



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CURADO DE PROBETAS DE HORMIGÓN POR INMERSIÓN CONTRA
PROBETAS EXPUESTAS A LA INTEMPERIE; AFECTACIONES A LA
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.**

**GUZMAN JOHNSON JOSE LIZANDRO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CURADO DE PROBETAS DE HORMIGÓN POR INMERSIÓN
CONTRA PROBETAS EXPUESTAS A LA INTEMPERIE;
AFECTACIONES A LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.

GUZMAN JOHNSON JOSE LIZANDRO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

CURADO DE PROBETAS DE HORMIGÓN POR INMERSIÓN CONTRA PROBETAS
EXPUESTAS A LA INTEMPERIE; AFECTACIONES A LA RESISTENCIA DEL
HORMIGÓN.

GUZMAN JOHNSON JOSE LIZANDRO
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
27 de febrero de 2023

ENTREGA1

por Jose Guzman

Fecha de entrega: 23-feb-2023 10:09a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2021262640

Nombre del archivo: GUZMAN_INFORME-REVISION-GUZMAN.pdf (241.89K)

Total de palabras: 3833

Total de caracteres: 18792

ENTREGA1

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
6	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	www.casaasia.es Fuente de Internet	

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, GUZMAN JOHNSON JOSE LIZANDRO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado CURADO DE PROBETAS DE HORMIGÓN POR INMERSIÓN CONTRA PROBETAS EXPUESTAS A LA INTEMPERIE; AFECTACIONES A LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

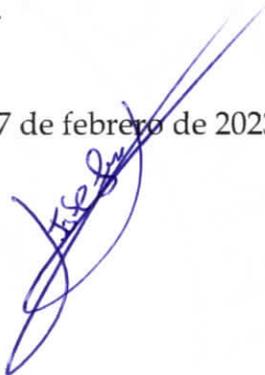
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2023



GUZMAN JOHNSON JOSE LIZANDRO
0704671643

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a todas las personas que han confiado en mí, y me han apoyado de una u otra forma, a quienes han confiado en mí desde el primer momento sin dudar nunca de mi potencial ni de lo que voy a lograr en esta vida.

Especialmente a mis padres y hermano, que son mi pilar fundamental en la vida, mi ejemplo y mi refugio, que los quiero tanto, aunque no siempre se los diga.

Por ultimo y no menos importante, quiero dedicar este trabajo a una persona especial para mí, que desde el día uno confió en mi potencial, siempre me ha apoyado, siempre me ha querido ver triunfar, soy muy afortunado por tener a alguien que confía tanto en mi y en lo que puedo lograr.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que en algún punto de mi carrera me ayudaron de alguna forma, bien sea con mucho o con poco, a mis amigos con los que armábamos nuestros grupos de estudio, pensando en afrontar cualquier gran examen que se nos planteara.

Agradezco a los amigos que forme en el transcurso de esta carrera, tanto estudiantes como docentes.

Agradezco especialmente a amigos como, Kleiner que siempre ha estado dispuesto a ayudar a todos los compañeros con sus clases y tutorías.

Un agradecimiento especial al Ing. Iván Alarcón, la Abg. Marcela Delgado, al Ing. Eddy Vázquez, por brindarme las facilidades para culminar este trabajo, dando siempre prioridad a mi formación profesional, logrando un equilibrio entre mi estudio y el trabajo.

Agradezco enormemente a quienes conforman la empresa IAARSA, a cargo del Ing. Iván Alarcón, la Abg. Marcela Delgado, con mis compañeros, los ingenieros, Eddy Vázquez, Christopher Polanco, Kelvin Alvarado, Kleiner Ulloa, Jean Calero, Gustavo Rivas, Temístico Guachichulca, Adrián Quevedo, Darwin Mora, a la Arquitecta Gloria Betancourt, por sus consejos y guías en mi investigación, y por poder fomentar un maravilloso ambiente laboral para mi en medio de este complejo paso en mi carrera que es la titulación.

Agradezco a los docentes que considero han sabido equilibrar una buena enseñanza con una exigencia que nos obligue a mejorar, mismos que me han guiado de la mejor manera para ser una gran persona y profesional.

RESUMEN

En este trabajo experimental se busca determinar el método de cuidado del hormigón más óptimo en una comparativa entre el curado por inmersión y el tener las muestras a la intemperie. Este trabajo se da para el curado por inmersión en un contexto de laboratorio, con agua a 20°C en promedio, con climatización, mientras que, para las muestras a la intemperie, en un clima cálido – tropical de la ciudad de Machala – El Oro – Ecuador, con un rango de temperaturas entre 18°C a 34°C mayormente soleado y con contadas 6 lluvias a lo largo de los 28 días que duro el ensayo. Este ensayo se realizó con agregados de la cantera la cantera “Tuco León” ubicada en el cantón Pasaje, a los cuales se le realizaron todos los ensayos pertinentes para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, para el respectivo diseño de hormigón.

Palabras clave: Curado, Hormigón, Intemperie, Inmersión, Laboratorio.

ABSTRAC

This experimental work seeks to determine the most optimal concrete care method in a comparison between curing by immersion and having the samples outdoors. This work is given for curing by immersion in a laboratory context, with water at an average of 20°C, with air conditioning, while, for the samples outdoors, in a warm - tropical climate of the city of Machala - El Oro – Ecuador, with a temperature range between 18°C to 34°C, mostly sunny and counted 6 rains throughout the 28 days that the test lasted. This test was carried out with aggregates from the "Tuco León" quarry located in Pasaje city, to which all the pertinent tests were carried out to determine their physical and mechanical properties, for the respective concrete design.

Keywords: Curing, Concrete, Weathering, Immersion, Laboratory.

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	5
ABSTRAC	5
ÍNDICE	6
1. INTRODUCCIÓN	8
2. MATERIALES Y METODOS	9
3. RESULTADOS	20
4. CONCLUSIONES	22
5. RECOMENDACIONES	23
6. ANEXOS	24
Anexo 1	24
Anexo 2	25
Anexo 3	26
Anexo 4	27
Anexo 5	28
Anexo 6	30
Anexo 7	34
Anexo 8	35
7. BIBLIOGRAFÍA	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. Fuente: ACI 211.1 _____	15
Tabla 2 Cantidad de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado. Fuente: ACI 211.1 _____	16
Tabla 3 Relación A/C en base a su resistencia. Fuente: ACI 211.1 _____	17
Tabla 4 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto. Fuente: ACI 211.1 _____	17
Tabla 5: Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes. Fuente: INEN 1573[15] _____	18
Tabla 6 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 7 días. Fuente: Elaboración propia _____	20
Tabla 7 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia _____	20
Tabla 8 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 21 días. Fuente: Elaboración propia _____	20
Tabla 9 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia _____	21
Tabla 10: Pasantas por tamiz. Fuente: Elaboración Propia _____	24
Tabla 11: Granulometría de la arena. Fuente: Elaboración propia _____	25
Tabla 12: Resultados de ensayo de abrasión. Fuente: Elaboración propia _____	25
Tabla 13: Resultado de ensayo de peso volumétrico varillado grava. Fuente: Elaboración propia. _____	26
Tabla 14: Peso volumétrico suelto grava. Fuente: Elaboración propia. _____	26
Tabla 15: Peso volumétrico suelto arena. Fuente: Elaboración propia. _____	26
Tabla 16 Resistencia de las muestras de hormigón a los 7 días. Fuente: Elaboración propia _____	28
Tabla 17 Resistencia de las muestras de hormigón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia _____	28
Tabla 18 Resistencia de las muestras de hormigón a los 21 días. Fuente: Elaboración propia _____	28
Tabla 19 Resistencia de las muestras de hormigón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia _____	28
Tabla 20 Resistencias para cada ensayo de compresión. Fuente: Elaboración propia _____	29
Tabla 21 Resistencias descartando valores disparados. Fuente: Elaboración propia _____	29
Tabla 22 Resistencias promedio a partir de la tabla 14. Fuente: Elaboración propia _____	29
Tabla 23 Propiedades de los agregados a partir de los ensayos. Fuente: Elaboración propia _____	30
Tabla 24 Parámetros del diseño de mezclas de concreto. Fuente: Elaboración propia _____	31
Tabla 25 Volumen de los materiales para 1 m ³ de hormigón. Fuente: Elaboración propia _____	32
Tabla 26 Pesos de los materiales para 1 m ³ de hormigón. Fuente: Elaboración propia _____	33
Tabla 27 Cantidad en kilogramos de los materiales para 24 cilindros. Fuente: Elaboración propia _____	33
Tabla 28 Cantidad de los materiales agregando el 15% de desperdicio. Fuente: Elaboración propia _____	34

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la humanidad el uso de herramientas que permitan mejorar la calidad de vida de la población es algo que ha llevado a la innovación, en el caso del concreto no es la excepción teniendo una larga historia junto a la de los seres humanos, pasando en muchas de las grandes civilizaciones hace miles de años, innovando hasta la actualidad, manteniendo básicamente los mismos compuestos que en sus inicios el concreto es básicamente el material más usado en la construcción y muy probablemente seguirá formando parte fundamental de las estructuras.[1]

Este trabajo experimental se centra en determinar el efecto de los tipos de curado en la resistencia del hormigón utilizado en elementos estructurales. Para realizar dicha comparativa se hará a partir de probetas que serán sometidas a pruebas de compresión simple a diferentes edades, las cuales serán a 7 días, 14 días, 21 días y 28 días; la comparativa se realizara entre el método de curado por inmersión y sin curado alguno dejado a la intemperie sin ningún tipo de cuidado.

El método más efectivo resulto ser la hidratación continua del hormigón o llamado en el trabajo experimental como método de curado por inmersión, a lo largo de todas las edades estuvo por encima de las muestras que se expusieron a la intemperie en cuestión de resistencia, y a lo largo de las edades de 14 días, 21 días y 28 días, estuvo por encima también de la curva de evolución mínima esperada tomada de la ficha técnica de Holcim para hormigón de entre 18 MPa a 21 MPa.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Hormigón

A lo largo de la historia el hormigón constituye en una de las herramientas fundamentales en lo que es la historia de la construcción. Cuando el hombre empezó a organizar elementos arcillosos o de orígenes pétreos, aparece la necesidad de elementos capaces de unir las piezas o fundirlas en un elemento sólido y conformar estructuras estables, dada la creatividad del ser humano se fueron ideando muchas mezclas; empezaron mezclando agua con materiales de origen mineral y diversos tipos de rocas hasta obtener compuestos que no se degraden fácilmente a través del tiempo. [2]

2.2 Diseño de hormigón

La calidad del hormigón se ve seriamente comprometida si solo se usa una dosificación basada en volúmenes y no en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se utilizan en cada proyecto en específico; estas afectaciones a la resistencia del hormigón(f_c) pueden darse en un rango del -13.7% al 28.4% datos obtenidos a partir de un modelo matemático resultante del análisis del diseño factorial.[3]

2.3 Curado del hormigón

La forma en que se cura el hormigón influye directamente en su resistencia; consiste en el endurecimiento y madurado del hormigón a través del tiempo teniendo hidratación continua en presencia de suficiente calor y agua[4]; se debe alcanzar la resistencia de diseño o más en un periodo de 28 días. La temperatura en el curado de las muestras de hormigón influye de manera directa en su resistencia, puesto que una temperatura en el proceso de curado alta en conjunto con humedad del 100% permitirá llegar a resistencias muy altas a la muestra.[5]

Se curan los elementos de hormigón con el propósito de preservar un aceptable nivel de humedad y de temperatura, La resistencia y la durabilidad son variables en función de cómo se den una serie de reacciones químicas que toman lugar entre el cemento portland y el agua de diseño.[6]

2.4 Curado por inmersión

El curado de las probetas de hormigón se realizó de acuerdo con la normativa INEN 3124 [7], manteniéndose a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ en un ambiente donde no existan vibraciones.

Este método si bien es uno de los que mejores resultados nos brinda es poco aplicable en la práctica de campo, pero se pueden utilizar alternativas que intentan replicarlo tales como inundación.

2.5 Muestras a la intemperie

El clima en la ciudad de Machala, precisamente en el espacio temporal en el que se realizó este trabajo experimental, ha sido mayormente soleado, temperaturas entre 25°C y 32°C con escasos días de lluvia, según [8] dada la diferencia de humedad relativa entre el medio ambiente y las muestras de hormigón, provocaran en las probetas una deformación en su volumen; una pérdida en el mismo la cual se denomina retracción por secado. A consecuencia de esta pérdida de volumen puede el testigo sufrir agrietamientos, que no permitirán que llegue a cumplir la resistencia de diseño, y afecte a su durabilidad.

2.6 Control de calidad.

El control de la calidad de los elementos que intervienen en un proyecto constructivo es algo que se ha estandarizado en la actualidad y se definen como acciones o decisiones que se dan como objetivo de llegar a cumplir con las especificaciones técnicas o, en consecuencia, para comprobar que estas se cumplan. La proyección en las estructuras de hormigón en obra suele diferir de lo construido; por esta razón el grado en el que concuerdan ambas es un indicativo de la calidad con la que se ejecutan.[9] La calidad de los agregados utilizados en la mezcla de hormigón influyen de manera directa en la resistencia que soportara el hormigón a lo largo de su vida útil.[10]

2.7 Ensayos realizados

Para la realización de este trabajo experimental se debe desarrollar a partir de un diseño de hormigón, mismo que se realizó a partir de la obtención de los materiales de la

cantera “Tuco León” de la ciudad de Pasaje, El Oro, Ecuador; materiales a los cuales se les realizó los ensayos necesarios determinados por (Normativa ASTM C33)

Se utilizó para esta práctica una mezcla compuesta en su 48% de grava, un 27% de arena, un 15% de cemento y un 8.278% de agua dando una resistencia a la compresión $f'c = 21 \text{ MPa}$

Los ensayos realizados para el diseño del hormigón son:

- Granulometría de finos y gruesos (INEN – 696)
- Desgaste de los agregados gruesos (ensayo de abrasión) (INEN – 860)
- Densidades específicas de la arena (INEN - 856)
- Densidades específicas de la grava (INEN - 857)
- Densidad del cemento (INEN 156)
- Peso volumétrico suelto (arena y grava) (INEN – 858)
- Peso volumétrico varillado (grava) (INEN – 858)

Para determinar la resistencia del hormigón a diferentes edades se debe realizar:

- Ensayo de compresión simple (NTE INEN 1 573)

2.7.1 Granulometría de finos y gruesos (Anexo 1)

Según INEN 696[11] este proceso busca distribuir en pasantes por tamiz los elementos, cada tamiz permite el paso de un determinado tamaño de partículas ordenados desde la malla de mayor abertura avanzando en mallas progresivamente más pequeñas, mismo que se puede realizar en agregados finos y agregados gruesos.

2.7.1.1 Materiales e insumos

- Tamizadoras eléctricas
- Tamices cuadrados y redondos
- Balanzas electrónicas
- Recipientes
- Fajas granulométricas
- Brocha

2.7.1.2 Procedimiento

- Se debe realizar un cuarteo a la muestra.

- Para determinar la cantidad necesaria para realizar el ensayo, basándose en la norma ASTM C136, se tiene que para el agregado fino se usa mínimo 500 gramos, para el agregado grueso se usa a menos 5 kilogramos.
- Se debe secar la muestra de ensayo en una temperatura de 110°C +- 5°C
- Coloque los tamices en forma ascendente.
- Coloque la muestra en el tamiz superior y encienda la tamizadora 2 minutos.
- Proceda a pesar las pasantes de cada tamiz.
- Para realizar el grafico de las pasantes de cada tamiz nos basamos en las normas AASHTO T27 y ASTM D422.

2.7.2 *Desgaste de los agregados gruesos (Anexo 2)*

Según INEN 860 [12] se crea un efecto de impacto y trituración a partir de unas esferas de acero en un tambor giratorio, el número de esferas de acero depende de la gradación del material, este ensayo funciona a medida que gira el tambor, recoge las muestras y las esferas de acero elevándolas hasta que caigan en el lado opuesto del tambor creando así el efecto de impacto y trituración, luego de un número determinado de revoluciones se procede a retirar los contenidos del tambor, el árido ensayado se tamiza para poder medir la degradación como un porcentaje de pérdida.

2.7.2.1 *Materiales e insumos*

- Bandejas metálicas pequeñas y grandes
- Balanzas con sensibilidad de 0.01 gr
- Horno
- Tamices. Se utilizaron los tamices ¾", ½"
- Máquina de los Ángeles

2.7.2.2 *Procedimiento*

- Se debe tomar una muestra de 500 gramos seca
- Coloque junto a la carga abrasiva dentro del cilindro
- Gire a una velocidad de entre 30 y 33 revoluciones por minuto hasta completar 500 vueltas con velocidad angular constante.
- Retire el material del cilindro
- Pasar el material por el tamiz #12.
- El material retenido en el tamiz #12 debe lavarse y secarse al horno entre 105°C +- 5°C.
- Al día siguiente, se cuantifica la muestra eliminando los finos y pesándola.

2.7.3 *Peso volumétrico suelto (INEN 858 [13]) (Anexo 3 – tabla 13 – tabla 14)*

2.7.3.1 *Materiales e insumos*

- Balanza
- Recipiente para peso volumétrico (arena) “Molde”
- Recipiente para peso volumétrico (grava) “Molde”
- Varilla
- Cucharon o Charola cuadrada
- Grava y arena

2.7.3.2 *Procedimiento*

- Medir el volumen de los moldes
- Pesar el molde vacío.
- Coloque material dentro del molde, hasta llenarlo distribuyendo para que no quede espacios.
- Pesar el molde con el material.

2.7.4 *Peso volumétrico varillado (INEN 858 [13]) (Anexo 3 – tabla 13)*

2.7.4.1 *Materiales e insumos*

- Balanza
- Recipiente para peso volumétrico (grava) “Molde”
- Varilla
- Cucharon o Charola cuadrada
- Grava

2.7.4.2 *Procedimiento*

- Medir el volumen de los moldes.
- Pesar el molde vacío.
- Proceda a llenar un tercio del recipiente y compactar el material con la varilla dando 25 golpes.
- Proceda a llenar el segundo tercio del recipiente y compactar el material con la varilla dando 25 golpes.
- Proceda a llenar el recipiente y compactar el material con la varilla dando 25 golpes luego retirar la varilla y colocar horizontalmente en los bordes para enraizar el material en el recipiente.
- Pesar el molde con el material compactado.

2.7.5 *Densidad relativa de los agregados (Anexo 4)*

2.7.5.1 *Para la grava Según norma NTE INEN – 856 [14]*

2.7.5.1.1 *Materiales empleados*

- Balanza hidrostática, con una sensibilidad de 0,5 gramos y capacidad de hasta 5 kilogramos.

- Cesta de alambre cilíndrica, tipo malla con una abertura N.º 8, con un diámetro de aproximadamente 20 centímetros.
- Recipientes de forma rectangular
- Horno a una temperatura de $105 \pm 5^\circ \text{C}$

2.7.5.1.2 Procedimiento

- Humectar la grava por 24 horas en algún recipiente.
- Secar superficialmente la grava.
- Tomar el peso de la grava superficialmente seca descontando la canastilla.
- Se coloca el material en la canastilla, se sumerge y se toma el peso.
- Se lleva al horno y calcular el porcentaje de absorción.

2.7.5.2 Para la arena Según norma NTE INEN – 857 [15]

2.7.5.2.1 Materiales empleados

- Balanza con una sensibilidad de 0,1 gramos y capacidad de 1 kg
- Recipiente Matraz con capacidad de 500 cm cúbicos
- Molde cónico “cimacio” cuyas especificaciones son, altura de 73 mm, diámetros inferior y superior de 73 y 30 mm respectivamente.
- Barra de compactación con una masa de 340 gramos, cuyo extremo es de superficie plana circular con un diámetro de 25 mm.
- Horno a una temperatura de $105 \pm 5^\circ \text{C}$

2.7.5.2.2 Procedimiento

- Preservar en agua 24 horas antes del ensayo.
- Extender papel periódico en una superficie plana y proceder a secar superficialmente.
- Llenar el molde cónico en 3 capas dando 9 golpes en cada capa hasta llenarlo
- retira el cono y medir el desplazamiento para determinar si la muestra esta superficialmente saturada.
- Tome 500 g de la muestra trabajada.
- Colocar 200 centímetros cúbicos en una probeta
- Verter la arena para obtener el volumen final.
- Extraer la arena.
- Llevar al horno por 24 horas
- Pesar la arena.

2.7.6 Diseño de mezclas de hormigón (ACI 2011.1 [16]) (Anexo 6)

El objetivo del diseño de hormigones es garantizar que los elementos estructurales resistan sus cargas de diseño, vivas, muertas y sísmicas; con un buen diseño asegura que su construcción sea segura, resistente y duradera. Le permitirá bien ahorrar dinero o bien el evitar tener una estructura frágil, puesto que evitará tanto el sobredimensionamiento de carga como el sub dimensionamiento.

Para este procedimiento, se calcula el volumen y pesos de los materiales que intervienen en la mezcla; se encuentra su dosificación, a partir de las propiedades físicas y mecánicas de los elementos los cuales son arena, grava, agua y cemento.

2.7.6.1 Elección del Revenimiento

Dependiendo del tipo de construcción a realizar se debe seleccionar el revenimiento, mismo que notamos en la siguiente tabla que nos presenta [16] .

Tabla 1 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. **Fuente:** ACI 211.1

Tipos de construcción	Revenimiento, cm	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

2.7.6.2 Elección del Tamaño Máximo Nominal

El tamaño máximo nominal (TMN) es el tamiz superior al que pasa el 15% o más del agregado grueso en el ensayo de granulometría. Teniendo agregados bien graduados más grandes tienen menos espacios que los más pequeños; mientras más grande las partículas componentes se debe utilizar menor cantidad de concreto por volumen unitario de concreto.

2.7.6.3 Estimación de la cantidad de agua

La cantidad de agua se calcula a partir del TMN de los agregados y su contenido de aire, la temperatura del concreto y el uso de aditivos químicos, estos últimos no serán utilizados para la realización de este trabajo experimental.

En la tabla 2 veremos los valores estimados de agua, para concreto con y sin aire incluido para conseguir el revenimiento necesario en centímetros a partir del TMN del agregado.

Tabla 2 Cantidad de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado. **Fuente:** ACI 211.1

Revenimiento, cm	Agua, kg/m ³ para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10.0	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de contenido de aire tota, por ciento, según el nivel de exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

2.7.6.4 Relación agua – cemento (A/C)

Lo que comúnmente en el ámbito profesional conocemos como la relación Agua/Cemento, en la realidad puede llegar a abarcar más allá que solo lo mencionado, también pueden entrar en la ecuación, minerales con sus respectivas propiedades con lo cual podríamos llamar a la relación Agua/Conglomerante, conglomerantes se consideran tanto el cemento como cualquier adición mineral utilizada para sustituirlo o complementarlo.[17]

La relación A/C es la que define los parámetros de resistencia y durabilidad, en ausencia de estos datos se puede tomar de la tabla 3 valores conservadores y relativamente aproximados para concretos que incorporen cemento Portland Tipo 1.

Tabla 3 Relación A/C en base a su resistencia. **Fuente:** ACI 211.1

Resistencia a la compresión a los 28 días, Mpa	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
42	0.41	-
35	0.48	0.40
28	0.57	0.48
21	0.68	0.59
14	0.82	0.74

2.7.6.5 Cálculo de contenido de cemento

$$C = H_2O / (A/C) \quad (1)$$

Se rige por los dos pasos anteriores, determinando la cantidad de agua, por ende, la relación A/C; la cantidad de cemento requerida será igual a la cantidad de agua mezclada dividida para la relación A/C representado en la ecuación (1).

2.7.6.6 Estimación del contenido de agregado grueso

Cuando los agregados tienen TMN y granulometrías generalmente iguales, producen concretos de manejabilidad y trabajabilidad satisfactoria cuando se emplea un volumen unitario de concreto como vemos en la tabla 4.

Tabla 4 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto. **Fuente:** ACI 211.1

Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

1.1.1 Ensayo de compresión simple (INEN 1573 [18]) (Anexo 5)

Una vez endurecido el hormigón, tiene varias propiedades que se le pueden medir entre las cuales se destacan: absorción capilar, densidad, porosidad efectiva, permeabilidad, resistividad, resistencias mecánicas, entre otras; dentro de la resistencia mecánica se tiene la resistencia a la compresión, siendo la propiedad más importante y principal función que cumple el hormigón con respecto a su calidad. Todas estas propiedades son importantes para evaluar los criterios de durabilidad y desempeño.[19]

Es necesario realizar este tipo de ensayos en obras civiles puesto que, al momento de recibir el hormigón en obra, o su realización en la misma, no se puede constatar la calidad de sus materiales ni su desempeño definitivo, sin mencionar que pueden entrar errores humanos; estos errores comprometen el desempeño del hormigón y hacen necesario la comprobación de que se cumple con la resistencia de diseño. [9]

1.1.1.1 Materiales e insumos

- Probetas de hormigón.
- Prensa de compresión.
- Carretilla
- Escoba

1.1.1.2 Procedimiento

- Realizar muestras de hormigón.
- Preparar los cilindros para la prueba, limpiando y quitando cualquier material o agente externo que pueda afectar la prueba, como polvo, tierra, etc.
- Se debe realizar el ensayo de compresión simple a los especímenes curados en húmedo lo más pronto posible dentro de un tiempo de tolerancia, mismo que es determinado según la edad, y lo podemos ver en la siguiente tabla.

Tabla 5: Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes. **Fuente:** INEN 1573[18]

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0,5 h o 2.1%
3 días	2 horas 2.8%
7 días	6 horas o 3.6%
28 días	20 horas 3%

- Colocar el espécimen alineando su eje con el centro de carga de la máquina, mismo que está marcado en la base.
- Verifique que la maquina esté en cero.
- Aplicación de la carga.

- Cálculo de la resistencia, este se realiza dividiendo la carga resistida para el área de sección transversal de la probeta.

3. RESULTADOS

Se comprobó en edades de 7, 14, 21 y 28 días mediante el ensayo de compresión si las probetas alcanzaron la resistencia de diseño que es de 21 MPa.

A lo largo del periodo de la prueba, 12 probetas se sometieron al método de curado por inmersión, y 12 probetas se dejaron a la intemperie sin ningún tipo de cuidado resultados que vemos en el anexo 10.

Tabla 6 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 7 días. **Fuente:** Elaboración propia

EDAD	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Intemperie	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
7	14,19	144,7	12,71	129,61

Según se observa en la tabla 10 el promedio de resistencia de curado por inmersión de 14,19 MPa es superior que el promedio de resistencia de las probetas dejadas a la intemperie que tuvieron 12,71 MPa con una superioridad de 1,48 MPa a los 7 días.

Tabla 7 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 14 días. **Fuente:** Elaboración propia

EDAD	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
14	18,36	187,22	16,62	169,48

Como se observa en la tabla 11, la diferencia entre el curado por inmersión 18,36 MPa aumento su diferencia ante las muestras dejadas a la intemperie 16,62 MPa ahora tienen una brecha de 1,74 MPa

Tabla 8 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 21 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
21	20,43	208,33	16,94	172,74

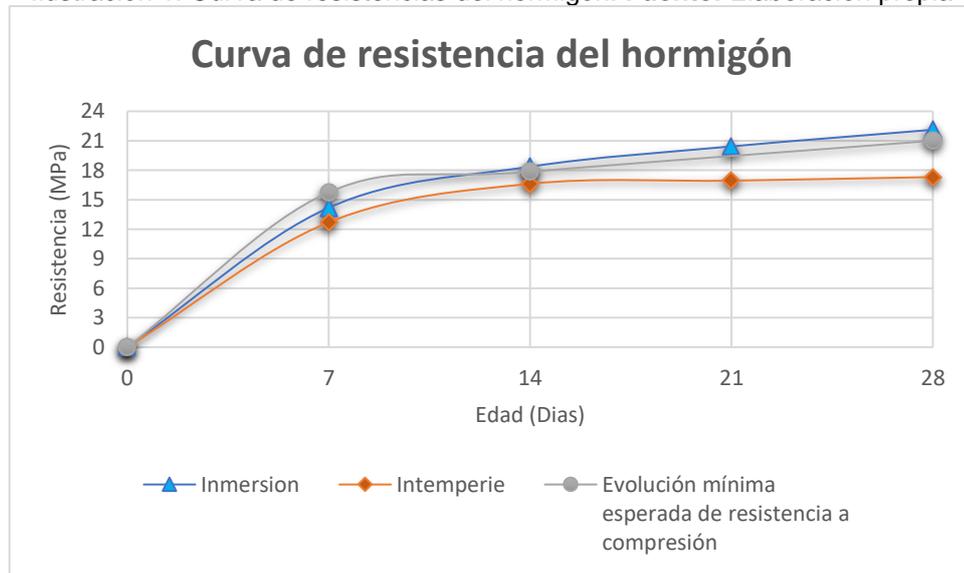
A los 21 días empieza a acentuarse más la diferencia como se observa en la tabla 12, el curado por inmersión cuenta con 20,43 MPa contra 16,94 MPa de las muestras a la intemperie con una diferencia de 3,49 MPa.

Tabla 9 Resistencia promedio de las muestras de hormigón a los 28 días. **Fuente:** Elaboración propia

EDAD	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
28	22,12	225,56	17,31	176,51

Llegado al día 28 tenemos la diferencia más grande entre resistencias de las muestras, que como se pudo constatar fue creciendo a medida que aumentaban los días de curado, se observa que el curado por inmersión alcanzó la resistencia de diseño y la sobrepasó con 22,12 MPa y las muestras a la intemperie alcanzaron 17,31 MPa, con una diferencia de 4,82 MPa.

Ilustración 1: Curva de resistencias del hormigón. **Fuente:** Elaboración propia



4. CONCLUSIONES

Entre los métodos comparados, el curado por inmersión tiene una amplia ventaja tanto a 7 días, 14 días, 21 días y 28 días, sobre el hormigón a la intemperie o sin cuidados.

Teniendo un f_c de diseño de 21 mega pascales; llegando a 7 días a un 68% de la resistencia en inmersión contra un 61% de resistencia en hormigones a la intemperie en ambos casos estando por debajo de la resistencia mínima a esperada compresión.

A 14 días tenemos un 87% en curado por inmersión a penas arriba de la evolución mínima de resistencia esperada contra un 79% en hormigones a la intemperie que está por debajo de la resistencia mínima esperada a 14 días. Para esta edad empezamos a diferenciar la influencia en la resistencia de los métodos en los que se trató el hormigón en su proceso de fraguado, a 14 días del ensayo el método de curado por inmersión es el más recomendado para elementos estructurales.

A 21 días tenemos un 97% en curado por inmersión a penas arriba de la evolución mínima de resistencia esperada contra un 81% en hormigones a la intemperie que está por debajo de la resistencia mínima esperada a 21 días. Se mantiene la tendencia ya existe una clara diferencia entre ambos métodos el curado por inmersión es el más recomendable a 21 días del ensayo.

A 28 días tenemos un 105% en curado por inmersión a penas arriba de la evolución mínima de resistencia esperada contra un 82% en hormigones a la intemperie que está por debajo de la resistencia mínima esperada a 28 días. Terminado el estudio, el proceso que mostro una mejor reacción en la resistencia a la compresión de las probetas de hormigón fue el método de curado por inmersión.

Este método es imposible replicar en la mayoría de obras, teniendo en cuenta la optimización de recursos, puesto que no se puede tener elementos estructurales 28 días sumergidos, bien sea porque se retrasa la obra o bien sea por los costos en los que incurriría, hay otras alternativas como el curado por inundación que serviría en losas o aspersión que serviría en columnas, vigas y zapatas.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el método de curado por inmersión en su variante por inundación en losas sin importar el tamaño o extensión, siempre y cuando se delimite el perímetro con algún tipo de tope para mantener el agua y por ende el elemento siempre hidratado.
- Sería mucho más interesante, hacer un trabajo, con varios métodos de curado comparados, en un periodo de tiempo más largo, por lo menos hasta 90 días, para evaluar el desempeño de los métodos de curado a largo plazo.
- Si se tiene que utilizar concreteira y/o realizar la mezcla de manera manual, las mezclas suelen ser más secas y duras de manejar a medida que concreto requiera mayor resistencia, se recomienda el uso de un aditivo plastificante para facilitar la manejabilidad de la mezcla.
- Respetar el agua de diseño, no agregar más agua a la mezcla para “suavizarla”.
- Contar con el equipo necesario, tanto en personal como en herramientas.

6. ANEXOS

Anexo 1

Granulometría de la grava

Ilustración 2: Curva granulométrica de la arena

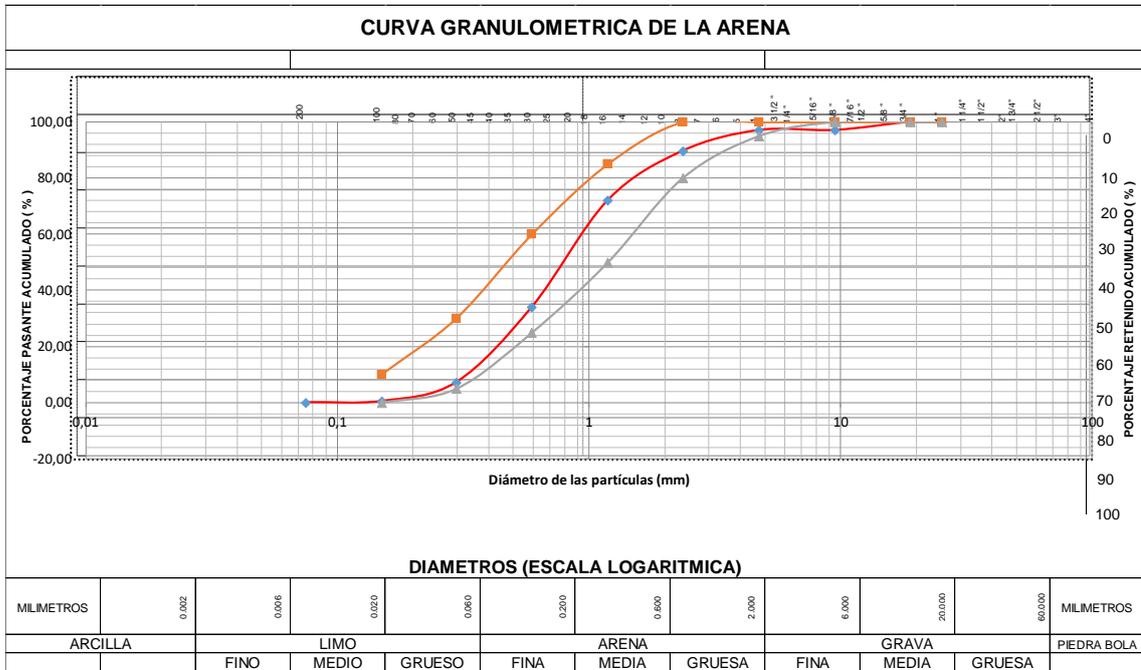


Tabla 10: Pasantes por tamiz. **Fuente:** Elaboración Propia

Curva de diseño		Curva de diseño ASTM C33		Curva de diseño ASTM C33	
D(mm)	% Pasa	D(mm)	% Pasa	D(mm)	% Pasa
25,4	100,00	25,4	100,00	25,4	100,00
19	100,00	19	100,00	19	100,00
9,52	97,07	9,52	100	9,52	100
4,75	97,05	4,75	100,00	4,75	95,00
2,36	89,64	2,36	100,00	2,36	80,00
1,19	72,07	1,19	85,00	1,19	50,00
0,594	34,04	0,594	60	0,594	25
0,297	7,18	0,297	30	0,297	5
0,15	0,45	0,15	10,00	0,15	0,00
0,075	0,02				

Granulometría de la arena

Tabla 11: Granulometría de la arena. **Fuente:** Elaboración propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA								
Cantera:		Tuco León						
Peso de la muestra (gr)		1000						
TAMIZ Nº	Milímetros	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	Cantidad que pasa acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES ASTM C33 % QUE PASA	Cumple especificaciones ASTM
					Retenido Acumulado	Pasante Acumulado		
3/8"	9,52	29,31	29,31	970,56	2,93	97,07	100	No cumple
4	4,75	0,20	29,51	970,36	2,95	97,05	95 - 100	Cumple
8	2,36	74,08	103,59	896,28	10,36	89,64	80 - 100	Cumple
16	1,19	175,65	279,24	720,63	27,93	72,07	50 - 85	Cumple
30	600 micron.	380,28	659,52	340,35	65,96	34,04	25 - 60	Cumple
50	300 micron.	268,60	928,12	71,75	92,82	7,18	5 - 30	Cumple
100	150 micron.	67,21	995,33	4,54	99,55	0,45	0 - 10	Cumple
200		4,31	999,64	0,23	99,98	0,02		
FONDO		0,23	999,87	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		999,87						
Densidad Dsss		2561,99	kg/m3					
Peso Volumetrico suelto		1295,52	kg/m3					
Módulo de finura		3,03	Especif.: entre 2,30 - 3,10					

Anexo 2

Desgaste de los agregados gruesos (ensayo de abrasión)

Tabla 12: Resultados de ensayo de abrasión. **Fuente:** Elaboración propia

ENSAYO DE ABRASION - METODO MAQUINA DE LOS ANGELES				
GRANULOMETRIA		METODO		
PASA	RETIENE	B		
3/4"	1/2"	2500	+	10
			-	
1/2"	3/8"	2500	+	10
			-	
TOTAL		5000	+	10
			-	
Datos de ensayo		Cantera		
		Tuco León		
Peso muestra (gr)		5000		
Pasante del tamiz Nº 12 a las 500 vueltas (gr)		754,3		
% Desgaste		15,09		

Anexo 3

Peso volumétrico

Tabla 13: Resultado de ensayo de peso volumétrico varillado grava. **Fuente:** Elaboración propia.

PESO VOLUMETRICO VARILLADO - GRAVA			
Datos de ensayo	Cantera	Datos del molde	
	Tuco León	Diámetro (cm)	25
w molde (kg)	9	Altura (cm)	27,5
w molde + grava (kg)	29,4	Peso (kg)	9
w grava (kg)	20,4	Volumen (m3)	0,013499
PSV (gr/cm3)		1,511	
PSV (kg/m3)		1511,22	

Tabla 14: Peso volumétrico suelto grava. **Fuente:** Elaboración propia.

PESO VOLUMETRICO SUELTO - GRAVA			
Datos de ensayo	Cantera	Datos del molde	
	Tuco León	Diámetro (cm)	25
w molde (kg)	9	Altura (cm)	27,5
w molde + grava (kg)	27,8	Peso (kg)	9
w grava (kg)	18,8	Volumen (m3)	0,013499
PSV (gr/cm3)		1,393	
PSV (kg/m3)		1392,69	

Tabla 15: Peso volumétrico suelto arena. **Fuente:** Elaboración propia.

PESO VOLUMETRICO SUELTO - ARENA			
Datos de ensayo	Cantera	Datos del molde	
	Tuco León	Diámetro (cm)	15,1
w molde (kg)	2,488	Altura (cm)	15,4
w molde + grava (kg)	6,060	Peso (kg)	2,4875
w grava (kg)	3,573	Volumen (m3)	0,002758
PSV (gr/cm3)		1,296	
PSV (kg/m3)		1295,52	

Anexo 4

Densidad específica de los agregados

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS FINOS		
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200		
Datos del ensayo		Cantera
		Tuco León
Peso del matraz (gr)	A	0
Peso del recipiente (gr)	B	790,75
Peso del recipiente + muestra seca al horno (gr)	C	1274,3
Peso de la muestra seca al horno (gr)	D	483,55
Peso matraz + agua (gr)	E	697,10
Peso matraz + agua + muestra SSS (gr)	F	998,80
Peso de muestra SSS (gr)	G	500,10
Volumen de muestra (cm3)	H	195,20
Resultados		
Densidad relativa SSS (gr/cm3)	G / H	2,562
Densidad del agregado MASA (gr/cm3)	D / H	2,477
Densidad del agregado APARENTE (gr/cm3)	$D / (H - (G - D))$	2,707
Porcentaje de Absorción %	$(G - D) / D * 100$	3,423

Densidad específica de los agregados gruesos

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS		
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 3/4" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"		
Datos del ensayo		Cantera
		Tuco León
Peso del recipiente (gr)	P1	0,00
Rec + agregado sss (gr)	P2	2012,20
Rec + agregado seco (gr)	P3	1968,00
Peso de la canastilla sumergida (gr)	P4	0,00
Peso de la canast. + agreg. sumergido (gr)	P5	1107,60
Peso del agregado sss (gr)	$A = P2 - P1$	2012,20
Peso del agregado sumergido (gr)	$B = P5 - P4$	1107,60
Volumen del agregado (cm3)	$C = A - B$	904,60
Peso del agregado seco (gr)	$D = P3 - P1$	1968,00
Densidad del agregado SSS (gr/cm3)	$D_{sss} = A / C$	2,224
Densidad del agregado MASA (gr/cm3)	$D_{masa} = D / C$	2,176
Densidad del agregado APARENTE (gr/cm3)	$D_{ap} = D / (D - B)$	2,287
Porcentaje de Absorción (%)	$Abs \% = ((A - D) / D) * 100$	2,246
Resultados		
Densidad del agreg. SSS (gr/cm3)	PROMEDIO	2,224
Densidad del agreg. MASA (gr/cm3)	PROMEDIO	2,176
Densidad del agreg. APARENTE (gr/cm3)	PROMEDIO	2,287
Porcentaje de Absorción (%)	PROMEDIO	2,246

Anexo 5

Resistencias a compresión en diferentes edades

Tabla 16 Resistencia de las muestras de hormigón a los 7 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
7	13,88	141,53	14,77	150,61
7	14,49	147,79	12,64	128,89
7	12,55	127,92	12,77	130,22

Tabla 17 Resistencia de las muestras de hormigón a los 14 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
14	18,06	184,13	16,83	171,62
14	14,76	150,51	14,07	143,47
14	18,67	190,39	16,42	167,44

Tabla 18 Resistencia de las muestras de hormigón a los 21 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
21	16,79	171,20	10,49	106,97
21	20,63	210,39	16,73	170,6
21	20,22	206,17	17,15	174,88

Tabla 19 Resistencia de las muestras de hormigón a los 28 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
28	19,99	203,86	15,75	160,61
28	20,41	208,48	16,93	172,64
28	23,84	243,05	17,68	180,29

Tabla 20 Resistencias para cada ensayo de compresión. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO	
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión (MPa)	Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie) (MPa)
7	13,88	14,77
7	14,49	12,64
7	12,55	12,77
14	18,06	16,83
14	14,76	14,07
14	18,67	16,42
21	16,79	10,49
21	20,63	16,73
21	20,22	17,15
28	19,99	15,75
28	20,41	16,93
28	23,84	17,68

Tabla 21 Resistencias descartando valores disparados. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO	
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión (MPa)	Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie) (MPa)
7	13,88	14,77
7	14,49	13,95
14	18,06	19,20
14	18,67	19,00
21	20,63	20,40
21	20,22	20,43
28	20,41	21,29
28	23,84	23,95

Tabla 22 Resistencias promedio a partir de la tabla 14. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO	
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión (MPa)	Resistencia del hormigón sin curado (Intemperie)
7	14,19	13,86
14	18,36	19,10
21	20,43	20,42
28	22,12	22,62

Anexo 6

Memoria técnica del diseño de mezclas de concreto con agregados de la cantera de "Tuco León"

Tabla 23 Propiedades de los agregados a partir de los ensayos. **Fuente:** Elaboración propia

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS			
Agregado grueso		Agregado fino	
P.V.V (kg/cm ³)	1,511	P.V.S (kg/cm ³)	1,296
P.V.S (kg/cm ³)	1,393	D.S.S (kg/cm ³)	2,562
D.S.S (kg/cm ³)	2,224	Módulo de finura	3,03
Absorción %	2,249	Absorción %	3,423

Elección del tamaño máximo nominal a partir de la granulometría del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA GRAVA 3/4"								
Cantera:		Tuco León						
Peso de la muestra (gr)		5000						
TAMIZ Nº	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES ASTM C33			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2"	1 1/2"	1"	3/4"
2 1/2"	0,00	0	0,00	100,00	100			
2"	0,00	0	0,00	100,00	95 - 100	100		
1 1/2"	0,00	0	0,00	100,00		95 - 100	100	
1"	172,49	172,49	3,47	96,53	35 - 70		95 - 100	
3/4"	2475,50	2647,99	53,25	46,75		35 - 70		90 - 100
1/2"	1980,73	4628,72	93,09	6,91	10 - 30		25 - 60	
3/8"	282,92	4911,64	98,78	1,22		10 - 30		20 - 55
4	39,41	4951,05	99,57	0,43	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
FONDO	21,33	4972,38	100,00	0,00			0 - 5	0 - 5
TOTAL	4972,38							
Peso antes del tamizado		5000,00						
Peso después tamizado		4972,380						
Error (PAT-PDT) / PAT*100		0,55						

Resistencia a la compresión a los 28 días, Mpa	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
42	0.41	-
35	0.48	0.40
28	0.57	0.48
21	0.68	0.59
14	0.82	0.74

Revenimiento, cm	Agua, kg/m ³ para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10.0	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de contenido de aire tota, por ciento, según el nivel de exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Tabla 24 Parámetros del diseño de mezclas de concreto. **Fuente:** Elaboración propia

Relación A/C	0,68
Revenimiento	8
T.M.N	1"
Cantidad de agua (kg/m³)	193

Volumen Aparente del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón

$$\text{Peso del cemento} = \frac{\text{Peso H}_2\text{O}}{\text{R A/C}}$$

$$\text{Peso del cemento} = \frac{193}{0,68} = 283,82 \text{ kg}$$

P. Cemento = 283,82 kg

P. cada saco en kg = 50 kg

$$\text{No. sacos} = \frac{283,82 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 5,68$$

No. Sacos = 5,68

Densidad del Cemento = 2,9 g/cm³

Coeficiente V.A.G.C = 0,65

Volumen para 1 m³ de hormigón

$$\text{cemento} = \frac{\text{P. cemento}}{\text{Densidad de cemento}} = \frac{283,82 \text{ kg}}{2,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} * \frac{1}{1000} = \mathbf{0,098 \text{ m}^3}$$

$$\text{agua} = \frac{\text{agua en litros}}{1000} = \frac{193 \text{ L}}{1000} = \mathbf{0,193 \text{ m}^3}$$

$$\text{piedra} = \frac{\text{P. V. V} * \text{V. A. G. C}}{\text{D. S. S}} = \frac{1,511 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 0,65}{2,224 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}} = \mathbf{0,441 \text{ m}^3}$$

$$\text{arena} = 1 - \text{cemento} - \text{agua} - \text{piedra} = 1 - 0,098 - 0,193 - 0,441 = \mathbf{0,268 \text{ m}^3}$$

$$\text{arena corregida} = (\text{piedra} + \text{arena}) * 0,40 = (0,441 + 0,268) * 0,40 = \mathbf{0,284 \text{ m}^3}$$

$$\text{piedra corregida} = (\text{piedra} + \text{arena}) - \text{arena corregida} = (0,441 + 0,268) - 0,284$$

$$\text{piedra corregida} = \mathbf{0,425 \text{ m}^3}$$

Tabla 25 Volumen de los materiales para 1 m³ de hormigón. **Fuente:** Elaboración propia

Cemento	0,098 m ³
Agua	0,193 m ³
Piedra	0,441 m ³
Arena	0,268 m ³
Arena corregida	0,284 m ³
Piedra corregida	0,425 m ³
Aire	0,020 m ³

Peso en kilogramos en 1 m³ de hormigón

cemento = 283,82 kg

agua = 193 kg

arena = A. corregia * D. S. S * 1000 = $0,268 \text{ m}^3 * 2,562 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 1000 = 686,62 \text{ kg}$

grava = P. corregida * D. S. S * 1000 = $0,425 \text{ m}^3 * 2,224 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 1000 = 945,20 \text{ kg}$

Tabla 26 Pesos de los materiales para 1 m³ de hormigón. **Fuente:** Elaboración propia

Cemento	283,82 kg
Agua	193,00 kg
Grava	686,62 kg
Arena	945,20 kg
Total	2108,64 kg

Volumen de material que se requiere para 24 cilindros

Dimensiones del cilindro

Diámetro = 15 cm Volumen cilindro = 0,0053 m³

Altura = 30 cm Volumen 24 cilindros = 0,1272 m³

Agua = 0,1272 × 193 kg = 24,55 kg

Cemento = 0,1272 × 283,82 kg = 36,10 kg

Grava = 0,1272 × 686,62 kg = 87,34 kg

Arena = 0,1272 × 945,20 kg = 120,23 kg

Tabla 27 Cantidad en kilogramos de los materiales para 24 cilindros. **Fuente:** Elaboración propia

Peso agua	24,55 kg
Peso cemento	36,10 kg
Peso grava	87,34 kg
Peso arena	120,23 kg

Volumen de material que se requiere para 24 cilindros más el 15% de desperdicio

Tabla 28 Cantidad de los materiales agregando el 15% de desperdicio. **Fuente:** Elaboración propia

Peso agua	28,23 kg
Peso cemento	41,52 kg
Peso grava	100,44 kg
Peso arena	138,26 kg

Anexo 7

Evolución mínima esperada de resistencia a compresión, de muestras tomadas en obra.[20]

Evolución mínima esperada de resistencia a compresión		
Días	%	Mpa
7	75%	15,75
14	85%	17,85
28	100%	21

Anexo 8

Registro fotográfico

Anexo13.1: Elaboración de probetas.



Anexo13.2: Probetas a curar por inmersión.



Anexo13.3: Probetas a la intemperie.



Anexo13.4: Ensayos de materiales.



Anexo13.5: Roturas de probetas.



7. BIBLIOGRAFIA

- [1] «Las nuevas técnicas para el desarrollo y evaluaciones de las estructuras de hormigón - Dialnet». <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8507240> (accedido 17 de febrero de 2023).
- [2] L. L. Consuegra, L. O. T. Mojena, y C. R. García, «Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón.», *Rev. Arquít. E Ing.*, vol. 14, n.º 2, pp. 1-20, 2020.
- [3] J. L. Santamaría, B. Adame, C. Bermeo, J. L. Santamaría, B. Adame, y C. Bermeo, «Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen», *Rev. Digit. Novasinerxia*, vol. 4, n.º 1, pp. 91-101, may 2021, doi: 10.37135/ns.01.07.05.
- [4] L. D. Z. Navarrete, R. J. A. Santos, W. E. R. Párraga, y E. A. M. Menéndez, «Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón», *Gac. Téc.*, vol. 23, n.º 1, pp. 35-47, 2022.
- [5] J. R. Lliso Ferrando, A. Martínez Ibernón, I. Gasch, M. Valcuende Payá, J. M. Gandía Romero, y J. Soto, «Hormigones de bajo impacto ambiental: Los geopolímeros. Evolución de la resistencia», en *Libro de abstracts, 2022, ISBN 978-84-123872-7-8, págs. 169-172, 2022, pp. 169-172*. Accedido: 6 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8431344>
- [6] J. M. Lizarazo, A. Salas, y D. A. Escobar, «Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto con Altos Contenidos de Escoria de Hierro», *Inf. Tecnológica*, vol. 27, n.º 6, pp. 163-174, 2016, doi: 10.4067/S0718-07642016000600017.
- [7] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO*. 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3124.pdf
- [8] V. López Ausin, V. Revilla Cuesta, y M. Skaf Revenga, «Modificación de la retracción y las propiedades mecánicas en hormigones mediante la adición de escorias de horno de cuchara», en *VIII Jornadas de Doctorandos de la Universidad de Burgos [Recurso electrónico], 2022, ISBN 978-84-18465-23-9, págs. 249-259, 2022, pp. 249-259*. Accedido: 6 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8421297>

- [9] I. N. Vidaud-Quintana, Z. P. Frómeta-Salas, y E. de J. Vidaud-Quintana, «Control De Calidad En Estructuras De Hormigón Para Laconstrucción En Zonas De Elevado Peligro Sísmico», *Cienc. En Su PC*, vol. 1, n.º 4, pp. 72-85, 2019.
- [10] C. L. M. Pérez y A. H. Hernández, «Predicción de resistencia a compresión del hormigón mediante redes neuronales haciendo uso del agregado de la cantera de Antonio Maceo.», *Rev. Arq. E Ing.*, vol. 14, n.º 1, pp. 1-9, 2020.
- [11] S. E. de N. INEN, *ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.*, vol. 696. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
- [12] INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.*, vol. 860. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/860.pdf>
- [13] S. E. de N. INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.*, vol. 858. 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/858.pdf>
- [14] INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ARIDO FINO.*, vol. 856. 2010. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_856.pdf
- [15] INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.*, vol. 857. 2010. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_857.pdf
- [16] American Concrete Institute, *Proporcionamiento de mezclas concreto normal, pesado y masivo*, vol. 211.1-91. 2002.
- [17] V. Revilla Cuesta, V. Ortega López, M. Skaf Revenga, F. Fiol Oliván, y J. M. Manso Villalaín, «¿Por qué el efecto del árido de hormigón reciclado en la resistencia a compresión del hormigón autocompactante no es homogéneo? Una revisión bibliográfica», *Inf. Constr.*, vol. 74, n.º 565 (enero-marzo), p. 435, 2022.
- [18] S. E. de N. INEN, *HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE*

HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO., vol. 1573. 2010. [En línea]. Disponible en:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>

[19] L. L. Consuegra y C. R. García, «Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte», *Rev. Archit. E Ing.*, vol. 16, n.º 3, Art. n.º 3, 2022.

[20] Holcim, «Ficha técnica Eco pact 2», 2021. [En línea]. Disponible en:
https://www.holcim.com.ec/sites/ecuador/files/images/eco_pact.pdf