



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

**RECUPERACIÓN DEL HORMIGÓN PREMEZCLADO EN  
OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA EN CONDICIONES  
FLUIDAS ANTES DE CONVERTIRSE EN RESIDUO.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autores**

**CARLOS GUSTAVO ORDOÑEZ IGLESIAS  
CHRISTOPHER FERNANDO PEÑA ANDRADE**

**Director**

**VLADIMIR CARRASCO CASTRO**

**CUENCA – ECUADOR**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a las personas más importantes en mi vida. Mi padre, Carlos; mi hermana, Karla y mi madre, Ximena; quienes me han enseñado que en base al amor se construyen grandes cosas.

A mis tíos, Luis Fernando, María Celina y Lucy; mis primos, Carlos, María de los Ángeles y Fernando. Todos ellos me han entregado su amor y han sido pilares en las diferentes etapas de mi vida.

Finalmente, en recuerdo cariñoso de mi segunda madre, mi amada abuelita Celina.

**Carlos Gustavo Ordóñez Iglesias**

“Todo lo hizo hermoso en su tiempo; y ha puesto eternidad en el corazón de ellos, sin que alcance el hombre a entender la obra que ha hecho Dios desde el principio hasta el fin”.

Eclesiastés 3:11

Quiero dedicar este trabajo a mi madre Ruth, quien ha sido mi motor y mis ganas para cumplir este sueño mutuo, iluminándome, cuidándome y bendiciéndome cada segundo de mi vida, a mi abuelita Tili, mi tío Felipe, mi tía Priscy y mi familia en general quienes me han acompañado incondicionalmente a lo largo de todo este camino.

**Christopher Fernando Peña Andrade**

## **AGRADECIMIENTO**

No podría haber llegado a este punto en mi vida sin el amor y apoyo incondicional de mi familia, en especial mi padre, Carlos; mi hermana, Karla y mi madre, Ximena quienes directa e indirectamente han estado en todo momento junto a mí.

Por otro lado, un profundo agradecimiento a la Universidad del Azuay, la Facultad de Ciencia y Tecnología, profesores y amigos quienes han hecho que esta se convierta en una etapa inolvidable en mi vida. De manera especial a mi tutor de tesis, Ing. Vladimir Carrasco por las experiencias y el conocimiento compartido dentro de clases y durante este proceso.

Finalmente, con sentimiento de cariño y estima a amigos extraordinarios, Christopher, Ale, Daisy y Xavier de quienes he aprendido experiencias y conocimientos valiosos.

**Carlos Gustavo Ordóñez Iglesias**

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme culminar mi carrera, por darme las fuerzas y la esperanza todos los días, por permitirme creer en él, saber con cuanta ternura nos ama, entender que es todo en nuestras vidas y que sin él nada de esto hubiera sido posible.

Quiero agradecer a la Universidad del Azuay y a mis profesores por brindarme la oportunidad de prepararme como profesional desde una perspectiva ética y humana.

Además, de manera particular quiero extender mi agradecimiento al Ing. Vladimir Carrasco Castro, nuestro tutor de tesis, quien nos ha guiado durante todo este proceso, gracias por su apoyo, sus consejos y su bondad hacia nosotros.

**Christopher Fernando Peña Andrade**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I .....	1
1.    INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    Motivación de la investigación .....	1
1.2.    Problemática .....	1
1.3.    Estado del arte.....	2
1.4.    Objetivos .....	4
1.4.1.    Objetivo general.....	4
1.4.2.    Objetivos específicos .....	4
1.5.    Alcances y resultados esperados .....	4
CAPÍTULO II.....	5
2.    MARCO TEÓRICO .....	5
2.1.    Residuos de la construcción y demolición (RCD).....	5
2.2.    Economía circular .....	5
2.2.1.    Aprovechamiento.....	5
2.2.2.    Reciclaje.....	5
2.3.    Agregados .....	6
2.4.    Propiedades de los agregados .....	6
2.4.1.    Granulometría .....	6
2.5.    Cemento portland.....	7
2.6.    Hormigón .....	7
2.7.    Propiedades del hormigón.....	8
2.7.1.    Resistencia a la compresión .....	8
2.7.2.    Trabajabilidad .....	8
2.8.    Hormigón Plástico Devuelto o Returned Plastic Concrete (RPC).....	9
2.9.    Aditivos.....	10
2.10.    Criterios de diseño del hormigón.....	11
2.11.    Prefabricación .....	13
2.12.    Tipos de construcciones.....	14
2.13.    Construcciones más comunes en la ciudad de Cuenca .....	14
CAPÍTULO III.....	15
3.    PROCEDIMIENTO Y MATERIALES.....	15
3.1.    Metodología.....	15
3.2.    Materiales y Equipos .....	16
3.3.    Métodos .....	18

CAPÍTULO IV .....	20
4. RESULTADOS .....	20
4.1. Cantidad de desperdicio generado .....	20
4.2. Trabajabilidad .....	26
4.3. Resistencia a compresión.....	29
CAPÍTULO V.....	32
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1. Conclusiones.....	32
5.2. Recomendaciones .....	34
ANEXOS .....	35
BIBLIOGRAFÍA .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 2. 1: Diez cilindros de pasta de cemento con relaciones agua-cemento de 0.25 a 0.70. La faja indica que cada cilindro contiene la misma cantidad de cemento. El aumento del agua, diluye el efecto de la pasta de cemento, aumentando el volumen, reduciendo la masa volumétrica y disminuyendo la resistencia. ....	12
Ilustración 3. 1: Muestras de hormigón plástico devuelto recuperado una vez generado el desperdicio en diferentes obras. ....	16
Ilustración 3. 2: Cono de Abrams .....	16
Ilustración 3. 3: Cilindros metálicos 10x20cm para la toma de muestra de hormigón. ....	17
Ilustración 3. 4: Prensa a compresión para ensayos de resistencia de los cilindros. ....	18
Ilustración 4. 1: Asentamientos recomendados para varios tipos de obra. ....	29

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 4. 1: Obras visitadas.....	20
Tabla 4. 2: Cantidad de desperdicio cuantificado en cada una de las obras visitadas y su clasificación de acuerdo al tipo de obra. ....	21
Tabla 4. 3: Resultado de la cantidad de obras visitadas en función del tipo.....	21
Tabla 4. 4: Resultados Generales de desperdicio.....	23
Tabla 4. 5: Cantidad de desperdicio por tipo de elemento.....	24
Tabla 4. 6: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de obra. ....	24
Tabla 4. 7: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de contratista.....	24
Tabla 4. 8: Cantidad de desperdicio cuantificado en cada una de las obras visitadas y su clasificación de acuerdo al tipo de obra. ....	26
Tabla 4. 9: Resistencia analizada del hormigón recuperado (RPC) a los 28 días. ....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

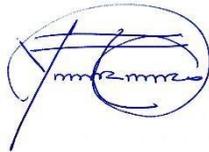
Anexo 1: Tabla de registro obra N.1.....	35
Anexo 2: Hoja de registro obra N.2.....	36
Anexo 3: Hoja de registro obra N.3.....	37
Anexo 4: Hoja de registro obra N.4.....	38
Anexo 5: Hoja de registro obra N.5.....	39
Anexo 6: Hoja de registro obra N.6.....	40
Anexo 7: Hoja de registro obra N.7.....	41
Anexo 8: Hoja de registro obra N.8.....	42
Anexo 9: Hoja de registro obra N.9.....	43
Anexo 10: Hoja de registro obra N.10.....	44
Anexo 11: Hoja de registro obra N.11.....	45
Anexo 12: Hoja de registro obra N.12.....	46
Anexo 13: Hoja de registro obra N.13.....	47
Anexo 14: Hoja de registro obra N.14.....	48
Anexo 15: Hoja de registro obra N.15.....	49
Anexo 16: Visita a una de las obras analizadas. ....	50
Anexo 17: Espera de la culminación de la fundición.....	51
Anexo 18: Realización de la encuesta al chofer del mixer. ....	52
Anexo 19: Toma de muestras del desperdicio generado en cilindros de 10 x 20 para su posterior rotura a los 28 días. ....	53
Anexo 20: Realización del ensayo de trabajabilidad en una de las obras analizadas. ....	54
Anexo 21: Cilindros de hormigón RPC listos para curarse por 28 días. ....	55
Anexo 22: Ensayos a compresión de las muestras luego de haber cumplido 28 día de curado.....	56

## RESÚMEN

### **Recuperación del hormigón premezclado en condiciones fluidas en obras de la ciudad de Cuenca antes de convertirse en residuo.**

En el sector de la construcción el material más usado es el hormigón, mismo que además de ser desperdiciado resulta altamente contaminante para el medio ambiente. El motivo de esta investigación es proponer alternativas para el aprovechamiento de este material recuperando el desperdicio que se genera en las obras de la ciudad de Cuenca en su estado fluido, durante la investigación se pretende verificar sus posibles usos mediante el análisis de resistencia a compresión con el uso de cilindros y trabajabilidad con el cono de Abrams. Se espera que el hormigón recuperado no pierda drásticamente sus características iniciales de diseño para que pueda ser usado en diferentes tipos de elementos ya sean estructurales o no estructurales.

**Palabras clave:** hormigón, hormigón plástico devuelto, trabajabilidad, resistencia a compresión, economía circular, sustentabilidad.



Vladimir Eugenio Carrasco Castro  
**Director del Trabajo de Titulación**



Firmado electrónicamente  
por:

**JOSE  
FERNANDO  
VAZQUEZ  
CALERO**

José Fernando Vázquez Calero  
**Director de Escuela**



Carlos Gustavo Ordoñez Iglesias  
**Autor**



Christopher Fernando Peña Andrade  
**Autor**

## ABSTRACT

### **Recovery of ready-mixed concrete in fluid conditions at construction sites in the city of Cuenca before it becomes waste.**

In construction sector the most used material is concrete, which in addition to being wasted is highly pollutant to the environment. The goal of this research is to propose alternatives to take advantage of this material by recovering the waste that is generated in Cuenca's constructions on a fluid state. The intention of this research is to verify its possible uses through the analysis of compressive strength with use of cylinders and workability with the Abrams cone. It is expected that the recovered concrete will not drastically lose its initial design characteristics so that it can be used in different types of structural or non-structural elements.

**Keywords:** concrete, returned plastic concrete, workability, compressive strength, circular economy, sustainability.



Vladimir Eugenio Carrasco Castro  
**Thesis Director**



Firmado  
electrónicamente por:

**JOSE  
FERNANDO  
VAZQUEZ  
CALERO**

José Fernando Vázquez Calero  
**Faculty Coordinator**

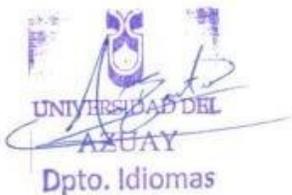


Carlos Gustavo Ordoñez Iglesias  
**Author**



Christopher Fernando Peña Andrade  
**Author**

Translated by



Carlos Ordoñez

Ordóñez Iglesias Carlos Gustavo

Peña Andrade Christopher Fernando

Trabajo de titulación

Ing. Vladimir Carrasco Castro

Diciembre, 2021

**Recuperación del hormigón premezclado en condiciones fluidas en obras de la ciudad de Cuenca antes de convertirse en residuo.**

**INTRODUCCIÓN**

Un tema que aqueja a la población mundial y en la actualidad la estamos palpando de manera notoria es el calentamiento global causado por las diferentes actividades humanas, una de ellas y que se encuentra dentro de las de mayor impacto en la economía nacional y global es el sector de la construcción. Según datos de la Organización de Naciones Unidas (2020), las extracciones de recursos enfocados a comida, ropa, agua, infraestructura y vivienda han aumentado a más del triple desde 1970. Además, el procesamiento de estos materiales, los combustibles y la comida son responsables de la mitad de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial y de más de la mitad de la pérdida de biodiversidad y estrés hídrico.

Bajo esta perspectiva, el presente trabajo se centra en el estudio del material de construcción más usado a nivel mundial: hormigón; recuperando el desperdicio generado en obras de la ciudad de Cuenca en su estado fluido para luego del tiempo obra - laboratorio evaluarlo mediante ensayos de trabajabilidad y resistencia a compresión a los 28 días.

Todo esto nos permitirá cuantificar la cantidad de hormigón desperdiciado en obras de la ciudad de Cuenca y conocer cuáles son las características del hormigón recuperado en comparación con su diseño original.

En base a los resultados obtenidos se plantearán los usos que este desperdicio puede tener al ser captado en su estado fluido.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Motivación de la investigación

En la actualidad un tema preocupante para la sociedad es el calentamiento global que se da por la contaminación ambiental debido a las diferentes actividades humanas, una de ellas y que contribuye de gran manera al daño de nuestro planeta es el sector de la construcción, específicamente por el uso del hormigón como su principal material. Al ser nosotros los futuros ingenieros civiles de nuestro país, tenemos dos opciones, seguimos contribuyendo al daño de nuestro planeta o somos los pioneros del cambio brindando alternativas para reducir el impacto que este material genera a la naturaleza una vez desechado. Al tomar la segunda alternativa como nuestra decisión resolvimos centrarnos en la recuperación del hormigón desperdiciado en su estado fluido para darle valor como producto terminado debido a que luego de la indagación realizada nos dimos cuenta que la gran mayoría de información encontrada únicamente se basa en recuperar el hormigón una vez que se ha endurecido para ser usado en reemplazo de la grava en la elaboración de un nuevo hormigón.

### 1.2. Problemática

El cambio climático es una realidad palpable a la que la sociedad debe hacer frente. Como es de conocimiento el sector de la construcción está dentro de los más contaminantes a nivel mundial, uno de los principales factores que contribuye en esto es el uso del hormigón como material de construcción, mismo que es usado por las diferentes ventajas constructivas que presenta. El hormigón es uno de los más contaminantes debido a que durante su proceso de producción consume gran cantidad de energía y aporta gases de efecto invernadero.

Según la revista Nature (2018) del total de las extracciones de agua destinadas al sector industrial, 9% corresponde a la producción de hormigón. Es importante recalcar que esta cifra representó el 1.7% de todas las extracciones de agua que se realizaron a nivel mundial en ese año; además, también nos indica que el proceso de producción del hormigón generó

el 8.6% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Un dato importante a mencionar es que en el mundo se fabrican alrededor de 25 billones de toneladas de hormigón al año.

Al conocer los impactos que tiene el hormigón en el medio ambiente y al saber por experiencia el desperdicio que existe en obras y plantas de producción, este trabajo investigativo busca brindar alternativas para su recuperación y reinserción en la actividad económica.

### **1.3. Estado del arte**

Está claro que, desde la antigüedad, las civilizaciones tuvieron la idea de juntar piedras y fijarlas con una especie de mortero, es así que en el año 2500 a.C los Egipcios usaron una mezcla de cal y yeso para la construcción de sus pirámides (Yepes & Universidad Politecnica de Valencia, 2017). Sin embargo, con el paso del tiempo, las técnicas constructivas empleadas por las diferentes civilizaciones continuaron desarrollándose, hasta que en el año 70 d.C fueron los Romanos quienes usarían el hormigón en la construcción de sus obras, una de las que podemos mencionar el Coliseo Romano.

Luego de la caída del imperio romano, el hormigón como material de construcción fue de poca demanda hasta la segunda mitad del siglo XVIII, mismo que se vuelve a emplear en Francia e Inglaterra en la reconstrucción del faro Eddyston en la costa de Cornis, al usar un mortero en adición con puzolana con gran cantidad de arcilla, este mortero tenía un comportamiento favorable frente a la acción del agua de mar. Sin embargo, Joseph Aspdin, fue quien patentó el cemento Portland en el año de 1824. Con el paso del tiempo las técnicas utilizadas siguieron desarrollándose hasta que el 1845 Isaac C. Jhonson desarrolló una nueva técnica de producción de cemento Portland, misma que es utilizada hasta la actualidad. Este procedimiento se basa en la producción del cemento a altas temperaturas, capaces de clinkerizar la mezcla de arcilla y caliza. (Yepes & Universidad Politecnica de Valencia, 2017)

Luego de mencionar una breve reseña del uso del hormigón a lo largo de la historia, procedemos a citar los estudios que se han realizado en relación a nuestra tesis de titulación.

A nivel local no se han realizado publicaciones sobre el tema en específico, sin embargo, existen varias investigaciones desarrolladas en las diferentes universidades de nuestra ciudad que se centran en elaborar hormigones reemplazando el árido por materiales reciclados, por ejemplo, la tesis realizada en la Universidad del Azuay: Hormigón reciclado reemplazando el árido grueso natural del área minera “Pirincay”, por ladrillo triturado.

Torres (2020) realiza una comparación entre el hormigón elaborado con agregado grueso natural (grava) proveniente de una cantera y el hormigón elaborado con el ladrillo triturado proveniente de una demolición en sustitución del agregado grueso, dando como resultado que el hormigón elaborado con material reciclado no puede ser usado para elementos estructurales. Además, existe una publicación realizada en la Universidad de Cuenca llamada: Diseño y elaboración de mezclas de hormigón con materiales reciclados; en el que Carrión & Guambaña (2018) elaboran un hormigón sostenible sustituyendo el árido grueso por hormigón reciclado de diferentes resistencias y el cemento por ceniza volante, ellos obtienen como resultado que es factible la utilización de estos elementos reciclados para la elaboración de hormigones debido a que alcanzan propiedades mecánicas comparables con el hormigón tradicional.

A nivel internacional, específicamente en Estados Unidos existen estudios que se relacionan directamente con el tema a desarrollarse, como el realizado por National Institute of Standards and Technology (1995), A Study on the Reuse of Plastic Concrete Using Extended Set-Retarding Admixtures, en el que realizan pruebas con diferentes tipos de aditivos en el hormigón recuperado en su estado fluido para posteriormente analizar sus características de resistencia a compresión y temperatura (Lobo et al., 1995). Además, también podemos mencionar la publicación elaborada por la División de Investigación e Innovación de Caltrans (2012) Concrete Recycling: Reuse of Returned Plastic Concrete and Crushed Concrete as Aggregate en el que se realiza un estudio preliminar comparativo sobre la aceptación en el mercado de la reutilización del concreto recuperado en estado fresco y la reutilización del hormigón endurecido y triturado.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la cantidad de concreto que se desperdicia en las obras de la ciudad de Cuenca y plantear posibles usos para su re inserción en el ciclo económico.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Cuantificar la cantidad de hormigón desperdiciado en obras de la ciudad de Cuenca.
- Determinar las características de resistencia a la compresión y trabajabilidad que presentan los diferentes tipos de hormigones recuperados.
- Plantear posibles usos del hormigón recuperado en base a las características de resistencia que presente.

## **1.5. Alcances y resultados esperados**

Los resultados que se esperan obtener con esta investigación son:

1. Determinar la cantidad de hormigón desperdiciado en la última bachada de fundición en un proyecto y clasificarla por tipo de obra y tipo de contratista.
2. Determinar la resistencia a la compresión del hormigón recuperado a los 28 días.
3. Determinar la trabajabilidad del hormigón recuperado.
4. Estimar el tiempo obra - laboratorio para así en función de los resultados de los ensayos realizados comparar la variación en relación a sus condiciones iniciales.
5. Plantear los usos que el hormigón recuperado puede tener.

# CAPÍTULO II

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Residuos de la construcción y demolición (RCD)

(Tapias & Universidad Santo Tomas, 2017, p.13) nos indica que los residuos de la construcción “Son todos los residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas”.

### 2.2. Economía circular

En el artículo Economía Circular de Cerdá & Khalilova, (2015) mencionan que la economía circular es reconstituyente y regenerativa, es un ciclo de desarrollo continuo que optimiza el rendimiento de los recursos naturales. Mientras que Prieto Sandoval et al, (2017) enfoca a la economía circular como un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación para de esta manera facilitar el desarrollo sostenible.

Es importante mencionar que este concepto ha adquirido gran importancia en el ámbito académico, político, económico y social. Además, dentro de la economía circular, también podemos encontrar otras definiciones como aprovechamiento y reciclaje.

#### 2.2.1. Aprovechamiento

“Proceso mediante el cual, a través de la recuperación de los materiales provenientes de los residuos de la construcción y demolición, se realiza su reincorporación al ciclo económico.” (Tapias & Universidad Santo Tomas, 2017, p.12)

#### 2.2.2. Reciclaje

“Es el proceso mediante el cual se transforman los RCD en materia prima o insumos para la producción de nuevos materiales de construcción.” (Tapias & Universidad Santo Tomas, 2017, p.12)

### **2.3. Agregados**

También conocidos como áridos, son materiales geológicos como piedra, arena, grava o roca triturada ya sea en su estado natural o procesada. Según Silva (2020), los agregados son minerales comunes, resultados de las fuerzas geológicas erosivas del agua y viento.

Los agregados son un ingrediente importante en el diseño del hormigón debido a que representa aproximadamente entre 70 al 80% del volumen total de hormigón (León et al., 2010). Además de incrementar su resistencia también pueden hacer que la mezcla sea más compacta, permitiendo aplicaciones como impermeabilización y retención de temperatura. (Silva, 2020)

Generalmente los agregados se dividen en finos y gruesos. Los agregados finos pueden ser naturales o procesados con partículas de hasta 9.5 mm (3 / 8 pulg); agregados gruesos son aquellos retenidos en el tamiz No 16 y pueden llegar hasta 150 mm (6 pulg). (Kosmatka et al., 2004)

Un dato importante a tener en cuenta es el mencionado por Kosmatka et al., (2004) nos indica que el tamaño máximo del agregado grueso generalmente usado varía entre 19 - 25 mm (3/4-1 pulg respectivamente).

### **2.4. Propiedades de los agregados**

#### **2.4.1. Granulometría**

La granulometría es una de las propiedades físicas de los agregados que tiene un impacto directo en la resistencia del hormigón (Toirac, 2012). Mediante la granulometría se conoce la distribución de los tamaños de las partículas en un agregado y nos ayuda a clasificarlos en finos y gruesos. Además, es importante mencionar que “la granulometría tiene una afectación directa con la cantidad de agua necesaria y las propiedades físicas del concreto”. (Giraldo & Ramos, 2015, p.29)

Según Giraldo & Ramos (2015) determinar el tamaño de las partículas es de gran importancia debido a que en la actualidad se ha demostrado que el uso de arenas muy finas repercute en mayores costos mientras que arenas muy gruesas producirá mezclas ásperas y difíciles de operar.

## **2.5. Cemento portland**

Valladares (2017) nos menciona que a esta materia prima se lo conoce como cemento portland debido a su gran parecido a la piedra natural de Portland – Inglaterra, este material se forma mediante la mezcla de calizas y arcillas pulverizadas, además se le denomina hidráulico debido a que es capaz de desarrollar todas sus propiedades en contacto con el agua.

Tipos de Cemento portland

Según Valladares (2017) existen 5 tipos de cemento portland, mismos que han sido diseñados sobre la base de las especificaciones ASTM, a continuación, se detalla cada uno de ellos.

1. Tipo I: Puede ser usado en obras de ingeniería en donde no se necesiten miembros especiales.
2. Tipo II: Es un cemento modificado para usos especiales, tiene gran resistencia a los sulfatos.
3. Tipo III: Es recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción debido a que en 3 días se desarrolla la misma resistencia que la desarrollada a los 28 días.
4. Tipo IV: Es un cemento bajo en calor de hidratación que se ha perfeccionado para usarse en grandes obras como presas o túneles.
5. Tipo V: Usado cuando hay una exposición intensa a sulfatos, las obras más comunes son aquellas hidráulicas que pueden estar expuestas constantemente al agua de mar.

## **2.6. Hormigón**

El hormigón es una piedra artificial que se compone de cemento, arena, grava y agua, presenta gran resistencia a la compresión, pero deficiencia ante esfuerzos de tracción. Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes de la mezcla, además de las condiciones climáticas (humedad, temperatura) durante su fabricación y fraguado. (Romo, 2008)

El hormigón es el material más usado dentro del sector de la construcción debido a que puede ser diseñado y producido de acuerdo a las especificaciones y necesidades

de cada proyecto, además ofrece varias ventajas constructivas como facilidad de manipulación, adaptación a diferentes geometrías, larga duración, resistencia al fuego, etc.

El hormigón también es conocido como hormigón hidráulico, es por esto que a continuación citaremos el siguiente concepto “El hormigón hidráulico es una piedra artificial, clasificado como un material aglomerado, compuesto de aire, agua, cemento hidráulico, agregados, y eventualmente aditivo o adiciones”. (Páez & Universidad Militar Nueva Granada, 2018, p.3)

## **2.7. Propiedades del hormigón**

### **2.7.1. Resistencia a la compresión**

“La resistencia del concreto es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debidos a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.” (Sanchez & Tapia, 2015, p.45)

La resistencia a la compresión es una propiedad del hormigón que se define como la capacidad de soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo  $\text{kg/cm}^2$  o  $\text{lb/pul}^2$ . (Cemex Peru, 2019)

Las pruebas de compresión del hormigón se realizan mediante la elaboración de cilindros de la misma muestra con un mínimo de tres pruebas para posteriormente someterlas a ensayo a la misma edad. La resistencia de la muestra se determina a los 28 días, sin embargo, Cemex Peru (2019) menciona que con frecuencia se mide la resistencia en otros períodos de tiempo como uno, siete, catorce días, pero suele ser con fines informativos. En ciertos casos estos datos además de informativos, son normativos debido a las condiciones contractuales.

### **2.7.2. Trabajabilidad**

“Es la propiedad del concreto o mortero en estado fresco la cual determina la facilidad y homogeneidad con la cual puede ser mezclado, colocado, compactado y terminado.” (ACI, n.d, p.73)

Neville & Brooks (2010) nos indica que “esta propiedad se ve afectada principalmente por el contenido del agua de la mezcla, del tamaño máximo, granulometría, forma y textura superficial de los agregados.” (pág. 27)

## 2.8. Hormigón Plástico Devuelto o Returned Plastic Concrete (RPC)

Según la División de Investigación e Innovación de Caltrans (2012) indica que el RPC por sus siglas en inglés es el exceso de hormigón de cemento Portland que aún no se ha endurecido.

Dentro de este concepto es importante conocer, a partir de la hora 0 (momento en que se mezclan todos los elementos para formar el hormigón), cuál es el tiempo de “vida útil” o el tiempo en el que el material aún podría ser considerado como RPC.

Según Torregrosa (2018) las personas pueden llegar a tener cierta confusión en cuanto al criterio de la “vida útil” del hormigón; debido a que, durante el desarrollo de su estudio menciona que pueden existir dos criterios para que al hormigón no se lo considere como RPC. El primero es cuando el hormigón premezclado en condiciones fluidas inicia su proceso químico de hidratación; el segundo cuando el hormigón aún no ha iniciado este proceso, pero presenta dificultad para mezclar, transportar, colocar y compactar, principalmente por la pérdida de trabajabilidad. Para resolver esta duda, Torregrosa (2018) se centra en cuatro conceptos como: estado plástico, fraguado inicial, fraguado final y trabajabilidad.

Para dar respuesta a la confusión antes mencionada, únicamente nos centraremos en el concepto de fraguado inicial.

**Fraguado inicial:** Condición temporal del concreto fresco de duración variable que marca el inicio del endurecimiento y del proceso químico de desarrollo de la matriz resistente de la pasta de cemento, en la que se originan deformaciones permanentes si se le aplica energía de desplazamiento (mezclado, vibrado, etc.) constituyendo el fin del estado plástico y de su “vida útil” durante el proceso constructivo. (Torregrosa, 2018, p.2)

De acuerdo a esto, podemos concluir que el criterio correcto para definir al hormigón como RPC es hasta el instante previo al inicio de su proceso de hidratación.

## 2.9. Aditivos

Los aditivos son productos químicos que al añadirse en morteros y hormigones modifican una o más propiedades de la mezcla. Las dosis de los aditivos normalmente varían entre el 0.05% y 5% de la masa de cemento. (Estela, 2011)

Umiri (2019) nos menciona que las razones más comunes para el uso de aditivos son:

- Incrementar la trabajabilidad, sin modificar el contenido de agua.
- Reducir el contenido de agua, sin modificar la trabajabilidad.
- Modificar el tiempo de fraguado.
- Acelerar el desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Mejorar la durabilidad y reducir la permeabilidad.
- Incrementar la resistencia.
- Mejorar la bombeabilidad.

Existen diferentes tipos de aditivos, estos se clasifican de acuerdo al efecto que tienen en la mezcla de hormigón.

Según De Lima et al. (2014) los aditivos son clasificados como: Tenso-activos (plastificantes y superplastificantes), incorporadores de aire, acelerantes, retardantes, impermeabilizantes e inhibidores de corrosión.

A continuación, se detalla el efecto que tiene cada uno de los aditivos antes mencionados.

- **Plastificantes:** Este tipo de aditivos son agentes reductores de agua, mejora la trabajabilidad y proporciona una distribución más uniforme de la mezcla. (Umiri, 2019)
- **Superplastificantes:** Estos aditivos tienen el mismo efecto que los plastificantes normales, pero con una acción más marcada. Este tipo de aditivos deben ser agregados justo antes de la colocación debido a que se puede esperar una pérdida rápida de trabajabilidad. (Umiri, 2019)

Según el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (2013), este tipo de aditivos puede reducir la cantidad de agua en el hormigón entre 5% y 18%. Además, el aumentar la fluidez del hormigón, nos permite tener una mejor compactación con un menor gasto de energía. (De Lima et al., 2014)

- Incorporadores de aire: Estos aditivos incorporan aire a la mezcla en forma de diminutas burbujas (Umiri, 2019). Este efecto mejora el comportamiento del hormigón durante su transporte, debido a que se reduce la posibilidad de que el material sufra segregación. Por lo general, son usados cuando el hormigón se ve sometido a bruscas variaciones de temperatura como formaciones de hielo y deshielo. (De Lima et al., 2014)
- Acelerantes: Estos aditivos aceleran la tasa de fraguado por lo tanto la mezcla de hormigón, gana resistencia a edades tempranas (Umiri, 2019). Generalmente, son usados cuando el hormigón es colocado en lugares que requieren reparaciones de emergencia o en elementos prefabricados.
- Retardantes: Este tipo de aditivos disminuyen la velocidad de fraguado, son muy usados en lugares de clima caliente y particularmente cuando el hormigón es bombeado, además cuando el hormigón debe trasladarse en largas distancias. (Umiri, 2019)
- Impermeabilizantes: Este tipo de aditivos tiene como función rellenar los poros y evitar o reducir la penetración de agua o humedad, su uso se da en gran mayoría en morteros de reparaciones y hormigón de embalses. (De Lima et al., 2014)
- Inhibidores de corrosión: Este tipo de aditivos son eficaces para reducir las tasas de corrosión de armaduras, son usados cuando el hormigón está sometido a la acción de cloruros. (De Lima et al., 2014)

## **2.10. Criterios de diseño del hormigón**

Para garantizar la calidad del hormigón es importante considerar ciertos criterios en su diseño, tales como:

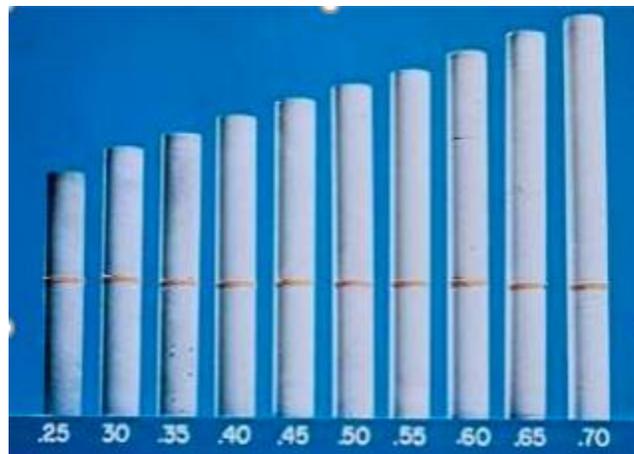
- Calidad del agregado
- Aditivos
- Calidad del agua
- Calidad de cemento usado
- Correcta mezcla entre agregado y pasta de cemento
- Relación agua / cemento

De los criterios antes mencionados, la calidad del hormigón diseñado se ve influenciada en gran medida por la relación agua/cemento.

Valores pequeños de esta relación nos dará como resultado un hormigón con mayor resistencia y durabilidad; sin embargo, puede dificultar la trabajabilidad, mientras que entre más alta es esta relación, el hormigón es más trabajable. (Sanchez & Tapia, 2015)

Kosmatka et al.,(2004) nos menciona algunas de las ventajas al disminuir la cantidad de agua en la mezcla de hormigón.

- Aumento de la resistencia a la compresión y de la resistencia a flexión.
- Disminución de la permeabilidad, disminución de la absorción y aumento de la hermeticidad.
- Aumento de la resistencia cuando el hormigón se encuentra expuesto a la intemperie.
- Mejor unión concreto - armadura.
- Reducción de la contracción y fisuración.
- Menores cambios de volumen causados por el humedecimiento y secado.



**Ilustración 2. 1:** Diez cilindros de pasta de cemento con relaciones agua-cemento de 0.25 a 0.70. La faja indica que cada cilindro contiene la misma cantidad de cemento. El aumento del agua, diluye el efecto de la pasta de cemento, aumentando el volumen, reduciendo la masa volumétrica y disminuyendo la resistencia.

**Fuente:** (Kosmatka et al., 2004)

En este punto es importante mencionar que dentro de los criterios de diseño del hormigón se incluyeron los aditivos; debido a que, según información recibida en nuestras visitas a las diferentes plantas hormigoneras de la ciudad, este elemento es incluido en la hora cero del hormigón para alargar su “vida útil” entre 2 y 6 horas; este tiempo varía dependiendo de la hormigonera.

### **2.11. Prefabricación**

La prefabricación es un sistema productivo basado en el diseño y producción de componentes que son elaborados en serie en una fábrica. (Rosales, 2016)

Generalmente se puede llegar a confundir el concepto de prefabricación e industrialización, algunos autores afirman que la prefabricación en casos específicos es el paso previo a la industrialización debido a que la industrialización al igual que la prefabricación es un proceso productivo en serie, pero repetitivo.

De acuerdo a la experiencia de ingenieros constructores de edificios, el uso de elementos prefabricados disminuye significativamente el tiempo de ejecución de obra, además de otras ventajas que se mencionan a continuación (Mas & Evowall Technology, 2021):

- Alta velocidad de ejecución
- Menores costes
- Óptima calidad
- Estructura monolítica y de alta resistencia
- Reducción de riesgos laborales.

## **2.12. Tipos de construcciones**

En el sector de la construcción existen diferentes tipos de obra civil.

Ramos et al. (2021) las clasifica de la siguiente manera:

1. Construcciones comerciales: Son estructuras no residenciales, construidas específicamente con un fin comercial.
2. Construcciones residenciales: Todo tipo de infraestructura destinada a la vivienda de las personas.
3. Construcciones institucionales: Dentro de esta categoría se encuentran todas las obras que brindan un servicio como, por ejemplo: hospitales, estaciones de bomberos, estadios, parques y todos los organismos públicos.
4. Construcciones industriales: Es aquella infraestructura en la que se realizan trabajos de fabricación, procesamiento y desarrollo de un producto.
5. Construcción de obras públicas: Se refiere a todas obras que se llevan a cabo bajo la promoción de una administración pública.

## **2.13. Construcciones más comunes en la ciudad de Cuenca**

Según información recibida por parte del director de la Cámara de Construcción de Cuenca, las obras más comunes en la ciudad dentro del sector público son: pavimentación de calles, agua potable, canalización telefónica y parques. Mientras que en el sector privado las construcciones más comunes son las residenciales.

# CAPÍTULO III

## 3. PROCEDIMIENTO Y MATERIALES

### 3.1. Metodología

Los pasos para el desarrollo de nuestro proyecto de titulación se mencionan a continuación:

- I. Contactarse con Ingenieros o Arquitectos encargados de las diferentes obras dentro de la Ciudad de Cuenca.
- II. Tomar el tiempo desde el laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay hasta la obra en cuestión con la ayuda de la aplicación Geo Tracker.
- III. El día de la fundición, se visitan las diferentes obras de la Ciudad de Cuenca únicamente el momento en el que el último mixer se encuentra descargando, debido a que es en este vehículo en donde posiblemente se genere el desperdicio.
- IV. Previo a que el camión descargue por completo el hormigón, se toman las especificaciones de diseño de la mezcla utilizada; además, se realiza la encuesta al contratista y chofer del mixer.
- V. En el caso que exista, se cuantifica el desperdicio generado.
- VI. Al desperdicio generado se deja reposar el tiempo calculado (laboratorio – obra) adicionándole 10 minutos, esto para considerar cualquier inconveniente que pudiera presentarse durante el traslado al laboratorio.
- VII. Luego de transcurrido el tiempo establecido, se realiza la prueba de trabajabilidad con la ayuda del Cono de Abrams y se toman 3 cilindros para posteriormente romperlos en la prensa a compresión a los 28 días.
  - a. Es importante mencionar que, los 3 cilindros que se tomaban permanecían en la obra 24 horas para luego ser llevados al laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay a su proceso de curado durante 28 días.
- VIII. En base a los resultados obtenidos de la prueba de trabajabilidad y compresión, se plantean los posibles usos que el hormigón recuperado en su estado fluido puede tener.

### 3.2. Materiales y Equipos

#### Hormigón Plástico Devuelto o Returned Plastic Concrete (RPC)

El hormigón recuperado en su estado fluido presentaba diferentes resistencias debido a que fueron varias las obras visitadas.



**Ilustración 3. 1:** Muestras de hormigón plástico devuelto recuperado una vez generado el desperdicio en diferentes obras.

**Fuente:** Autores

#### Cono de Abrams

El cono de Abrams utilizado para realizar la prueba de asentamiento o trabajabilidad fue el proporcionado por el laboratorio de suelo de la Universidad del Azuay, mismo que tiene por dimensiones 30 cm de alto, diámetro superior 10 cm y diámetro inferior 20 cm.



**Ilustración 3. 2:** Cono de Abrams

**Fuente:** Autores

## Cilindros

Los cilindros utilizados fueron los proporcionados por el laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay, mismo que tenían por dimensiones 20 cm de alto y 10 cm de diámetro.



*Ilustración 3. 3: Cilindros metálicos 10x20cm para la toma de muestra de hormigón.*

**Fuente:** Autores

### **Prensa para ensayo a compresión**

La prensa utilizada para realizar las pruebas a compresión de los cilindros fue la que se encuentra en el laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay.



**Ilustración 3. 4:** Prensa a compresión para ensayos de resistencia de los cilindros.

**Fuente:** Autores

### **3.3. Métodos**

Como se detalló en la metodología, el primer paso para el desarrollo de nuestro proyecto de titulación fue el contactarnos con ingenieros y arquitectos encargados de las diferentes obras para agendar una visita el día de la fundición.

El día de la visita, con la ayuda de la aplicación Geo Tracker se tomaba el tiempo desde el laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay hasta la obra y se le adicionaba 10 minutos para abarcar posibles retrasos que se puedan presentar.

Estas visitas eran relativamente cortas debido a que las hacíamos al momento en el que el último mixer llegaba a la fundición; debido a que, es en éste en el que posiblemente se generaba el desperdicio de hormigón.

Previo a que culmine la fundición de el o los elementos específicos, se realizaba la toma de datos correspondientes a las características del hormigón; esto con el objetivo de llevar un correcto registro de cada una de las muestras tomadas y anotar la variación de las características en relación a su diseño original. Asimismo, se realizaba una encuesta diferente al contratista y chofer del mixer. Estas últimas eran de gran importancia debido a que, además de brindarnos información extra referente a la cantidad de desperdicio, resistencias más comunes, tiempo de viaje del hormigón desde la planta y recomendaciones para mantener el hormigón fluido por mayor tiempo. También recolectábamos referencias extras sobre cuál es el uso que le dan al material sobrante y la aceptación de las personas involucradas en que otra empresa reutilice este desperdicio.

Una vez finalizada la fundición, en el caso de que exista cuantificábamos el desperdicio con la ayuda de una cubeta marcada de 10 lt de capacidad, este desperdicio se dejaba reposar el tiempo previamente calculado (laboratorio - obra) con el objetivo de evaluar la mezcla en sus peores condiciones.

Luego de transcurrido este tiempo se realizaba la prueba de trabajabilidad y se tomaban 3 cilindros, estos cilindros se quedaban en la obra durante 24 horas para luego trasladarlos al laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay y ponerlos en su proceso de curado por 28 días. Prontamente se cumplía el tiempo de curado de cada muestra se realizaba el ensayo a compresión.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos, se comparan las variaciones que presentan en relación a su diseño original y se plantean los posibles usos que el RPC puede tener.

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS

En el protocolo de tesis se plantearon visitar 10 obras; sin embargo, fueron 15 las visitas realizadas, esto con el objetivo de ampliar el nivel de confianza de los resultados. A continuación, se presentan las obras analizadas y los resultados obtenidos en cuanto a la cantidad de desperdicio, ensayos de trabajabilidad y resistencia a compresión.

**Tabla 4. 1:** Obras visitadas.

<b>Obra</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre proyecto</b>	<b>Dirección del proyecto</b>
1	21/7/2021	Construcción muros de contención UDA	Calle Hernán Malo y Panamericana
2	27/7/2021	Edificio Navarra	Calle del Batán y Unidad Nacional
3	13/8/2021	Edificio Los Pinos	Los Pinos y Paseo tres de Noviembre
4	16/8/2021	Edificio Rubik	Av. Ordoñez Lasso y Los Cipreses
5	17/8/2021	Edificio Navarra	Calle del Batán y Unidad Nacional
6	26/8/2021	Construcción edificio CREA	Unidad Nacional y Av. México
7	25/8/2021	Edificio Rubik	Av. Ordoñez Lasso y Los Cipreses
8	9/9/2021	Construcción cancha sintética	Av. Solano y Luis Moreno Mora
9	15/9/2021	Remodelación y restauración antiguo edificio Asunción	Av. 24 de mayo y Hernán Malo
10	16/9/2021	Construcción ciclovía sector 27 de febrero	Av. 27 de febrero
11	23/9/2021	Construcción bodegas sub estación #8	Turi
12	30/9/2021	Construcción ciclovía sector Hospital Regional	Av. Pumapungo
13	4/10/2021	Construcción sucursal Banco del Austro	Av. Remigio Crespo y Agustín Cueva
14	4/10/2021	Construcción vivienda unifamiliar	Tutupali
15	8/11/2021	Ampliación casa Juan Pablo Ortiz	Cristóbal Colon y Av. 12 de octubre

**Fuente:** Autores

### 4.1. Cantidad de desperdicio generado

Como se puede observar en la Tabla 4.2: Cantidad de desperdicio cuantificado en cada una de las obras visitadas y su clasificación de acuerdo al tipo de obra, existió desperdicio en 7 de las 15 obras analizadas representando el 46.67 % del total.

**Tabla 4. 2:** Cantidad de desperdicio cuantificado en cada una de las obras visitadas y su clasificación de acuerdo al tipo de obra.

DATOS GENERALES		DATOS GENERALES SOBRE EL ESTUDIO	
Obra	Nombre proyecto	Tipo de Obra	Cantidad Desperdicio (m3)
1	Construcción muros de contención UDA	Institucional	0.01
2	Edificio Navarra	Residencial	0.01
3	Edificio Los Pinos	Residencial	0.2
4	Edificio Rubik	Residencial	1
5	Edificio Navarra	Residencial	0.3
6	Construcción Edificio CREA	Institucional	0.007
7	Edificio Rubik	Residencial	0
8	Construcción cancha sintética	Institucional	0
9	Remodelación y restauración antiguo edificio Asunción	Institucional	0.01
10	Construcción ciclovía sector 27 de febrero	Pública	0
11	Construcción bodegas sub estación #8	Pública	0
12	Construcción ciclovía sector Hospital Regional	Pública	0
13	Construcción sucursal Banco del Austro	Comercial	0
14	Construcción vivienda unifamiliar	Residencial	0
15	Ampliación casa Juan Pablo Ortiz	Residencial	0

**Fuente:** Autores

Así también, en función de las obras visitadas y con la encuesta realizada a las diferentes hormigoneras de la ciudad podemos decir que generalmente el tipo de obra más común en la ciudad de Cuenca es residencial.

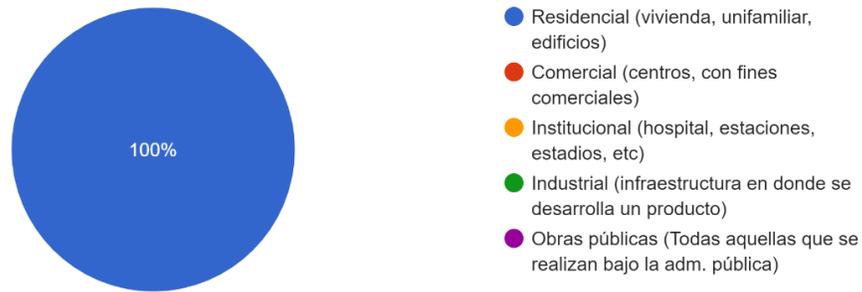
**Tabla 4. 3:** Resultado de la cantidad de obras visitadas en función del tipo.

Tipo de obra	Cantidad
Institucional	4
Residencial	7
Pública	3
Comercial	1

**Fuente:** Autores

## ¿A QUE TIPO DE OBRA BRINDAN EL SERVICIO GENERALMENTE?

4 respuestas



**Gráfico 4. 1:** Resultado de la encuesta realizada a las diferentes plantas hormigoneras de la ciudad.

**Fuente:** Autores

Dentro del contexto de que exista o no desperdicio en la fundición, este parámetro está en función del tipo de elemento; mientras que, en la cantidad de desperdicio generado intervienen otros factores como: sobrante dentro del mixer y en el caso que sea un hormigón bombeado, existe desperdicio en el tubo y tolva. Según experiencias de los contratistas, esta cantidad puede llegar a representar un 5% del total que se compra en el mixer; sin embargo, cuando el hormigón es bombeado influyen otros factores como longitud y altura.

Para validar lo antes mencionado sobre la cantidad de desperdicio generado, se presenta la Tabla 4.4: Resultados Generales de desperdicio, en donde podemos observar que generalmente existe sobrante en elementos como muros y columnas. Además, en el caso de la obra N.4 podemos evidenciar que existe mayor desperdicio debido a que se trata de la fundición de columnas del 5to piso y en la obra N.7 éste es 0 al tratarse de una losa.

**Tabla 4. 4:** Resultados Generales de desperdicio

DATOS GENERALES			DATOS GENERALES SOBRE EL ESTUDIO	
Obra	Nombre proyecto	Elemento a fundir	Tipo de Obra	Cantidad Desperdicio (m3)
1	Construcción muros de contención UDA	Muro de Hormigón Ciclópeo	Institucional	0.01
2	Edificio Navarra	Muro de contención	Residencial	0.01
3	Edificio Los Pinos	Columnas de Ascensor	Residencial	0.2
4	Edificio Rubik	Columnas 5to piso	Residencial	1
5	Edificio Navarra	Muro contención	Residencial	0.3
6	Construcción Edificio CREA	Muro contención	Institucional	0.007
7	Edificio Rubik	Losa 6to piso	Residencial	0
8	Construcción Cancha Sintética	Losa	Institucional	0
9	Remodelación y restauración antiguo edificio Asunción	Losa	Institucional	0.01
10	Construcción ciclovía sector 27 de febrero	Losa	Pública	0
11	Construcción bodegas sub estación #8	Vía de acceso	Pública	0
12	Construcción ciclovía sector Hospital Regional	Losa Pavimento Ciclovía	Pública	0
13	Construcción sucursal Banco del Austro	Losa Parqueadero	Comercial	0
14	Construcción vivienda unifamiliar	Zapatatas	Residencial	0
15	Ampliación casa Juan Pablo Ortíz	Zapatatas	Residencial	0

**Fuente:** Autores

Para ejemplificar con mayor detalle los resultados de la cantidad de hormigón desperdiciado y cumpliendo con nuestro objetivo de tesis, se presenta la Tabla 4.5: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de elemento, Tabla 4.6: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de obra y Tabla 4.7: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de contratista.

**Tabla 4. 5:** Cantidad de desperdicio por tipo de elemento.

Tipo de elemento	Cantidad de obras	Cantidad de desperdicio (m3)
Muros	4	0.327
Columnas	2	1.2
Losas	6	0.01
Zapatas	2	0
Vías	1	0

Fuente: Autores

**Tabla 4. 6:** Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de obra.

Tipo de obra	Desperdicio (m3)
Institucional	0.027
Residencial	1.51
Pública	0
Comercial	0

Fuente: Autores

**Tabla 4. 7:** Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de contratista.

	Desperdicio Total (m3)	Desperdicio Promedio (m3)
Contratista A	0.537	0.04
Contratista B	1	0.33

Fuente: Autores

Como se puede observar en la Tabla 4.5: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de elemento se anotó mayor residuo en elementos como muros y columnas. El dato de losas lo tomamos como despreciable debido a que únicamente se calculó un valor de 0.01 m<sup>3</sup> en 6 obras visitadas. De la misma manera, la Tabla 4.6: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de obra nos muestra que se registró mayor sobrante en obras de tipo residencial en comparación con las

otras tipologías, esto es correcto puesto que como se mencionó previamente es el tipo de obra más común en la ciudad de Cuenca.

También es preciso señalar que en los resultados mostrados en la Tabla 4.7: Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de contratista se clasificó como Contratista A (ingenieros) y Contratista B (arquitectos). Asimismo, se expone el desperdicio promedio que cada tipo de contratista generó; en donde, del total de obras visitadas, 12 estuvieron a cargo de ingenieros y 3 a cargo arquitectos.

## 4.2. Trabajabilidad

A continuación, se presenta la trabajabilidad registrada en cada una de las obras visitadas y los resultados obtenidos en los ensayos realizados en campo.

**Tabla 4. 8:** Cantidad de desperdicio cuantificado en cada una de las obras visitadas y su clasificación de acuerdo al tipo de obra.

Obra	DATOS GENERALES		RESULTADOS TRABAJABILIDAD		Tiempo laboratorio - obra (minutos)	Observación
	Nombre proyecto	Elemento a fundir	Diseño (cm)	Analizada (cm)		
1	Construcción Muros de Contención UDA	Muro de Hormigón Ciclópeo	16	20	12	Soplado de encofrado. Se añade superplastificante
2	Edificio Navarra	Muro de contención	20	15	25	-
3	Edificio Los Pinos	Columnas de Ascensor	13	14	30	Al hormigon le añadieron 5 Kgr de aditivo impermeabilizante
4	Edificio Rubik	Columnas 5to piso	16	12	25	Al hormigón le añadieron aditivo plastificante
5	Edificio Navarra	Muro contención	14	10	25	El hormigon contenía superplastificante
6	Construcción Edificio CREA	Muro contención	14	7.5	40	Se espero 40 min por problemas en la toma de datos
7	Edificio Rubik	Losa 6to piso	16	-	25	No existió desperdicio
8	Construcción Cancha Sintética	Losa	13	-	16	No existió desperdicio
9	Remodelación y restauración antiguo edificio Asuncion	Losa	14	17	14	Se añadió aditivo plastificante
10	Construcción Ciclovía sector 27 de Febrero	Losa	14	-	22	No existió desperdicio
11	Construcción Bodegas Sub Estación #8	Vía de acceso	14	-	20	No existió desperdicio
12	Construcción Ciclovía sector Hospital Regional	Losa Pavimento Ciclovía	12	-	22	No existió desperdicio
13	Construcción Sucursal Banco del Austro	Losa Parqueadero	14	-	23	No existió desperdicio
14	Construcción vivienda unifamiliar	Zapatatas	13	-	28	No existió desperdicio
15	Ampliación Casa Juan Pablo Ortíz	Zapatatas	14	-	18	No existió desperdicio

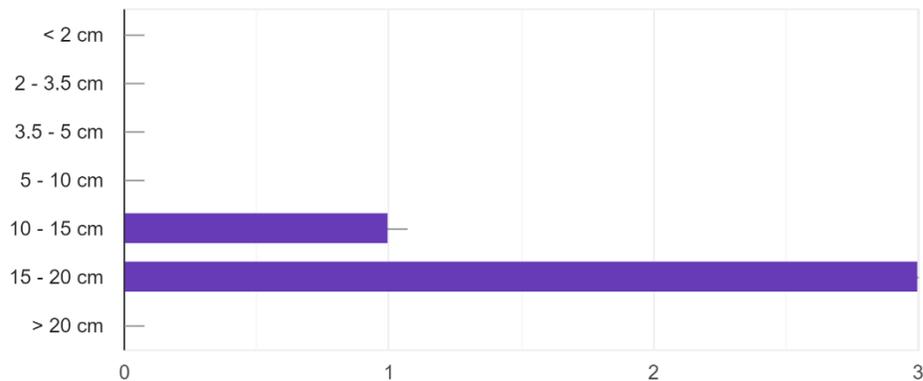
**Fuente:** Autores

De acuerdo a los resultados antes presentados, podemos observar que la trabajabilidad mayormente usada en las obras analizadas es de 14 cm, esto resulta algo contradictorio con los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a las plantas hormigoneras debido a que 3 de ellas responden que la trabajabilidad generalmente usada se encuentra en el rango 15 – 20 cm, como se puede observar en Gráfico 4.2: Resultado de la encuesta a plantas hormigoneras de la ciudad.

Se plantea que esta contradicción en los resultados se da, porque en el muestreo de datos no se acceden a todas las obras de la ciudad.

¿CUÁL ES EL ASENTAMIENTO CON EL QUE TRABAJAN GENERALMENTE?

4 respuestas



**Gráfico 4. 2:** Resultado de la encuesta a plantas hormigoneras de la ciudad.

**Fuente:** Autores

Como se esperaba, la Tabla 4.8: Cantidad de desperdicio cuantificado en cada una de las obras visitadas y su clasificación de acuerdo al tipo de obra nos muestra que la trabajabilidad del hormigón recuperado luego del tiempo obra – laboratorio disminuye en la mayoría de casos; este resultado aparentemente es correcto.

Decimos aparentemente debido a que, en ciertos casos se aplicó aditivo plastificante o super plastificante y los resultados difieren de lo esperado.

Por ejemplo, en las obras 5 y 9 se aplicó aditivo superplastificante y plastificante respectivamente; sin embargo, en el primero registramos una pérdida de trabajabilidad, mientras que en el segundo este parámetro aumenta. Y en el caso de la obra número 4 con el uso de aditivo plastificante, la trabajabilidad disminuyó en relación a su diseño original.

Dado estos resultados es evidente que en la trabajabilidad intervienen otros factores como tiempo de mezcla previo a la fundición, agilidad en obra, temperatura y aditivos.

Dentro de este último factor también es importante considerar que el uso de aditivo no siempre va a darnos como resultado una mejor trabajabilidad puesto que, en ciertos casos esto ayuda a que el hormigón no pierda drásticamente su trabajabilidad cuando intervienen factores como retraso en fundiciones, temperatura, entre otros. Esto lo mencionamos por experiencias recopiladas en obra por parte de personas involucradas y lo evidenciamos con los resultados obtenidos.

Finalmente, para concluir con este punto y centrándonos en el objetivo planteado al inicio de nuestro proyecto de titulación, observamos que el hormigón presenta buena trabajabilidad luego de los tiempos calculados (obra - laboratorio). Si evaluamos el caso más desfavorable (obra N.6) en donde, no se usó aditivos y el tiempo fue mucho mayor que el calculado debido a inconvenientes con los instrumentos de toma de datos, el resultado nos da un valor de trabajabilidad aceptable pues el hormigón aún se encuentra en un rango plástico, esto lo podemos verificar en la siguiente clasificación.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Tipo de Construcción
Muy Seca	< 20	Prefabricados de alta Resistencia, Revestimiento de Pantallas de Cimentación
Seca	20 - 35	Pavimentos
Semiseca	35 - 50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple
Media (plástica)	50 - 100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas
Húmeda	100 -150	Elementos estructurales esbeltos
Muy húmeda	150 – 200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ"
Súper fluida	> 200	Elementos muy esbeltos

**Ilustración 4. 1:** Asentamientos recomendados para varios tipos de obra.

**Fuente:** (Sarta & Silva, 2017)

### 4.3. Resistencia a compresión

Los resultados de resistencia a compresión obtenidos luego de curar la muestra por 28 días fueron favorables ya que inicialmente como hipótesis se planteó que el hormigón recuperado (RPC) no pierda drásticamente sus características de diseño; sin embargo, la resistencia analizada en la mayoría de los casos fue mayor a la de su diseño original.

En la Tabla 4.9: Resistencia analizada del hormigón recuperado (RPC) a los 28 días se puede evidenciar la resistencia de diseño del hormigón en comparación con los resultados obtenidos en laboratorio de las tres muestras tomadas en campo.

**Tabla 4. 9:** Resistencia analizada del hormigón recuperado (RPC) a los 28 días.

DATOS GENERALES			RESULTADOS RESISTENCIA COMPRESIÓN (28días)		
Obra	Nombre proyecto	Elemento a fundir	Código muestra	Diseño (kg/cm2)	Analizada (kg/cm2)
1	Construcción muros de contención UDA	Muro de hormigón ciclópeo	RHCOCP1.1	180	257.6
			RHCOCP1.2		249.96
			RHCOCP1.3		229.14
2	Edificio Navarra	Muro de contención	RHCOCP2.1	250	311.31
			RHCOCP2.2		297
			RHCOCP2.3		288.83
3	Edificio Los Pinos	Columnas de ascensor	RHCOCP3.1	240	252.09
			RHCOCP3.2		291.79
			RHCOCP3.3		276.98
4	Edificio Rubik	Columnas 5to piso	RHCOCP4.1	240	249.58
			RHCOCP4.2		232.71
			RHCOCP4.3		226.45
5	Edificio Navarra	Muro contención	RHCOCP5.1	250	247.24
			RHCOCP5.2		254.76
			RHCOCP5.3		261.29
6	Construcción edificio CREA	Muro contención	RHCOCP6.1	240	245.15
			RHCOCP6.2		257.07
			RHCOCP6.3		295.76
7	Edificio Rubik	Losa 6to piso	-	240	-
8	Construcción cancha sintética	Losa	-	210	-
9	Remodelación y restauración antiguo edificio Asunción	Losa	RHCOCP9.1	240	288.38
			RHCOCP9.2		309.81
			RHCOCP9.3		292.91
10	Construcción ciclovía sector 27 de febrero	Losa	-	240	-
11	Construcción bodegas sub estación #8	Vía de acceso	-	300	-
12	Construcción ciclovía sector Hospital Regional	Losa pavimento ciclovía	-	350	-
13	Construcción sucursal Banco del Austro	Losa parqueadero	-	300	-
14	Construcción vivienda unifamiliar	Zapatatas	-	240	-
15	Ampliación casa Juan Pablo Ortiz	Zapatatas	-	280	-

Fuente: Autores

Es menester acotar que los resultados difieren en dependencia de la hormigonera proveedora del material. En este estudio tuvimos la oportunidad que tres plantas hormigoneras sean las proveedoras en las diferentes obras visitadas; sin embargo, los resultados presentados se refieren a la hormigonera A y B puesto que en las obras que contemplaban la hormigonera C no se generó desperdicio.

# CAPÍTULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

De acuerdo con el objetivo general y objetivos específicos planteados en nuestro proyecto de titulación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Durante la toma de datos en campo se tuvo la oportunidad de visitar obras de tipo Institucional, Residencial, Pública y Comercial. Sin embargo, de acuerdo a los datos registrados en dichas visitas y a la encuesta realizada a las plantas hormigoneras, sabemos que el tipo de obra más común en la ciudad de Cuenca es Residencial.
2. En cuanto a la cantidad de desperdicio generado, en primer lugar, se puede mencionar que usualmente existe sobrante de material cuando se realizan fundiciones de elementos como muros y columnas. En segundo lugar, esta cantidad está relacionada con factores como hormigón atrapado dentro del mixer y en el caso que sea bombeado también quedan residuos en la tolva y tubo.
3. El desperdicio dentro del mixer y en la tolva no pudo ser cuantificado debido a que inicialmente no se consideró que exista material en estos equipos (conocimiento que adquirimos conforme avanzaba nuestro estudio). No obstante, durante la toma de datos nos percatamos que los choferes del vehículo en el caso de la tolva lo lavan inmediatamente y el mixer lo llevan a limpiar completamente en planta.
4. La cantidad total de hormigón recuperado fue 1.537 m<sup>3</sup> en 15 obras analizadas, esto representa un desperdicio de 0.102 m<sup>3</sup> de hormigón por obra visitada. Para ser más específicos se clasificó este sobrante por tipo de obra y tipo de contratista, como se muestran en las tablas 4.6 y 4.7 respectivamente; en donde, resulta evidente que la sumatoria de desperdicio es mayor en el tipo de obra Residencial (1.51 m<sup>3</sup>) por lo antes mencionado; además, también se observa menor desperdicio por parte de Contratista A

(ingenieros: 0.537 m<sup>3</sup> en 12 obras analizadas) en comparación de Contratista B (arquitectos: 1 m<sup>3</sup> en 3 obras analizadas).

**Tabla 4.6:** Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de obra.

Tipo de obra	Desperdicio (m <sup>3</sup> )
Institucional	0.027
Residencial	1.51
Pública	0
Comercial	0

**Fuente:** Autores

**Tabla 4.7:** Cantidad de hormigón desperdiciado por tipo de contratista.

	Desperdicio Total (m <sup>3</sup> )	Desperdicio Promedio (m <sup>3</sup> )
Contratista A	0.537	0.04
Contratista B	1	0.33

**Fuente:** Autores

- Los hormigones recuperados en su estado fluido (RPC) no pierden sus características de resistencia y trabajabilidad. Como se demostró con los resultados presentados la resistencia aumenta en la mayoría de los casos y no disminuye significativamente en otros, esta variación depende de la hormigonera proveedora del material. Dentro de este contexto durante las visitas a las plantas hormigoneras se conoció que en el momento cero del hormigón (instante en el que se mezclan todos los elementos) se añade aditivo para alargar el tiempo de “vida útil” del material entre 2 y 6 horas (depende la hormigonera), es por este motivo que los resultados no reflejan una pérdida drástica de resistencia luego del tiempo obra – laboratorio calculado. Por otro lado, la trabajabilidad tampoco se ve fuertemente afectada, en ciertos casos por el uso de aditivo; sin embargo, en la obra N.6 se tuvieron las condiciones más desfavorables puesto que no se usó aditivo y el tiempo obra – laboratorio fue mayor; en este caso la trabajabilidad se califica como buena, debido a que se encontraba aún en un rango plástico luego de realizado el ensayo.

6. Finalmente, debido a que los hormigones recuperados en su estado fluido (RPC) no presentan una disminución significativa de trabajabilidad y su resistencia se mantiene o aumenta, se plantea que el RCP puede ser reutilizado en elementos tanto estructurales como no estructurales si se lo capta en grandes cantidades. Entre estos, se mencionan:
- Elementos estructurales: columnas, vigas, muros, entre otros.
- Elementos no estructurales: Elementos prefabricados como bloques, postes, adoquines, jardineras, entre otros.

## **5.2. Recomendaciones**

Con la experiencia obtenida durante el desarrollo del presente trabajo de titulación y los resultados obtenidos, mencionamos las siguientes recomendaciones:

1. Al conocer de primera mano que las plantas hormigoneras colocan aditivo para alargar la “vida útil” del material, se podría realizar el análisis de la variación de las características de resistencia a compresión luego del tiempo establecido (2 – 6 horas).
2. Resulta importante ampliar este estudio realizando la cuantificación de la cantidad de hormigón atrapado dentro del mixer, tolva y tubo. Además, la manera de captar este desperdicio en grandes cantidades.
3. En un futuro trabajo de titulación sería importante tomar muestras una vez que llega el hormigón a obra y otras luego de transcurrido el tiempo obra - laboratorio para que el parámetro de comparación sea la resistencia del hormigón que llega y no el solicitado en planta (resistencia marcada en guía.). Además, sería importante ampliar el tiempo obra – laboratorio un extra de 20 o 30 minutos para evaluar el hormigón en peores condiciones que las analizadas en nuestro proyecto de titulación.

# ANEXOS

Anexo 1: Tabla de registro obra N.1

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA #:	1 // 3 <sup>m</sup>
FECHA:	21-Julio-2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	[REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Construcción Muros de contención
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Herrera Malo
<p>→ para evitar desperdicio          → de H<sub>2</sub>O          → se usó un recipiente</p>	
CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	180 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	17 cm (en planta); 16 (En obra)
ELEMENTO A FUNDIR:	Muro de ciclópeo
TIPO DE AGREGADO:	Mezcla de canto rodado y fujio
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm
CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	14:02 Pm. 4:17
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	6 min
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	30 cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	3
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	RHCOP1
TIPO DE CILINDRO:	10x20
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	24 horas
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	22-Julio-2021
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	18-Agosto-2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	
OBSERVACIONES:	Se realiza la descarga del Ho mediante bomba y tubería. Existe goteo por seepage de Eurofraco.

## Anexo 2: Hoja de registro obra N.2

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO-PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA #:	2 // 4m <sup>3</sup>
FECHA:	27/07/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	Privado
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Edif. Nueva (Estructural)
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Av. Bolon y Unidad Nacional
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	250kg/cm <sup>3</sup> (28 días)
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	20cm
ELEMENTO A FUNDIR:	muros contención
TIPO DE AGREGADO:	mixto rodado
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	16:10
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0.01m <sup>3</sup>
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	15 minutos
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	15cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	3
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	RHCOCP-2
TIPO DE CILINDRO:	10x20 (negro)
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	24 horas
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	28/08/2021
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	24-Agosto-2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	
OBSERVACIONES:	Las pruebas se realizaron a los f:25

## Anexo 3: Hoja de registro obra N.3

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL H.O. PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA #:	3 // $\text{bm}^3$
FECHA:	13/Ago/21
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	[REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Edif. Los Pinos
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Los Pinos y Paseo 3 de Nov.
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	240 $\text{kg/cm}^2$
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	13cm
ELEMENTO A FUNDIR:	Columnas de ascensor
TIPO DE AGREGADO:	carbo combido
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	3:35 pm
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	$0,08 + 0,12 = 0,20 \text{ m}^3$
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	20 min + 5 min.
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	14cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	3
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	RHC0CP3
TIPO DE CLINDRO:	10x20
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	24h
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	14/Ago/21
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	10 Sept. 2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	
OBSERVACIONES:	El hormigón recuperado tenía Sika de impermeabilizante integral para hormigón. Sika protecte

## Anexo 4: Hoja de registro obra N.4

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA #:	4
FECHA:	16 Agosto 2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	[REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Ed. Dabik
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Av. Ordoñez Lasso, Los Cipreses
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	240 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	16cm
ELEMENTO A FUNDIR:	columnas 5 <sup>to</sup> piso
TIPO DE AGREGADO:	no específica (mina)
TAMAÑO DEL AGREGADO:	no específica (25mm)
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	5m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	5:40 pm
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	<del>0.3m<sup>3</sup></del> 1m <sup>3</sup>
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	22 min
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	15 // 12cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	3
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	RHCD 04
TIPO DE CILINDRO:	10x20
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	24 horas
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	17 Agosto 2021
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	13 Sept. 2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	
OBSERVACIONES:	El hormigón contenía aditivo MBCC

Anexo 5: Hoja de registro obra N.5

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HMO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA N.º:	17/08/2021 5
FECHA:	17/08/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	[REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Cll. Nazario
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Calle del Sur y Unidad Nacional
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	250 Kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	19cm
ELEMENTO A FUNDIR:	20x20x20 cm x muro
TIPO DE AGREGADO:	Grava rodada
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	2:21 pm
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0.3m <sup>3</sup>
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	35min
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	11cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	3
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	R140CPS
TIPO DE CILINDRO:	Øx 20
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	24h
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	18/08/2021
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	14/Sep/2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	
OBSERVACIONES:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se esperó 35min por un retraso en la toma de la muestra.</li> <li>El hormigón recuperado cubrió super. suficiente.</li> </ul>

Anexo 6: Hoja de registro obra N.6

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA N.º:	<del>1</del> 6
FECHA:	26/08/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	[REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Construcción edif. CREA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Avenida Aguirre / Unidad Policial
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	240 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	14cm
ELEMENTO A FUNDIR:	muro contención
TIPO DE AGREGADO:	concreto colado
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	5.5m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	3:40 pm
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0.007m <sup>3</sup>
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	24 min <small>Se <del>de</del> tuvo un tiempo de traslado de 45 min por problemas en la línea surda.</small>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	7.5cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	3
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	RHCDCP6
TIPO DE CILINDRO:	10x20
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	24 horas
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	27/08/2021
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	13/09/2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	
OBSERVACIONES:	El hormigón no contenía aditivo

Anexo 7: Hoja de registro obra N.7

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA N°:	20/7
FECHA:	25/08/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	_____
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Edif. Est. 16
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Av. Ocho y Lasso
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	290 Kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	16cm
ELEMENTO A FUNDIR:	Losa 6to piso
TIPO DE AGREGADO:	arena
TAMAÑO DEL AGREGADO:	2.5mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	5m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	_____
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	No hubo desperdicio
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	_____
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	_____
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	_____
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	_____
TIPO DE CILINDRO:	_____
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	_____
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	_____
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	_____
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	_____
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	_____
OBSERVACIONES:	_____

Anexo 8: Hoja de registro obra N.8

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL H0 PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA N°:	2
FECHA:	09/09/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	Jinj Jorge Capelo
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Construcción concha entélica
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Av. Sabana y las Flores (Salle)
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	210 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	13
ELEMENTO A FUNDIR:	Losa
TIPO DE AGREGADO:	arito rodado
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	7m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	—
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	—
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	—
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	—
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	—
TIPO DE CILINDRO:	—
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	—
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	—
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	—
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	—
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	—
OBSERVACIONES:	—

## Anexo 9: Hoja de registro obra N.9

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA
FICHA N: 9
FECHA: 15/09/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA: Universidad del Azuay
NOMBRE DEL FISCALIZADOR: [REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO: Remediación y acondicionamiento del Azuay
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Av. 24 de Mayo y Nueva Mañá
NOMBRE HORMIGONERA: [REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN: 245 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO: 14 cm
ELEMENTO A FUNDIR: [REDACTED]
TIPO DE AGREGADO: cono rebato
TAMAÑO DEL AGREGADO: 19 mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL: 6.5 m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES:
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO: 4:55 pm
CANTIDAD DE DESPERDICIO: 0.21 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO: 10 min
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO: 17 cm
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS: 3
CÓDIGO DE LA MUESTRA: R4C0009
TIPO DE CILINDRO: 10x20
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA: 24 horas
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA: 16/09/2021
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA: 28 días
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA: 15/10/2021
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:
OBSERVACIONES: El chón al mixer se negó a separar la encrata.

Anexo 10: Hoja de registro obra N.10

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL H0 PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA #:	10
FECHA:	10/01/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Ciclovia sector 29 de Febrero (barbacoas)
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Av. 29 de Febrero
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	240 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	14
ELEMENTO A FUNDIR:	losa
TIPO DE AGREGADO:	estripado mina
TAMAÑO DEL AGREGADO:	25mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	_____
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	_____
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	_____
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	_____
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	_____
TIPO DE CILINDRO:	_____
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	_____
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	_____
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	_____
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	_____
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	_____
OBSERVACIONES:	_____

Anexo 11: Hoja de registro obra N.11

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL H0 PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA N°:	11
FECHA:	Sep. 23 - 2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	Guillermo Cordero
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Const. Bodegas Sub. Estación H0
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Turi
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	300 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	14cm
ELEMENTO A FUNDIR:	Via de acceso.
TIPO DE AGREGADO:	Castrodado
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm con
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	7m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	—
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	No hubo desperdicio
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	—
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	—
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	0
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	—
TIPO DE CLINDRO:	—
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	—
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	—
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	—
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	—
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	—
OBSERVACIONES:	No se generó desperdicio, una parte final se realizó la fundición a mano.

Anexo 12: Hoja de registro obra N.12

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA N°:	12
FECHA:	Octubre 4 / 2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	Audes Construcción
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	[REDACTED]
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Construcción Superior Banco del Azuero
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Av. Emancipación y Agustín Cueva Valtejo
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	300 kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	14 cm
ELEMENTO A FUNDIR:	Losas de parqueadero
TIPO DE AGREGADO:	Canto Rodado
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19 mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	21 m <sup>3</sup>

CONDICIONES FINALES	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	-
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	-
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	-
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	-
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	-
TIPO DE CLINDRO:	-
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	-
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	-
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	-
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	-
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	-
OBSERVACIONES:	-

Anexo 13: Hoja de registro obra N.13

HOJA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDAD DE CUENCA	
FICHA #: 13	
FECHA: 01/10/2021	
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	—
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Vivienda unifamiliar
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Tulapalí
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]

CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	240kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	13
ELEMENTO A FUNDIR:	Zapatas
TIPO DE AGREGADO:	redado
TAMAÑO DEL AGREGADO:	19mm
CANTIDAD DE CARGA EN MIXER FINAL:	

CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	—
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	—
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	—
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	—
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	—
TIPO DE CILINDRO:	—
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	—
FECHA DE INGRESO AL CURADO DE LA MUESTRA:	—
TIEMPO DE CURADO DE LA MUESTRA:	—
FECHA DE ROTURA DE LA MUESTRA:	—
RESISTENCIA DE LA MUESTRA:	—
OBSERVACIONES:	—



**Anexo 15:** Hoja de registro obra N.15

STRO DE RECOLECCIÓN DEL HO PREMEZCLADO EN CONDICIONES FLUIDAS EN OBRAS DE LA CIUDA	
FICHA #:	15
FECHA:	<del>20/09</del> 30/09/2021
NOMBRE DEL CONTRATISTA:	[REDACTED]
NOMBRE DEL FISCALIZADOR:	_____
NOMBRE O TIPO DE PROYECTO:	Cidavia sector Hospital Regional (Peruapango)
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Peruapango
NOMBRE HORMIGONERA:	[REDACTED]
CONDICIONES INICIALES:	
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN:	350 Kg/cm <sup>2</sup>
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	12
ELEMENTO A FUNDIR:	Loso cidavia
TIPO DE AGREGADO:	mina
TAMAÑO DEL AGREGADO:	25mm
CONDICIONES FINALES:	
HORA DE GENERACIÓN DEL DESPERDICIO:	_____
CANTIDAD DE DESPERDICIO:	0
TIEMPO DE TRASLADO AL LABORATORIO:	_____
ASENTAMIENTO O REVENIMIENTO:	_____
NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS:	_____
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	_____
TIPO DE CILINDRO:	_____
TIEMPO DE DESMOLDE DE LA MUESTRA:	_____

**Anexo 16:** Visita a una de las obras analizadas.



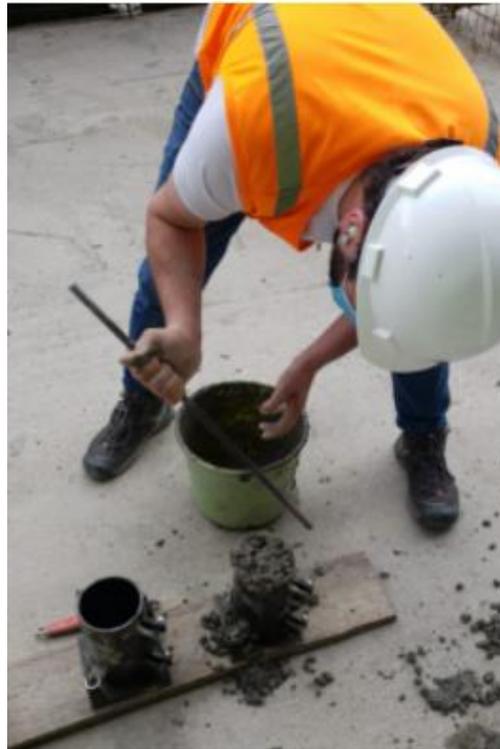
**Anexo 17:** Espera de la culminación de la fundición.



**Anexo 18:** Realización de la encuesta al chofer del mixer.



**Anexo 19:** Toma de muestras del desperdicio generado en cilindros de 10 x 20 para su posterior rotura a los 28 días.



**Anexo 20:** Realización del ensayo de trabajabilidad en una de las obras analizadas.



**Anexo 21:** Cilindros de hormigón RPC listos para curarse por 28 días.



**Anexo 22:** Ensayos a compresión de las muestras luego de haber cumplido 28 día de curado.



## BIBLIOGRAFÍA

- ACI. - ACI 116R-90. Cement and Concrete Terminology. *American Concrete Institute*, 58.  
[http://dl.mycivil.ir/dozanani/ACI/ACI\\_116R-00\\_Cement\\_and\\_Concrete\\_Terminology\\_MyCivil.ir.pdf](http://dl.mycivil.ir/dozanani/ACI/ACI_116R-00_Cement_and_Concrete_Terminology_MyCivil.ir.pdf)
- Caltrans Division of Research and Innovation. (2012). *Concrete Recycling: Reuse of Returned Plastic Concrete and Crushed Concrete as Aggregate*.
- Carrión Sarmiento, S. M., & Guambaña Chérrez, R. S. (2018). Diseño y elaboración de mezclas de hormigón con materiales reciclados. In *Ucv*.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31517>
- Cemex Peru. (2019). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?*  
2. <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2015). *Economía Circular*.
- De Lima, J., Moraes, & Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva. (2014). *Concreto: Aditivos para concreto*.  
[http://www.ingenieria.unam.mx/~luisr/licenciatura\\_ic/1444\\_pcee/1444\\_material/aditivospresen.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/~luisr/licenciatura_ic/1444_pcee/1444_material/aditivospresen.pdf)
- Estela, S. (2011). *DIFERENTES TIPOS DE ADITIVOS PARA EL CONCRETO*.
- Giraldo López, L. E., & Ramos Zúñiga, Y. A. (2015). *DISEÑO DE MEZCLA Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA FABRICADO CON CEMENTO*.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2013). *Aditivos para hormigón: Una historia de éxito*. 5. <https://hormigonaldia.ich.cl/tecniirreportaje/aditivos-para-hormigon-una-historia-de-exito/>

- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Tanesi, J., & Panarese, W. (2004). Diseño y control de mezclas de Concreto. In *Journal of Experimental Botany: Vol. Primera Ed.* [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54593011/Diseno\\_y\\_control\\_de\\_mezclas\\_de\\_concreto\\_-\\_PCA.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DPortland\\_Cement\\_Association.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54593011/Diseno_y_control_de_mezclas_de_concreto_-_PCA.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DPortland_Cement_Association.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53)
- León, M. P., Ramírez, F., Pontificia Universidad Javeriana, & Universidad de los Andes. (2010). *Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes* (Vol. 25, Issue 2). <https://doi.org/10.4067/s0718-50732010000200003>
- Lobo, C., Guthrie, W. F., & Kacker, R. (1995). A Study on the Reuse of Plastic Concrete Using Extended Set-Retarding Admixtures. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 100(5), 575. <https://doi.org/10.6028/jres.100.043>
- Mas Soler, A., & Evowall Technology. (2021). *Ventajas de los sistemas prefabricados.* <https://evowall.com/ventajas-sistemas-prefabricados/>
- Nature. (2018). *Proyecto Global de Carbono.* <https://www.nature.com/>
- Neville, & Brooks. (2010). *Concrete Technology (Second Edition)* (Vol. 13). <https://doi.org/10.6004/jnccn.2015.0201>
- Organizacion Naciones Unidas ONU. (2020). *Datos y cifras | Naciones Unidas.* <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>
- Páez Sánchez, C., & Universidad Militar Nueva Granada. (2018). *Propiedades del hormigón hidráulico y diseño de mexclas.* [http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin\\_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdblmlcmhX2NpdmlsL3RIY25vbG9naWFfZGVsX2NvbmlsNyZXRvX3lfbGFib3JhdG9yaW8vdW5pZGFkXzIv#slide\\_4.1](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdblmlcmhX2NpdmlsL3RIY25vbG9naWFfZGVsX2NvbmlsNyZXRvX3lfbGFib3JhdG9yaW8vdW5pZGFkXzIv#slide_4.1)
- Prieto Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). *Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación* (Vol. 15, Issue 15).

- Ramos, A., Morales, J., VAlero, P., Ruiz, F., Michelangeli, A., Palacios, A., Garcia, M. del M., Martínez, S., & Site and Field. (2021). *Tipos de construcción Clasificación y Clases*. <https://siteandfield.com/blog/tipos-de-construccion-clasificacion-clases/>
- Romo Proaño, M. (2008). *Diseño En Hormigon Armado Marcelo Romo Proaño| Hormigón / Hormigón armado | uDocz*. <https://www.udocz.com/read/1735/dise-o-en-hormigon-armado-marcelo-romo-proa-ol>
- Rosales, S. (2016). *Paneles de hormigón prefabricado arquitectónico para cerramientos verticales y particiones interiores*. Universidad de Cuenca.
- Sanchez Muñoz, F. L., & Tapia Medina, R. D. (2015). *RELACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DIAS RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDAD DE 28 DIAS*.
- Sarta, H., & Silva, J. (2017). *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%*. Universidad Católica de Colombia.
- Silva, O. J. (2020). *Tipos de agregados y su influencia en el diseño*. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tipos-de-agregados-y-su-influencia-en-mezcla-de-concreto>
- Tapias, J., & Universidad Santo Tomas. (2017). *GUÍA DE INTERVENCIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- Toirac Corral, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 37(3), 293–334. <https://doi.org/10.22206/cys.2012.v37i3.pp293-334>
- Torregrosa Villalba, M. (2018). *ENTENDIENDO EL CONCRETO. CONCRETO EN ESTADO FRESCO EN LA OBRA: LAS CONFUSIONES ENTRE TIEMPO DE VIDA ÚTIL, TRABAJABILIDAD, TIEMPO DE FRAGUADO Y TIEMPO DE DESENCOFRADO*. 2, 5–8.
- Torres Cabrera, A. E. (2020). *Hormigón reciclado reemplazando el árido grueso natural del área minera “Pirincay”, por ladrillo triturado*. Universidad del Azuay.

Umiri Flores, D. (2019). *Los aditivos para el Concreto*. <https://www.yura.com.pe/blog/los-aditivos-para-el-concreto/>

Valladares. (2017). *Concrete Recycling*.

Yepes, V., & Universidad Politecnica de Valencia. (2017). *Los orígenes del hormigón armado*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2017/01/04/los-origenes-del-hormigon/>