	70820230490110.000	7082023152910.000	80820230197910.000	80820230166310.000	8082023033310.000
5082023100310310.000	508202303080310.000	50820230840310.000	508202316875910.000	70820230495310.000	70820231534310.000	8082023020310.000	808202301668310.000	8082023033810.000
5082023100310310.000	508202303080810.000	5082023084510.000	50820231688110.000	70820230500510.000	70820231539510.000	80820230208310.000	80820230167310.000	8082023033910.000
5082023100310310.000	508202303081310.000	50820230850310.000	508202316886310.000	70820230505710.000	70820231544710.000	8082023021310.000	808202301678310.000	8082023034410.000
5082023100310310.000	508202303081810.000	5082023085510.000	508202316891510.000	70820230510910.000	70820231549910.000	80820230218310.000	80820230168310.000	8082023034910.000
5082023100310310.000	508202303082310.000	50820230860310.000	508202316896710.000	70820230516110.000	7082023155510.000	8082023022310.000	808202301688310.000	8082023035410.000
5082023100310310.000	508202303082810.000	5082023086510.000	508202316901910.000	70820230521310.000	70820231560310.000	80820230228310.000	80820230169310.000	8082023035910.000
5082023100310310.000	508202303083310.000	50820230870310.000	50820231690710.000	70820230526510.000	70820231565510.000	8082023023310.000	808202301698310.000	8082023036410.000
5082023100310310.000	508202303083810.000	5082023087510.000	508202316912310.000	70820230531710.000	70820231570710.000	80820230238310.000	80820230170310.000	8082023036910.000
5082023100310310.000	508202303084310.000	50820230880310.000	508202316917510.000	70820230536910.000	70820231575910.000	80820230239510.000	808202301708310.000	8082023037410.000
5082023100310310.000	508202303084810.000	5082023088510.000	508202316922710.000	70820230542110.000	7082023158110.000	80820230244710.000	80820230171310.000	8082023037910.000
5082023100310310.000	508202303085310.000	50820230890310.000	508202316927910.000	70820230547310.000	70820231586310.000	80820230249910.000	808202301718310.000	8082023038410.000
5082023100310310.000	508202303085810.000	5082023089510.000	50820231693310.000	70820230552510.000	70820231591510.000	8082023025510.000	80820230172310.000	8082023038910.000
5082023100310310.000	508202303086310.000	50820230900310.000	508202316938310.000	70820230557710.000	70820231596710.000	80820230260310.000	808202301728310.000	8082023039410.000
5082023100310310.000	508202303086810.000	5082023090510.000	508202316943510.000	70820230562910.000	70820231601910.000	80820230265310.000	80820230173310.000	8082023039910.000
5082023100310310.000	508202303087310.000	50820230910310.000	508202316948710.000	70820230568110.000	7082023160710.000	80820230270510.000	808202301738310.000	8082023040410.000
5082023100310310.000	508202303087810.000	5082023091510.000	508202316953910.000	70820230573310.000	70820231612310.000	80820230275710.000	80820230174310.000	8082023



Anexos



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



N° 01924



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



N° 01931

FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO	: TESIS	HORA INIC. :	3:00 Pm
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: PESO Especifico y Peso Unitario	HORA FIN :	6:30 Pm
DOCENTE O ASESOR	: Kildare Ague Escalante	FECHA :	16 1 06 123

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Durand Charino, Diego Raul	0161005421	963301271	<i>[Signature]</i>
2	Lopez Huamani, Ilma	0161020370	945090243	<i>[Signature]</i>
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Balanza de precision (1kg)	1	/	/			
2	Cono	1	/	/			
3	Matriz	1	/	/			
4	Cucharon	1	/	/			
5	Bandeja	2	/	/			
6	Pison Metalico	1	/	/			
7	Cesta con malla de Alambre	1	/	/			
8	Bal	2	/	/			
9	Molde volumetrico	1	/	/			
10	Vorilla	1	/	/			
11	Regla	1	/	/			
12	Vernier	1	/	/			
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Diego Raul	Cel	: 963301271	 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA - C.R. INGENIERIA CIVIL <i>[Signature]</i> JEFE DE PRACTICAS - LABORATORIO DE SUELOS - INGENIERIA CIVIL AUTORIZA JEFE DE PRACTICAS O ASESOR <i>[Signature]</i> Kildare Ague Escalante CIVIL CIP N° 148343	
Apellidos	: Durand Charino				
DNI	: 74635836	Firma	: <i>[Signature]</i>		
OBSERVACIONES :					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01932

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE. CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO	: Tesis	HORA INIC. :	11:15
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: Análisis Granulométrico	HORA FIN :	12:45
DOCENTE O ASESOR	: Asue Escalante Kildare	FECHA	: 19 10 2013

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	López Huamani Elmo	0961020370	945090243	<i>[Firma]</i>
2	Durand Chaiña Diego Raul	0161005420	963301271	<i>[Firma]</i>
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Tamices 1"	1	/	/			
2	3/4"	1	/	/			
3	1/2"	1	/	/			
4	3/8"	1	/	/			
5	N°4"	1	/	/			
6	N°8"	1	/	/			
7	N°16"	1	/	/			
8	N°30"	1	/	/			
9	N°50", N°100, N°200	1	/	/			
10	FONDO	1	/	/			
11	Palas de mano	1	/	/			
12	Brocha	1	/	/			
13	Balanza de precisión	1	/	/			
14	Bowl	3	/	/			
15	Bandeja	2	/	/			
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Diego	Cel	:	 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA - C.P. INGENIERÍA CIVIL <i>[Firma]</i> AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR	
Apellidos	: Durand Chaiña	Firma	: <i>[Firma]</i>		
DNI	: 74635886				
OBSERVACIONES :				 Asue Escalante Kildare JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR 140313	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01929

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO	: TESIS	HORA INIC.	: 11:00 Am
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: Pasa Unitario	HORA FIN	: 13:00 Pm
DOCENTE O ASESOR	: Kildre Ascue Escalante	FECHA	: 27/06/23

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Duran Chaso Diego Raul	0161905426	963301271	
2	Lopez Huamani Elmo	0161020370	945090243	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Molde Volumetrico	1	/	/			
2	Varilla	1	/	/			
3	balanza	1	/	/			
4	Cucharon	1	/	/			
5	brocha	1	/	/			
6	Regla	1	/	/			
7	Vernier	1	/	/			
8	Sam Dija	1	/	/			
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Elmo	Cel	:	 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA - C.P. INGENIERIA CIVIL AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR LOS	
Apellidos	: Lopez Huamani				
DNI	: 46024192	Firma	:		
OBSERVACIONES				 Kildre Ascue Escalante Ing. CIVIL CIP N° 146343	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01928

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO :	Tesis	HORA INIC. :	08:25 Am
TÍTULO DE LA PRÁCTICA :	Análisis Granulométrico - Combinaciones	HORA FIN :	09:00 Am
DOCENTE O ASESOR :	Kildar Ascar Escalante	FECHA :	28/06/23

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1				
2	López Huamani Amro	0167020370	943090243	[Firma]
3	Díaz Chavira Diego	0167003920	963301271	[Firma]
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Tamices 1"	1	/	/			
2	3/4", 1/2"	1	/	/			
3	3/2"	1	/	/			
4	N°4"	1	/	/			
5	N°8"	1	/	/			
6	N°16"	1	/	/			
7	N°30"	1	/	/			
8	N°50, N°100, N°200	1	/	/			
9	Fondo	1	/	/			
10	Cucharon	1	/	/			
11	Brecha	1	/	/			
12	Balanza de precisión	1	/	/			
13	Bowl	3	/	/			
14	Bandaja	3	/	/			
15	Escobilla	2	/	/			
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s) :	Amro	Cel :		 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR [Firma] Kildar Ascar Escalante Ing. CIVIL N° 16343	
Apellidos :	López Huamani				
DNI :	46084692	Firma :	[Firma]		
OBSERVACIONES :					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



N° 01925

FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO :	HORA INIC. : 9:15
TÍTULO DE LA PRÁCTICA : Tesis Elaboración de Biquetos y Vigas	HORA FIN :
DOCENTE O ASESOR : Asoc. Escalante Maldare	FECHA : 11 07 2023

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1				
2	Purand Chama, Diego Raul Lopez Huamani, Efraim	0161005425 011102037D	963301271 945091243	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Maldes de vigas	16					
2	Maldes de biquetos	16					
3	Trompa (Reguladora de concreto)	1					
4	Alicate	2					
5	llave Inglesa	1					
6	Cucharares	2					
7	balanza (capacidad 50kg)	1					
8	Extensor	1					
9	Cono de Abrams	1					
10	Desarmador	1					
11	Varilla 16mm	1					
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s) :	Efraim	Cel :	945090243	 AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR Ing. CIVIL CIP N° 146347	
Apellidos :	Lopez Huamani				
DNI :	46021652	Firma :			
OBSERVACIONES :					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01927

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO	: <u>Tesis</u>	HORA INIC. :
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: <u>Velocidad de Pulso Ultrasonico</u>	HORA FIN :
DOCENTE O ASESOR	: <u>Asue Escalante, Kildare</u>	FECHA : <u>12 10 7 123</u>

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	<u>Lopez Huamani, Elmo</u>	<u>06100373</u>	<u>945090243</u>	<u>[Firma]</u>
2	<u>Durand Chaiño, Diego</u>	<u>0161005120</u>	<u>962301271</u>	<u>[Firma]</u>
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	<u>Equipo de Pulso Ultrasonico</u>						
2	<u>Vernier</u>						
3	<u>Regla</u>						
4	<u>Flexometro</u>						
5	<u>Balanza</u>						
6	<u>Máquina de compresión</u>						
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	<u>Elmo</u>	Cel	<u>945090243</u>	 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA CIVIL <u>[Firma]</u> AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR	
Apellidos	<u>Lopez Huamani</u>				
DNI		Firma	<u>[Firma]</u>		
OBSERVACIONES :				<u>[Firma]</u> Asue Escalante Asesor	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01926

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO	: Tesis	HORA INIC.	: 14:50
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: Ruptura de Bisaguetos y Vigas	HORA FIN	:
DOCENTE O ASESOR	: Asoc. Escalante Kildore	FECHA	: 12 10 2013

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Lopez Huamani Elmo	0161020370	945090243	
2	Durand Choña Diego	0161005126	963301271	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Equipo de ruptura de Bisaguetos	1	✓				
2	Equipo de ruptura de Vigas	1	✓				
3	Vernier	1	✓				
4	Regla						
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Elmo	Cel	: 945090243	 AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR	 CIP N° 100
Apellidos	: Lopez Huamani				
DNI	:	Firma	:		
OBSERVACIONES :					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01706

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO

CURSO	"Tesis": Evolucion de la resistencia del concreto	HORA INIC.	14:00
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: convencional (compresión y flexión)	HORA FIN	15:45
DOCENTE O ASESOR	: Asave Escalante Kildere	FECHA	18 07 2023

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Lopez Huamani Elmo	016107037D	945090243	[Firma]
2	Durand Chanía Diego	016100542c	963301271	[Firma]
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Vernier	1					
2	Regla	1					
3	Equipo de pulso ultrasónico	1					
4	Máquina de compresión	1					
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Elmo	Cel	: 945090243	 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA - INGENIERÍA CIVIL [Firma] PRÁCTICAS - SUELOS Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL	AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR
Apellidos	: Lopez Huamani				
DNI	: 46024692	Firma	: [Firma]		
OBSERVACIONES :					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

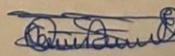
N° 01707

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO	: Tesis - Evolución de la resistencia del	HORA INIC. :	11:30
TÍTULO DE LA PRÁCTICA	: concreto (compresión - flexión)	HORA FIN :	
DOCENTE O ASESOR	:	FECHA	: 20 10 7 12023

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Lopez Huamani Elmo	016102037D	945090243	<i>Elmo</i>
2	Durand Chanía Diego	016100542C	963301271	<i>Diego</i>
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Vernier	1					
2	Regla	1					
3	Equipo de pulso ultrasónico	1					
4	Maquina de compresión	1					
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Elmo	Cel	: 945090243	 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA C.P. INGENIERÍA CIVIL <i>[Firma]</i> PRÁCTICAS DE SUELOS AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR	
Apellidos	: López Huamani	Firma	: <i>[Firma]</i>		
DNI	: 46024692				
OBSERVACIONES :					
.....					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELO, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



N° 01709

FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

LOS DE DATOS DE ESTA FICHA DEBE SER TOTALMENTE RESPONDIDA POR TODOS LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS QUE SE HAN REQUERIDO, DEBE SER VERIFICADA Y FIRMADA POR EL ALUMNO O ASISTENTE DEL EQUIPO, ASÍ COMO POR EL COMITÉ TECNICO Y DEBE SER REVISADA Y FIRMADA POR EL COMITÉ TECNICO, ASÍ COMO POR LA PROFESORA O EL PROFESOR DEL LABORATORIO

CURSO	Tesis	HORA INIC.	
TITULO DE LA PRACTICA	Evaluación de resistencia a compresión y flexión	HORA FIN	
DOCENTE O ASESOR	Arac Escalante Kildor	FECHA	26 '07 '2021

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DDDDD	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Lopez Huamani Elmo	010020380	945090243	[Firma]
2	Durand Chanio Diego	010002426	963301231	[Firma]
3				
4				
5				
6				
7				
8				

N°	EQUIPO O INSTRUMENTO	CANT.	Env.	Dth.	OBSERVACIONES	MARCA	OTRO PATRON
1	Vortex	1					
2	Regla	1					
3	Equipo de velocidad ultrasonico	1					
4	Máquina de compresión	1					
5	Balanza	1					
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFIRMACION DE LABORATORIO	
Nombre	Elmo	Cel	945090243	 AUTORIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA	 RESPONSABLE DE LABORATORIO
Apellido	Lopez Huamani	Fecha	[Firma]		
Cel	96024692				
OBSERVACIONES :					



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

N° 01710

LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASÍ MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO

CURSO : "Tesis" HORA INIC. : 09:02 AM
TÍTULO DE LA PRÁCTICA : Convencional y Autocompactante (compresión y flexión) HORA FIN : 09:02 AM.
DOCENTE O ASESOR : Asoc Escabate, Kildore FECHA : 14 / 08 / 2023

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	Lopez Huamani, Elmo	066102037D	945890243	[Firma]
2	Durand Chaina, Diego Raul	066102512C	963301271	[Firma]
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	Vernier	1					
2	Regla	1					
3	Equipo de Pulso Ultrasonico	1					
4	Mquina de Compresión	1					
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISTA RESPONSABLE			CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s)	: Diego Raul	Cel	: 963301271	 FACULTAD DE INGENIERÍA - INGENIERÍA CIVIL [Firma] AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR
Apellidos	: Durand Chaina	Firma	: [Firma]	
DNI	: 711635886			
OBSERVACIONES :				



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



CONSTANCIA DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD DE EQUIPO (MADURÍMETROS)

Se expide la constancia de funcionamiento y operatividad del equipo (madurímetros)

La constancia acredita que el equipo utilizado en la investigación denominada "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE FRENTE AL CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE MADUREZ Y LA VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO EN DIFERENTES EDADES, EN LA CIUDAD DEL CUSCO – 2023" se encuentra en funcionamiento y operativo, registrando las temperaturas en los especímenes de concreto (briquetas y vigas).

Se extiende el presente documento para fines que consideren conveniente.

Cusco, 14 de agosto de 2023.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL