

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Elaboración de Guías de Ensayo Para Laboratorio de Materiales y  
Hormigón Endurecido**

**Trabajos Experimentales**

**DIEGO BENÍTEZ RODRÍGUEZ**

**Ingeniería Civil**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de Ingeniero Civil

Quito, 4 de mayo de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERIAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Elaboración de Guías de Ensayo Para Laboratorio de Materiales y  
Hormigón Endurecido**

**DIEGO BENÍTEZ RODRÍGUEZ**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Fabricio Yépez Moya, Ph.D.

Firma del profesor:

---

Quito, 4 de mayo de 2018

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez

Código: 00107060

Cédula de Identidad: 1003138086

Lugar y fecha: Quito, 4 de mayo de 2018

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo práctico contiene información sobre ensayos en agregados para hormigón fresco y hormigón endurecido, los cuales son realizados comúnmente en el ámbito de la construcción, por lo que se piensa necesario tener un material didáctico y digital que simplifique el aprendizaje y aplicación de los mismos. Este manual didáctico, basado en las normas ASTM, INEN y NEC, refleja la creación de Guías para efectuar los ensayos en el laboratorio a través de videos que los usuarios deberán acceder para comprender el proceso a seguir. De la misma manera, se realizará formularios a ser llenados por los usuarios al momento de realizar las prácticas.

## **ABSTRACT**

The following practical work contains information on tests on aggregates for concrete and hardened concrete, which were carried commonly in the construction field, so it is necessary to have a didactic and digital material that simplify the learning and application of the same. This didactic manual, based on ASTM, INEN and NEC, reflects the creation of guides for conducting tests in the laboratory through videos that users access to understand the process to follow. In the same way, the forms were made to be filled by users at the time of practice.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 01: INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 Descripción .....	11
1.2 Antecedentes .....	12
1.3 Justificación .....	13
1.4 Objetivos .....	14
1.4.1 Objetivo General .....	14
1.4.2 Objetivos Específicos .....	14
1.5 Actividades a realizarse .....	14
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL TEMA .....	16
2.1 Revisión de normas existentes .....	16
2.2 Revisión de recursos existentes .....	19
2.2.1 Densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso. (Norma ASTM C127-12) .....	20
2.2.2 Densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso agregado fino. (Norma ASTM C128-12), .....	20
2.2.3 Granulometría agregado grueso y fino. (Norma ASTM C136-06) .....	21
2.2.4 Resistencia a la abrasión e impacto por la máquina de Los Ángeles. (Norma ASTM C131/C131M-14) .....	21
2.2.5 Resistencia a la compresión de un cilindro de hormigón. (Norma ASTM C39/C39M-14A) .....	21
2.2.6 Resistencia a la tracción indirecta cilindro de hormigón. (Norma ASTM C496/C496M-11) .....	22
2.2.7 Resistencia a la flexión de viga con carga central. (Norma ASTM C293/C293M-10) .....	22
2.2.8 Resistencia a la flexión de viga con carga a tres puntos. (Norma ASTM C78/C78 <sup>E1</sup> ) .....	23
2.2.9 Módulo de elasticidad y Poisson's. (Norma ASTM C469/C469M-14) .....	23
2.3 Metodología, filmación y edición .....	24
2.3.1 Metodología .....	24
2.3.2 Filmación .....	24
2.3.3 Edición .....	25

CAPÍTULO 3: ENSAYOS Y FORMULARIOS .....	26
3.1 Test estándar de resistencia a degradación por abrasión en la máquina de Los Ángeles. Norma ASTM C131/C131M-14.....	26
3.2 Test estándar de análisis de tamizado para agregado fino y grueso. Norma ASTM C136-06 .....	28
3.3 Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado grueso. Norma ASTM C127-12 .....	33
3.4 Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado fino. Norma ASTM C128-12 .....	36
3.5 Test estándar para la resistencia de compresión de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C39/C39M-14 <sup>a</sup> .....	40
3.6 Test estándar para la resistencia a tracción de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C496/C496M-11.....	43
3.7 Test estándar para resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con carga central. Norma ASTM C293/C293M-10.....	45
3.8 Test estándar para resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con tres puntos de carga. Norma ASTM C78/C78M-10 <sup>E1</sup> .....	47
3.9 Test estándar módulo de elasticidad y Poisson's para hormigón en compresión. Norma ASTM C469/C469M-14.....	49
3.10 Formularios y reportes de ensayos .....	52
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES .....	53
4.1 Conclusiones.....	53
Anexo B Formularios de ensayo .....	54
1. Formulario resistencia a degradación por abrasión en la Máquina de los Ángeles. Norma ASTM C131/C131M-14.....	54
2. Formulario análisis de tamizado para agregado fino. Norma ASTM C136-06.....	55
3. Formulario análisis de tamizado para agregado grueso. Norma ASTM C136-06.	56
4. Formulario test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado fino. Norma ASTM C128-12.....	57
5. Formulario Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado grueso. Norma ASTM C127-12.....	58
6. Formulario resistencia de compresión de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C39/C39M-14 <sup>a</sup> . .....	59

7. Formulario resistencia a tracción de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C496/C496M-11.....	60
8. Formulario resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con carga central. Norma ASTM C293/C293M-10.....	61
9. Formulario Resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con tres puntos de carga. Norma ASTM C78/C78M-10E1.....	62
10. Formulario Test estándar módulo de elasticidad y Poisson's para hormigón en compresión. Norma ASTM C469/C469M-14.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1	Normas para Ensayos Realizados.....	16
Tabla 2	Fuentes densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso.....	20
Tabla 3	Fuentes densidad, densidad relativa y absorción de agregado fino.....	20
Tabla 4	Fuentes granulometría de agregados. ....	21
Tabla 5	Resistencia a la abrasión e impacto .....	21
Tabla 6	Resistencia a la compresión.....	22
Tabla 7	Resistencia a la tracción indirecta .....	22
Tabla 8	Resistencia a la flexión con carga central.....	22
Tabla 9	Resistencia a la flexión con carga a tres puntos .....	23
Tabla 10	Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson's.....	23
Tabla 11	Granulometría agregado fino.....	31
Tabla 12	Granulometría agregado grueso .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plataforma de Edición IMovie .....	25
Figura 2 Curva granulométrica agregado fino.....	31
Figura 3 Curva granulométrica agregado grueso .....	32
Figura 4 Tipos de fractura .....	42
Figura 5 Resultado ensayo ASTM C78/C78M .....	52

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Descripción

El presente trabajo de titulación consta de la ejecución de ensayos con materiales para la producción de hormigón, como agregados, y con ensayos sobre hormigón endurecido, los cuales sirven como guía para hacer las diferentes pruebas de cada norma ASTM. Los ensayos realizados en base a la norma ASTM para los materiales de hormigón, como agregados finos (arena) y gruesos (grava), ofrecen información para realizar diseños de mezclas, procesos de mezclado y las pruebas al hormigón endurecido.

Todo el material aquí realizado será de utilidad tanto para estudiantes como para personas afines a la construcción. Se prepararon videos explicativos sobre diferentes ensayos tales como: densidad de agregados finos ASTM C128-12, densidad de agregados gruesos ASTM C127-12, granulometría de agregados finos, granulometría de agregados gruesos ASTM C136-06, resistencia a la abrasión e impacto de agregados ASTM C131/C131-14, resistencia a compresión de un cilindro de hormigón ASTM C39/C39M-14A, resistencia a tracción indirecta de un cilindro de hormigón ASTM C496/C496M-11, resistencia a la flexión de una viga de hormigón con carga central ASTM C293/C293M-10, flexión de una viga de hormigón con carga a tres puntos ASTM C78/C78M – 10<sup>E1</sup> y finalmente el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson's ASTM C469/C469M-14.

De la misma manera, se prepararon formularios para la realización de los ensayos de en una manera más eficiente minimizando de esta manera posibles errores al momento de realizar los ensayos antes descritos.

El estudio de investigación se basará en los lineamientos de la norma ASTM como herramienta para el establecimiento de la guía de materiales de hormigón (agregados finos y gruesos) y hormigón endurecido, que estará direccionada para estudiantes y profesionales y coadyuvará al desarrollo de un sistema de calidad que está orientado a fortalecer el mercado, el comercio y a los consumidores.

Para integrar las Normas ASTM al ámbito nacional se realizó un acuerdo de cooperación de firmas con la Asamblea General de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y con el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), este acuerdo permite que el Ecuador cuente con un catálogo de normas ASTM que está orientado a la industria.

## **1.2 Antecedentes**

Se han realizado estudios complementarios con la Norma ASTM, que son un referente para el trabajo práctico, existen guías que están orientadas a la construcción y a la verificación de la calidad. En este sentido en el Ecuador se ha desarrollado una norma técnica de hormigones alineada al INEC en la que se especifican parámetros para la fabricación y la entrega al usuario. (INEC, 2015). A su vez la Universidad Técnica Particular de Loja ha propuesto técnicas de pruebas de resistencia a través de la incorporación de cuatro ensayos que están alineados a la norma ASTM (UTPL , 2017). Estudios que se han desarrollado en beneficio de la industria nacional.

El estudio es una revisión de ensayos y videos alineados a la Normas ASTM, una recopilación de información que concuerda con los procesos y procedimientos que pueden ser empleados para la obtención de densidad, densidad relativa y gravedad específica, absorción, resistencia a flexión y compresión, entre otros, en este sentido se estructuró matrices de cada uno de los recursos utilizados con la finalidad de obtener información que permita la grabación de los ensayos.

Por esta razón se encontró adecuado poder elaborar un material didáctico y digital, junto con los formularios de ensayo, para que los alumnos aprendan a usar el laboratorio y así evitar daños o pérdidas dentro del mismo. De la misma manera, este trabajo ayudará a los estudiantes a comprender como se realizan los ensayos de una manera más sencilla aportando así en su educación, ya que la mayoría de información acerca de los ensayos aquí presentados se encuentran des actualizados, no cumplen con la normativa o en diferentes idiomas.

### **1.3 Justificación**

El hormigón es uno de los materiales más usados dentro de la ingeniería civil (Vitruvio, 2015), por esta razón se debe hacer un gran énfasis en saber cómo se lo puede ensayar y como se puede minimizar errores donde la construcción de proyectos y maximizar la durabilidad.

Los ensayos que se presentan a continuación, tanto para agregados (gruesos y finos) como para hormigón endurecido, sirven para poder conocer sus propiedades, características, y así minimizar errores en la edificación y construcción. Es importante saber realizar los ensayos y comprender las normas. Mucho del material disponible en la red se encuentra desactualizado, incompleto o en diferente idioma, lo que hace que el aprendizaje sea más difícil. Por esta razón, se decidió elaborar un material multimedia de enseñanza para que los usuarios minimicen errores al momento de hacer las pruebas en el laboratorio.

Los videos realizados son una manera didáctica, fácil de comprender y al alcance de la mayoría de personas, para que los usuarios y gente dentro de la ingeniería civil puedan no solo aprender sino también reforzar sus conocimientos.

El estudio generará un impacto positivo, en este sentido los beneficiarios directos de la investigación serán los estudiantes e ingenieros quienes contarán con una

herramienta complementaria de conocimiento y aprendizaje. Adicionalmente existe un beneficio indirecto que esta direccionada a los dueños proyectos inmobiliarios, propietarios de casas y aseguradoras

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Elaborar guías de ensayo para los materiales de hormigón (agregados finos y gruesos) y hormigón endurecido, a través de la generación de formularios y videos didácticos explicativos, que permita a estudiantes y profesionales cumplir con las normas ASTM para la construcción.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una investigación teórica sobre la normativa ASTM y sus diferentes procedimientos.
- Realizar los formularios y videos explicativos concernientes a la aplicación de la norma ASTM para la construcción.
- Evaluar el trabajo metodológico realizado en base al criterio de profesionales tutores de la Universidad San Francisco
- Exponer el trabajo realizado en la plataforma virtual de la Universidad, así como los videos en la plataforma YouTube.

## **1.5 Actividades a realizarse**

- Lectura y revisión de normas y material didáctico multimedia existente.
- Elaboración de guías de ensayos y formularios
- Grabación de videos iniciales: densidad agregado fino, densidad agregado grueso, granulometría agregado fino, granulometría agregado grueso y resistencia a la abrasión e impacto.
- Edición y entrega del primer grupo de videos.

- Grabación de videos finales: resistencia a compresión para un cilindro de hormigón, resistencia a tracción indirecta de un cilindro de hormigón, flexión de una viga de hormigón con carga central, flexión de una viga de hormigón con carga a tres puntos y módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson's.
- Edición de segundo grupo de ensayos y entrega de la colección completa.

## CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL TEMA

### 2.1 Revisión de normas existentes

Para la realización de estos ensayos y videos se utilizaron y revisaron normas ASTM las cuales se encuentran en el Anexo A. Se muestran a continuación las normas utilizadas.

Tabla 1 Normas para Ensayos Realizados.

Grupo	Ensayo	Norma	Descripción
<b>DENSIDAD</b>	Test estándar densidad, densidad relativa (Gravedad Especifica) y absorción de agregado grueso.	ASTM C127-12	Esta norma describe los distintos pasos que se debe seguir para encontrar las densidades y porcentaje de absorción de agregados gruesos.
	Test estándar para densidad, densidad relativa (Gravedad Especifica) y absorción de agregado fino.	ASTM C128-12	Esta norma describe los distintos pasos que se debe seguir para encontrar las densidades y porcentaje de absorción de agregados finos.
	Test estándar para	ASTM C136-06	Esta norma describe

	análisis de tamizado para agregado fino y grueso.		los distintos pasos que se debe seguir para encontrar las granulometrías de agregados finos y gruesos.
	Especificaciones estándar para agregados de hormigón.	ASTM C33/C33M-13	Esta norma da a conocer las especificaciones que los agregados deben cumplir.
<b>RESISTENCIA AGREGADOS</b>	Test estándar para resistencia a degradación por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles.	ASTM C131/C131M-14	Esta norma describe los distintos pasos que se debe seguir para encontrar la resistencia a la abrasión e impacto de agregado de tamaño máximo inferior a 37,5 mm. [1 1/2 in.].

<b>HORMIGON ENDURECIDO</b>	Test estándar para resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.	ASTM C39/C39M-14a	Esta norma describe los distintos pasos a seguir para encontrar la resistencia a la compresión de un cilindro de hormigón.
	Test estándar para resistencia a la tracción indirecta de un cilindro de hormigón.	ASTM C496/C496M-11	Esta norma describe los distintos pasos a seguir para encontrar la resistencia a la tracción indirecta de un cilindro de hormigón.
	Test estándar para resistencia a la flexión del hormigón usando una viga simple con carga central	ASTM C293/C293M-10	Esta norma describe los distintos pasos a seguir para encontrar la resistencia a la flexión de una viga simple con carga central.

<b>HORMIGON ENDURECIDO</b>	Test estándar para resistencia a la flexión del hormigón usando una viga simple con carga a tres puntos.	ASTM C78/C78M-10 <sup>E1</sup>	Esta norma describe los distintos pasos a seguir para encontrar la resistencia a la flexión de una viga simple con carga a 3 puntos.
<b>PROPIEDADES DEL HORMIGON</b>	Test estándar de modulo de elasticidad y Poisson's para hormigón en compresión.	ASTM C469/C469M-14	Esta norma describe los distintos pasos a seguir para encontrar el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson's.

## 2.2 Revisión de recursos existentes

Para poder efectuar el siguiente trabajo de titulación, se buscaron diferentes videos de los múltiples ensayos que se realizarán. Esto se ejecutó como parte de la investigación necesaria para poder cumplir con los objetivos planteados. A continuación, se muestran videos explicativos y oportunos para cada ensayo; se utilizaron estas fuentes como ejemplo porque se cree que concuerdan con los intereses de este trabajo de titulación, ya que son fáciles de entender y muestran el proceso de cada ensayo de una manera didáctica. Asimismo, se encontró que el idioma era un problema en la mayoría de material disponible, ya que mucho del trabajo actualizado y

que cumpla con todas las normas vigentes no se encuentra en idioma español. Es también por este motivo que se realiza este trabajo de titulación, de esta manera se facilitara el acceso a la elaboración de ensayos para materiales de hormigón y hormigón endurecido, tanto para estudiantes como profesionales.

En las siguientes tablas, se presentan los recursos para cada uno de los ensayos pertinentes al trabajo de titulación.

### **2.2.1 Densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso. (Norma ASTM C127-12)**

A continuación, se muestran` videos utilizados como ejemplo para encontrar la densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso.

Tabla 2 Fuentes densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso.

<b>Fuente</b>	<b>Año</b>	<b>URL</b>
TechTraining llc	2014	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=B3GEtVn0nz8">https://www.youtube.com/watch?v=B3GEtVn0nz8</a>
Universidad José Carlos Mariátegui	2014	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=KiVC2-lbawA">https://www.youtube.com/watch?v=KiVC2-lbawA</a>

### **2.2.2 Densidad, densidad relativa y absorción de agregado grueso agregado fino. (Norma ASTM C128-12)**

A continuación, se muestran videos utilizados como ejemplo para encontrar la densidad, densidad relativa y absorción de agregado fino.

Tabla 3 Fuentes densidad, densidad relativa y absorción de agregado fino.

<b>Fuente</b>	<b>Año</b>	<b>URL</b>
TechTraining llc	2014	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=yiQ4AjBui8E">https://www.youtube.com/watch?v=yiQ4AjBui8E</a>

Universidad Técnica Particular de Loja	2008	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=b-HPgisXhGI">https://www.youtube.com/watch?v=b-HPgisXhGI</a>
-------------------------------------------	------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 2.2.3 Granulometría agregado grueso y fino. (Norma ASTM C136-06)

A continuación, se muestran videos utilizados como ejemplo para encontrar la granulometría de agregados gruesos y finos.

Tabla 4 Fuentes granulometría de agregados.

Fuente	Año	URL
TechTraining llc	2014	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=GPKQQZ2rbvs">https://www.youtube.com/watch?v=GPKQQZ2rbvs</a>
Universidad Técnica Particular de Loja	2015	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=2hiC26pQTo4">https://www.youtube.com/watch?v=2hiC26pQTo4</a>

### 2.2.4 Resistencia a la abrasión e impacto por la máquina de Los Ángeles. (Norma ASTM C131/C131M-14)

A continuación, se muestran videos utilizados como ejemplo para realizar el ensayo de resistencia a la abrasión e impacto por la Máquina de los Ángeles.

Tabla 5 Resistencia a la abrasión e impacto

Fuente	Año	URL
UMSA	2008	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=6WkKg9r7svc">https://www.youtube.com/watch?v=6WkKg9r7svc</a>
Aggregate industries	2016	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cZ4am1vjtrs">https://www.youtube.com/watch?v=cZ4am1vjtrs</a>

### 2.2.5 Resistencia a la compresión de un cilindro de hormigón. (Norma ASTM C39/C39M-14A)

A continuación, se muestran videos utilizados como ejemplo para realizar el ensayo de resistencia a la compresión para cilindros de hormigón.

Tabla 6 Resistencia a la compresión

<b>Fuente</b>	<b>Año</b>	<b>URL</b>
TechTraining llc	2015	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Pz2vbiqNP-E">https://www.youtube.com/watch?v=Pz2vbiqNP-E</a>
FIUSAC	2013	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=PqTzsN4nz-4">https://www.youtube.com/watch?v=PqTzsN4nz-4</a>

### **2.2.6 Resistencia a la tracción indirecta cilindro de hormigón. (Norma ASTM C496/C496M-11)**

A continuación, se muestran los videos utilizados como ejemplo para realizar el ensayo de resistencia a la tracción indirecta de un cilindro de hormigón.

Tabla 7 Resistencia a la tracción indirecta

<b>Fuente</b>	<b>Año</b>	<b>URL</b>
Matt OReilly	2012	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=m__bAeHLwvQ">https://www.youtube.com/watch?v=m__bAeHLwvQ</a>
FIUBA	2013	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=dOVBgAg8wKE">https://www.youtube.com/watch?v=dOVBgAg8wKE</a>

### **2.2.7 Resistencia a la flexión de viga con carga central. (Norma ASTM C293/C293M-10)**

A continuación, se muestra un video utilizado como ejemplo para realizar el ensayo de resistencia a la flexión de una viga con carga central.

Tabla 8 Resistencia a la flexión con carga central

<b>Fuente</b>	<b>Año</b>	<b>URL</b>
Urbanecivil	2010	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=pPbt6IRRZoM">https://www.youtube.com/watch?v=pPbt6IRRZoM</a>

### 2.2.8 Resistencia a la flexión de viga con carga a tres puntos. (Norma ASTM C78/C78E1)

A continuación, se muestran los videos utilizados como ejemplo para realizar el ensayo de resistencia a la flexión de viga con carga a tres puntos.

Tabla 9 Resistencia a la flexión con carga a tres puntos

Fuente	Año	URL
CCANZ	2016	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=n8hn-1KR1Yc">https://www.youtube.com/watch?v=n8hn-1KR1Yc</a>
Universidad Técnica Particular de Loja	2008	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=40PdoMc1oLI">https://www.youtube.com/watch?v=40PdoMc1oLI</a>

### 2.2.9 Módulo de elasticidad y Poisson's. (Norma ASTM C469/C469M-14)

A continuación, se muestran los videos utilizados como ejemplo para la realización del ensayo de elasticidad y coeficiente de Poisson's

Tabla 10 Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson's

Fuente	Año	URL
ADMET	2010	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=iCWsDHhbi9g">https://www.youtube.com/watch?v=iCWsDHhbi9g</a>
CONTROLS Group	2015	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=T5DAuXOtrqY&amp;list=PL0o43rjOIK-Vq7GiHTyy0bSvDXxQiQgZD">https://www.youtube.com/watch?v=T5DAuXOtrqY&amp;list=PL0o43rjOIK-Vq7GiHTyy0bSvDXxQiQgZD</a>

## **2.3 Metodología, filmación y edición**

### **2.3.1 Metodología**

Se utilizó el nuevo laboratorio de hormigones y ensayos mecánicos de la Universidad San Francisco de Quito como estudio de grabación. Para esto se emplearon cámaras de video y fotográficas, después con la ayuda de un software especializado se realizó la edición de los videos.

### **2.3.2 Filmación**

En la filmación de los ensayos se utilizó una cámara marca Nikon modelo D7100, la cual consta con 18 Megapíxeles y permite grabar en alta definición. Al tener varios tipos de ensayos, materiales y hormigón endurecido, se planteó hacer 2 grupos de filmación.

Primero, se realizaron los videos relativos a materiales de hormigón, específicamente a los agregados gruesos y finos. Entre los cuales se tomaron en cuenta los ensayos de, densidad agregados finos y gruesos (Norma ASTM C127-12 y ASTM 128-12), granulometría agregados finos y gruesos (Norma ASTM C136-06, ASTM C33), y resistencia al impacto y abrasión de agregados (Norma ASTM C131/C131M-14).

Posteriormente, se filmaron los ensayos relativos a hormigón endurecido. Las diferentes pruebas que se realizaron comprenden resistencia a la compresión del hormigón (Norma ASTM C39/C39M-14a), resistencia a la tracción indirecta del hormigón (Norma ASTM C496/C496M-11), resistencia a la flexión del hormigón con carga central y a tres puntos (Normas ASTM C293/C293M-10 y ASTM C293/C293M-10), y módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson's (Norma ASTM C469/C469M-14).

### 2.3.3 Edición

Para la producción de los videos se empleó el programa iMovie, el cual se encuentra disponible solo para computadores Apple. Dicho programa no se lo puede encontrar gratuitamente, pero es uno de los más amigables para usar, lo cual facilita la edición de videos.

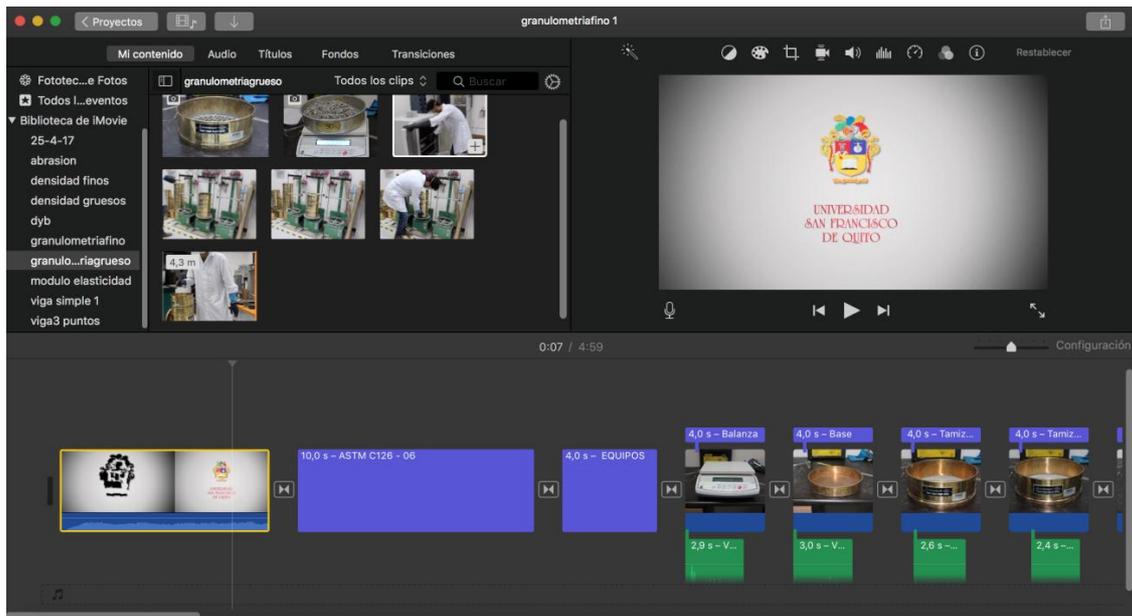


Figura 1 Plataforma de Edición iMovie.  
Fuente: Programa iMovie (Apple, 2018)

## **CAPÍTULO 3: ENSAYOS Y FORMULARIOS**

### **3.1 Test estándar de resistencia a degradación por abrasión en la máquina de Los Ángeles. Norma ASTM C131/C131M-14**

Para el desarrollo de la práctica establecida en este apartado se utilizará la norma ASTM C131/C131M-14 como punto de referencia debido a la importancia que tiene la misma en el ámbito académico como profesional.

En este ensayo se utiliza como medida de la degradación de agregados minerales resultante de una combinación de acciones, abrasión, impacto y molienda, en un tambor de acero giratorio que contiene un número especificado de esferas de acero, denominados como “carga”, el cual depende del tipo de muestra que se vaya a ensayar.

A medida que el tambor gira, hace que las cargas caigan hasta el lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto. El contenido entonces rueda dentro del tambor con una abrasión y una acción de molienda. Después del número prescrito de revoluciones, el contenido se retira del tambor y la porción de agregado se pasa por el tamiz No. 12 (1,70 mm), se lava y seca en el horno hasta obtener una masa constante. Finalmente se mide la degradación como porcentaje de pérdida.

#### **3.1.1 Máquina de Los Ángeles**

La Máquina de los Ángeles consiste de un cilindro de acero hueco giratorio, cerrado en ambos extremos, y con una abertura para introducir el material y la carga. Este debe cumplir con las medidas y especificaciones dispuestas en la norma ASTM C131/C131M-14.

#### **3.1.2 Materiales y equipo**

Para la siguiente práctica se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

Materiales:

- Muestra de agregados tipo D, es todo el material pétreo pasante al tamiz 4.75 mm (No. 4) y retenido en el tamiz 2.36 mm (No. 8).

Equipos:

- Tamices 4.75 mm (No. 4), 2.36 mm (No. 8), 1.68 mm (No. 12).
- Máquina de Los Ángeles.
- Balanza precisa dentro del 0.1% de la carga de prueba utilizada.
- Carga de impacto (esferas metálicas).

### **3.1.3 Procedimiento y cálculos**

Obtener la muestra de ensayo de acuerdo a lo dictado en la norma establecida, para este caso usamos un tipo de muestra D.

Lavar la muestra y secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ] hasta obtener una masa constante.

Cargar la maquina con la muestra y carga, la cual consta de seis esferas metálicas con una masa de  $2500 \pm 15$  g, la norma nos explica que para cada tipo de muestra se coloca un numero de esferas especifico (6.4.1 en la norma ASTM C131/C131M-14), y girar la maquina a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones.

Para esta práctica, primero se realizaron 100 revoluciones, esto debido a que el radio de pérdida entre las primeras 100 revoluciones y los 500 totales no debe superar el 0.20% para materiales de dureza uniforme, (ASTM International C131/C131M-14, 2014)

Extraer el material de la máquina y tamizar la muestra por el tamiz No. 12, conservando el pasante y obtener su masa.

Volver a introducir la muestra, incluyendo el polvo de fractura, y las cargas de impacto, para continuar con las 400 revoluciones faltantes.

Extraer el material de la máquina y tamizar la muestra por el tamiz No. 12, para así eliminar el material fino.

Lavar la muestra y secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ] para obtener su masa una vez extraída la muestra del horno.

Calcular el porcentaje de pérdida de masa a las 100 y 500 revoluciones.

$$\% \text{ de Pérdida} = [(C - Y) / C] * 100$$

Dónde: C masa original de la muestra, g, y Y masa final de la muestra, g.

$$\% \text{ de Pérdida}_{100 \text{ Rev.}} = [(C - Y) / C] * 100$$

$$\% \text{ de Pérdida}_{100 \text{ Rev.}} = [(5000 \text{ g} - 4713,5 \text{ g}) / 5000] * 100$$

$$\% \text{ de Pérdida}_{100 \text{ Rev.}} = 5,73\%$$

$$\% \text{ de Pérdida}_{500 \text{ Rev.}} = [(C - Y) / C] * 100$$

$$\% \text{ de Pérdida}_{500 \text{ Rev.}} = [(5000 - 4673) / 5000] * 100$$

$$\% \text{ de Pérdida}_{500 \text{ Rev.}} = 6,54\%$$

### **3.2 Test estándar de análisis de tamizado para agregado fino y grueso.**

#### **Norma ASTM C136-06**

Para este ensayo se utilizó la norma ASTM C136-06 como referencia. Una muestra de agregado seco de masa conocida se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución del

tamaño de partícula. No se lo debe utilizar para grandes cantidades de material pasante al tamiz No. 200.

### **3.2.1 Materiales y equipo**

Para la siguiente práctica se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

Materiales para agregado fino y grueso.

- Muestra de agregado fino de 500 gramos.
- Muestra de agregado grueso, en este caso se utilizó piedra 8 como se establece en la norma ASTM C33.
- Equipo para agregado fino y grueso:
- Balanza legible a 0.1 gramos para agregado fino y legible a 0.5 gramos para agregado grueso.
- Tamices 9.5 mm (3/8 in.), 4.75 mm (No. 4), 2.36 mm (No. 8), 1.18 mm (No. 16), 600  $\mu\text{m}$  (No. 30), 300  $\mu\text{m}$  (No. 50), 150  $\mu\text{m}$  (No. 100), 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) para agregado fino y tamices 12.5 mm (1/2 in.), 9.5 mm (3/8 in.), 4.75 mm (No. 4), 2.36 mm (No. 8) y 1.18 mm (No. 16) para agregado grueso.
- Tamizadora mecánica.
- Horno con temperatura constante a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  [ $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ].

### **3.2.2 Procedimiento y cálculos**

Obtener una muestra de agregado, ya sea fino o grueso, de acuerdo a la práctica D75.

Mezclar la muestra y reducir a una cantidad adecuada para la prueba, la misma debe poseer las masas mínimas proporcionados en la norma ASTM C136-06.

Secar la muestra en el horno (no siempre es necesario hacerlo).

Seleccionar tamices y ordenarlos de mayor a menor apertura.

Agitar los tamices a mano o mediante un aparato mecánico durante un tiempo suficiente, establecido mediante ensayo o controlado por medición en la muestra de ensayo real.

Limitar la cantidad de material en un tamiz para que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del mismo. Se puede evitar o controlar la sobrecarga insertando un tamiz adicional con un tamaño de abertura intermedio entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediato superior, tamizar en porciones o usar tamices con un área de tamizado mayor.

Si se utilizó una tamizadora mecánica, una vez concluido el tiempo propuesto se debe realizar un tamizado manual durante 1 minuto de tal manera que, una vez terminado, no más de 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase.

Calcular los porcentajes pasantes de cada tamiz, porcentajes totales retenidos en cada tamiz, realizar la curva granulométrica, y en el caso de agregado fino el módulo de finura, el cual se encuentra sumando todos los porcentajes retenidos en los tamices mayores en abertura al No. 200 y dividiendo la sumatoria entre 100.

Granulometría y módulo de finura de agregado fino:

Tabla 11 Granulometría agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
3/8 in	9,5	0	0	0	100
#4	4,75	2,5	0,5	0,5	99,5
#8	2,36	68,5	13,73	14,23	85,77
#16	1,18	176	35,27	49,5	50,5
#30	0,6	124,5	24,95	74,45	25,55
#50	0,3	101,5	20,34	94,79	5,21
#100	0,15	24	4,81	99,6	0,4
#200	0,075	1,5	0,3	99,9	0,1
Base		0,5	0,1	100	0
Total		499	100		

Módulo de finura =  $333,07 / 100 = 3,330$

Curva granulometría obtenida en base a los datos de la tabla 11.

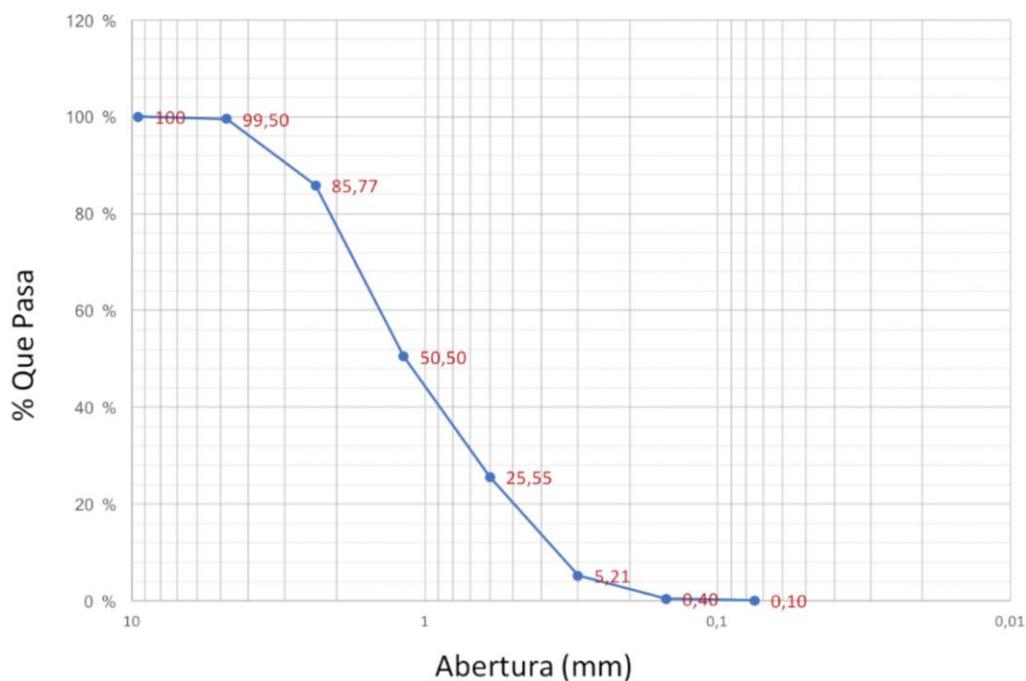


Figura 2 Curva granulométrica agregado fino.  
Fuente: Datos obtenidos de la tabla 11, 2018

Granulometría agregado grueso:

Tabla 12 Granulometría agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
1/2 in	12,5	0	0	0	100
3/8 in	9,5	537,5	10,71	10,71	89,29
#4	4,75	3798,5	75,67	86,38	13,62
#8	2,36	380	7,57	93,95	6,05
#16	1,18	302,5	6,03	99,98	0,02
Base		1	0,02	100	0
Total		5019,5	100		

Curva granulometría obtenida en base a los datos de la tabla 12.

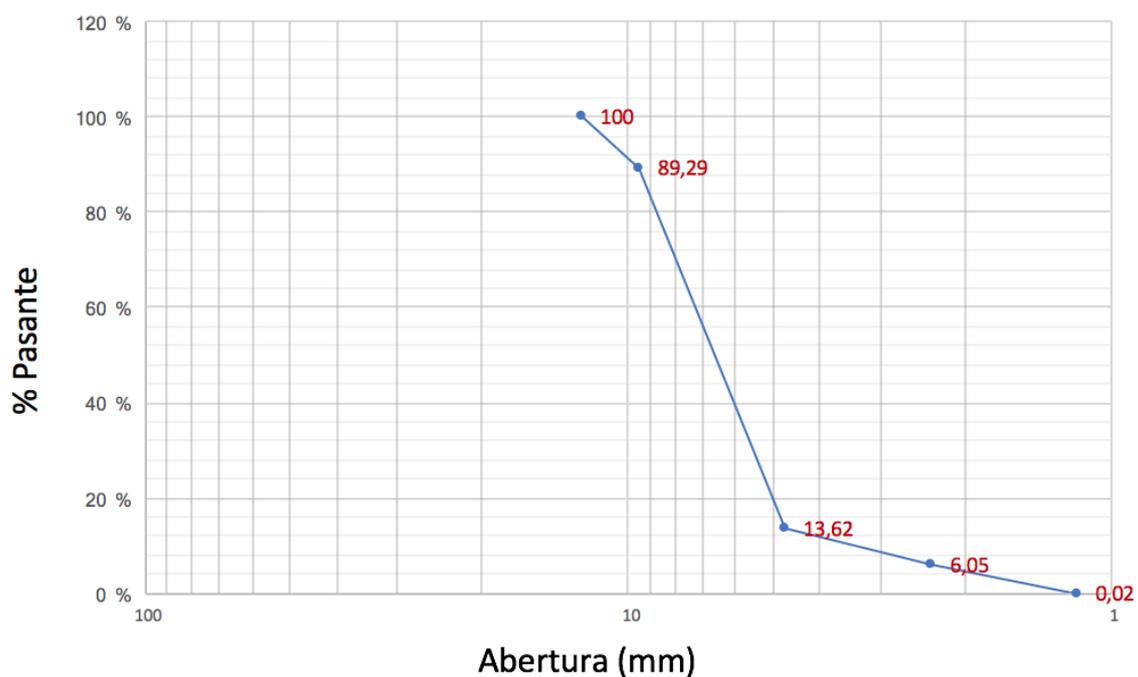


Figura 3 Curva granulométrica agregado grueso.  
Fuente: Datos obtenidos de la tabla 12, 2018

### **3.3 Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado grueso. Norma ASTM C127-12**

Para el siguiente ensayo se utiliza la norma ASTM C127-12 como referencia, la prueba enseña la determinación de la densidad media de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad se expresa en [kg / m<sup>3</sup>] o [lb / ft<sup>3</sup>], se expresa como secado en horno (OD), saturado en superficie seca (SSD) o como densidad aparente. Igualmente, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, esto debido a que las densidades relativas son representadas como el cociente de la masa del agregado con la masa del agua en mismas condiciones de temperatura y presión, se expresa como OD, SSD, o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).

Usando los valores de masa obtenidos, es posible calcular densidad, densidad relativa (densidad específica) y absorción. Para este caso en particular se calculan solo las densidades relativas y la absorción. Para las densidades relativas se denota como: A, masa de la muestra secada al horno [gramos]; B, masa de la muestra en un estado de superficie saturada seca [gramos]; C, masa aparente de la muestra sumergida en agua [gramos].

#### **3.3.1 Materiales y equipo**

Para la siguiente práctica se utilizaron los siguientes materiales y equipo:

Materiales:

- Muestra de agregado grueso de aproximadamente 2000 gramos.

Equipo:

- Balanza, legible a 0.5 gramos.
- Contenedor de muestra y canasta sumergible.
- Tanque de agua.
- Tamiz No. 4
- Horno capaz de mantener una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ].

### 3.3.2 Procedimiento y cálculos

Seleccionar una cantidad adecuada de agregado grueso de acuerdo a la práctica D75.

Desechar todo el material pasante al tamiz No. 4 y usar la masa mínima de material de acuerdo con la norma.

Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ], dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente, hasta que pueda ser manipulada.

Sumergir la muestra en agua durante  $24 \pm 4$  horas para alcanzar la saturación.

Remover la muestra del agua y secar con una toalla o papel absorbente hasta que la capa de agua visible sobre el material quede removida. Las partículas grandes pueden ser secadas individualmente. Una corriente de aire también es permitida para secar, pero se debe evitar la evaporación.

Determinar la masa de la muestra saturada superficialmente seca.

Colocar la muestra en el contenedor sumergido en agua a una temperatura de  $23 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  y determinar la masa, teniendo cuidado de no dejar aire atrapado.

Secar nuevamente la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ], para finalmente determinar su masa seca.

Calcular la densidad relativa (OD), densidad relativa (SSD), densidad relativa aparente y absorción.

Las densidades se calculan de acuerdo a las formulas descritas en la norma ASTM C127-12, para las cuales se establece que A es la masa de la muestra secada al horno, g, B es la masa de la muestra con la superficie satura seca, g, y C es la masa aparente de la muestra saturada en agua, g.

$$\text{Densidad relativa (OD)} = A / (B - C)$$

$$\text{Densidad relativa (OD)} = 1999,0 / (2042,0 - 1350,5)$$

$$\text{Densidad relativa (OD)} = 2,89$$

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = B / (B - C)$$

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = 2042,0 / (2042,0 - 1350,5)$$

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = 2,95$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = A / (A - C)$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = 1999,0 / (1999,0 - 1350,5)$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = 3,08$$

$$\text{Absorción, \%} = [(B - A) / A] * 100$$

$$\text{Absorción, \%} = [(2042,0 - 1999,0) / 1999,0] * 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 2,15\%$$

### **3.4 Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado fino. Norma ASTM C128-12**

Para el siguiente ensayo se utiliza la norma ASTM C128-12 como referencia, el mismo cubre la determinación de la densidad media de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad se puede expresar en [kg / m<sup>3</sup>] o [lb / ft<sup>3</sup>], la cual se expresa como secado en horno (OD), saturado en superficie seca (SSD) o como densidad aparente. Igualmente, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, esto debido a que las densidades relativas son representadas como el cociente de la masa del agregado con la masa del agua en mismas condiciones de temperatura y presión, se expresa como OD, SSD, o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).

Existen dos métodos para calcular las densidades de los agregados finos, volumétricas y gravimétricas, para este ensayo nos vamos a basar en el proceso gravimétrico.

Usando los valores de masa obtenidos, es posible calcular densidad, densidad relativa (densidad específica) y absorción. Para este caso en particular se calcularon solo las densidades relativas y la absorción. Para las densidades relativas se denoto como: A, masa de la muestra secada al horno [gramos]; B, masa del picnómetro lleno de agua [gramos]; C, masa del picnómetro lleno con la muestra y agua [gramos]; S masa de la muestra en estado de superficie saturada seca [gramos].

#### **3.4.1 Materiales y equipo**

Para la siguiente práctica se utilizaron los siguientes materiales y equipo

Materiales:

- Muestra de agregado grueso de aproximadamente 1000 gramos.

Equipo:

- Balanza, capacidad de 1 Kg o más y sensible a 0,1 gramos.
- Picnómetro (para uso con procedimiento gravimétrico), un frasco u otro recipiente adecuado en el cual pueda introducirse la muestra.
- Molde y tamper para la prueba de humedad superficial.
- Un horno capaz de mantener una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ].

### **3.4.2 Procedimiento y cálculos**

Seleccionar el agregado fino de aproximadamente 1 kg.

Colocar la muestra en un contenedor y secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ]; dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente, hasta que pueda ser manipulada. Cubrir con agua y dejar reposar durante  $24 \pm 4$  h.

Decantar el agua evitando la pérdida de agregado fino, para esto se debe extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente la cual puede ser expuesta a una corriente de aire caliente y moverla con frecuencia para asegurar un secado homogéneo. Continúe esta operación hasta que el agregado se aproxime a una condición de flujo libre.

Hacer la primera prueba de humedad superficial cuando todavía hay algo de agua superficial en la muestra de ensayo. Continúe secando con agitación constante y pruebe a intervalos frecuentes hasta que la prueba indique que la muestra ha alcanzado una condición de superficie seca. Si al primer intento la prueba de humedad superficial indica que la superficie se encuentra seca, significa que la misma se ha secado más de la

condición superficie saturada seca. En este caso, mezclar bien unos pocos mililitros de agua con el agregado fino y dejar reposar la muestra en un recipiente cubierto durante 30 min.

Sostenga firmemente el molde cónico sobre una superficie lisa no absorbente con el diámetro grande hacia abajo. Coloque una parte del agregado fino en el molde llenándolo hasta desbordar y amontonando material adicional por encima de la parte superior del molde

Apriete ligeramente el agregado fino en el molde con 25 ligeras caídas del tamper. Comience cada golpe aproximadamente 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Permita que el tamper caiga libremente bajo atracción gravitacional.

Retire la arena suelta de la base y levante el molde verticalmente. Si sigue habiendo humedad superficial, el agregado fino conservará la forma moldeada. Por otro lado, un ligero descenso del agregado fino moldeado indica que ha alcanzado una condición de superficie seca.

Para este caso se utiliza el procedimiento gravimétrico. Llenar parcialmente el picnómetro con agua e introducir  $500 \pm 10$  g de material y llenar con agua hasta aproximadamente el 90% de su capacidad.

Eliminar las burbujas de aire visibles, ya sea mecánica o manualmente. Ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a  $23.0 \pm 2.0$  °C, se puede ayudar por inmersión parcial de agua.

Remover el agregado del picnómetro, secar al horno una temperatura de  $110 \pm 5$  °C [ $230 \pm 9$  °F], se enfría a temperatura ambiente durante  $1 \pm \frac{1}{2}$  h y determine la masa.

Se determina la masa del picnómetro lleno con agua a su capacidad de calibración a  $23.0 \pm 2.0$  °C

Realizar los cálculos de densidades relativas y absorción del agregado fino.

Las densidades se calculan de acuerdo a las formulas descritas en la norma ASTM C128-12, para las cuales se establece que A es la masa de la muestra secada al horno, g, B es la masa del picnómetro lleno con agua, g, C es la masa del picnómetro con la muestra y agua, g, y S es la masa de la muestra con la superficie saturada seca, g.

$$\text{Densidad relativa (OD)} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Densidad relativa (OD)} = 418,5 / (687,0 + 500,5 - 949,5)$$

$$\text{Densidad relativa (OD)} = 1,76$$

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = 500,5 / (687,0 + 500,5 - 949,5)$$

$$\text{Densidad relativa (SSD)} = 2,10$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = A / (B + A - C)$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = 418,5 / (687,0 + 418,5 - 949,5)$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = 2,68$$

$$\text{Absorción, \%} = [(S - A) / A] * 100$$

$$\text{Absorción, \%} = [(500,5 - 418,5) / 418,5] * 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 19,59\%$$

### **3.5 Test estándar para la resistencia de compresión de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C39/C39M-14<sup>a</sup>**

Para el siguiente ensayo se utiliza la norma ASTM C39/C39M-14<sup>a</sup> como referencia, el cual trata sobre la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes de hormigón cilíndricos tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Está limitado a concreto con una densidad superior a 800 kg / m<sup>3</sup> [50 lb / ft<sup>3</sup>].

La prueba consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros o núcleos moldeados a una velocidad que está dentro de un intervalo prescrito hasta que se produce un fallo. La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

#### **3.5.1 Materiales y equipo**

Para la siguiente práctica son necesarios los equipos aquí detallados:

Equipo:

- Prensa hidráulica o máquina de ensayo.
- Cilindros de hormigón, preparados y curados de acuerdo con las prácticas C 32, C 192, C 617 y C 1231 y los Métodos de Ensayo C 42 y C 873.
- Para este caso se usan anillos retenedores de neopreno, de ser necesario también se pueden utilizar tipos de capping.

### 3.5.2 Procedimiento y cálculos

El ensayo de compresión se debe realizar lo antes posible, después de retirar los cilindros de la piscina de curado. Este debe permanecer húmedo inclusive en el momento del ensayo.

Todos los especímenes para una edad de ensayo dada, serán rotos con la tolerancia de tiempo permisible prescritos a continuación:

24 horas  $\pm$  0.5 horas.

3 días  $\pm$  2 horas.

7 días  $\pm$  6 horas.

28 días  $\pm$  20 horas.

90 días  $\pm$  2 días.

Los especímenes no serán ensayados si el diámetro individual de algún cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %.

Ningún extremo del espécimen para ensayo de compresión saldrá de la perpendicularidad al eje por más de 0.5% [aproximadamente equivale a 0.12 pulg. en 12 pulg. (3 mm en 300 mm)] Los extremos del espécimen para ensayo de compresión que difieran del plano en más de 0.002 pulg. (0.50 mm) deberán ser aserradas para reunir la tolerancia, o cabeceadas de acuerdo con la Práctica C 617 o C 1231.

Para el ejemplo práctico de este ensayo se utilizaron anillos retenedores de neopreno.

Se adecua y limpia las caras de los soportes en donde se colocará el cilindro. Si se utiliza anillos retenedores, limpiar las superficies de apoyo del anillo o anillos de retención y se centra las tapas no adheridas en el cilindro. Cuidadosamente alinear el eje

de la muestra con el centro de empuje del bloque asentado, se verifica que el bloque superior se encuentre paralelo.

Se verifica que la máquina de compresión se encuentre en cero y se coloca el espécimen dentro, y antes de aplicar la carga se comprueba que la cara del bloque superior se encuentre paralela con la tapa del cilindro.

Aplicar una carga continua y sin impacto, con una tasa de movimiento correspondiente a una carga de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s.

Aplicar la carga hasta que el cilindro se haya fracturado, comprobamos el tipo de ruptura, para esto se puede observar la Figura 4, se calcula la resistencia a compresión máxima del espécimen, y si es necesario se calcula la densidad.

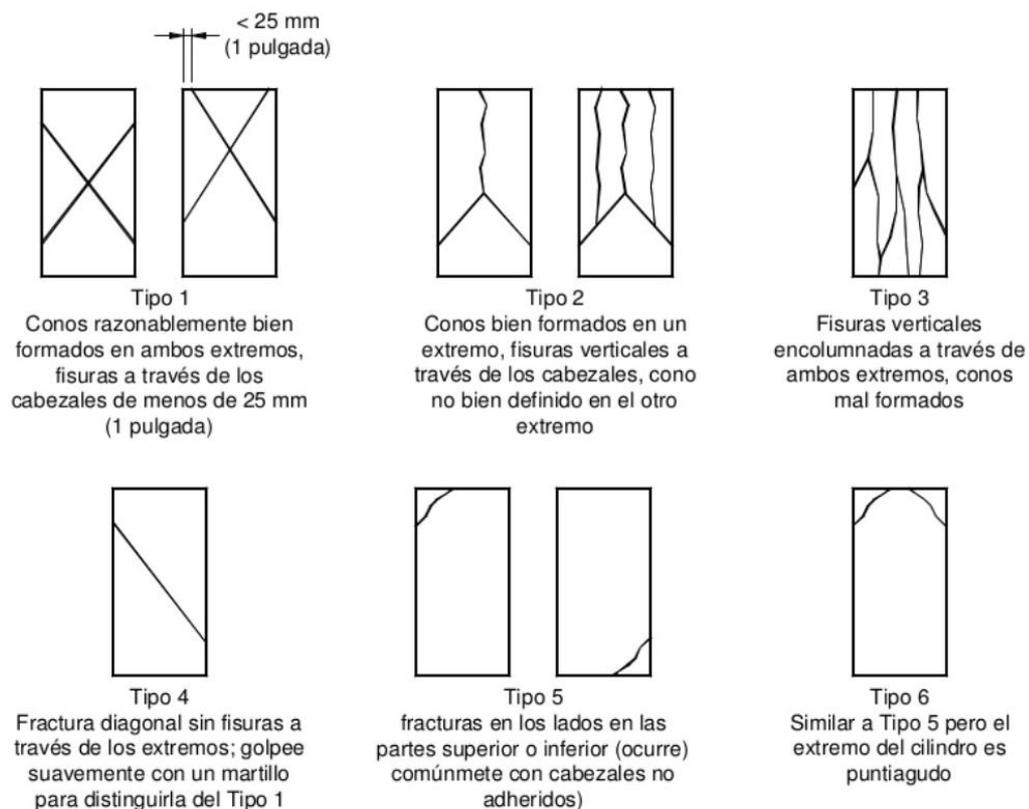


Figura 4 Tipos de fractura.  
Fuente: Norma ASTM C39, 2014

Durante la en ensayo practico se encontró que al cilindro de hormigón se le aplicó una carga máxima de 377,461 kN. También, una resistencia máxima se 48,060 MPa.

La densidad se calcula de acuerdo a las formulas descritas en la norma ASTM C39/C39M-14<sup>a</sup>, para la cual se establece que W es la masa del espécimen, kg, y V es el volumen del espécimen encontrado de acuerdo al diámetro y longitud promedios o por su volumen encontrado por su masa en aire y agua, m<sup>3</sup>.

$$\text{Densidad} = W / V$$

$$V = \pi R^2 h = \pi / 2000 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$W = 3,75 \text{ [kg]}$$

$$\text{Densidad} = 2387,32 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

### **3.6 Test estándar para la resistencia a tracción de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C496/C496M-11**

En el siguiente ensayo se utilizo la norma ASTM C496/C496M-11 como referencia, el mismo que trata sobre la determinación de la resistencia a la tracción de los especímenes de hormigón cilíndricos, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Para este ejemplo práctico se utilizará un cilindro moldeado.

La prueba consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a lo largo de un espécimen de hormigón cilíndrico a una velocidad que está dentro de un intervalo prescrito hasta que se produce un fallo. Esta carga induce tensiones de tracción en el plano que contiene la carga aplicada y tensiones de compresión relativamente altas en el área inmediatamente alrededor de la carga aplicada. El fallo por tracción se produce en lugar de un fallo de compresión debido a que las áreas de aplicación de carga están en

un estado de compresión triaxial, permitiéndoles soportar tensiones de compresión mucho más altas de las que se indicaría mediante un resultado de resistencia a compresión uniaxial.

Para distribuir la carga aplicada a lo largo del cilindro se utilizan bandas finas de cojinetes de madera contrachapada.

### **3.6.1 Materiales y equipo**

Para la siguiente práctica son necesarios los equipos aquí detallados:

Equipo:

- Prensa hidráulica, capacidad 3000 KN.
- Cilindros de hormigón, 100 mm \* 200 mm.
- Barra o placa suplementaria con sus respectivas tiras de rodamiento.

### **3.6.2 Procedimiento y cálculos**

Se obtienen las medidas de diámetro y longitud promedio del cilindro.

Se dibuja una línea diametral en el espécimen para asegurarnos que la misma se encuentre en el mismo plano axial en todo momento. También nos podemos ayudar de un soporte.

Se posiciona la tira de rodamiento auxiliar dentro del soporte y posteriormente se coloca el cilindro verificando que se encuentre centrado.

Se ubica la segunda tira de rodamiento auxiliar para poder colocar la tapa del soporte, se debe comprobar que todo se encuentre alineado para que de esta manera la fuera de tracción se aplique sobre todo el cilindro.

Aplicar una carga continua y sin impacto, con una tasa de movimiento correspondiente a una carga de  $0.7 \pm 1.4$  MPa/s.

Notar el tipo de fractura junto con la carga y resistencia máxima aplicada sobre la muestra.

Se obtuvo una carga máxima de 161,241 kN, con la cual se calcula la resistencia máxima a tracción con la fórmula establecida en la norma ASTM C496/C496M-11, donde se estipula que T es la resistencia a tracción máxima, MPa, P es la carga máxima aplicada, N, l es la longitud, mm, y d es el diámetro, mm.

$$T = 2P / (\pi * l * d)$$

$$T = 5,13 \text{ MPa.}$$

### **3.7 Test estándar para resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con carga central. Norma ASTM C293/C293M-10**

Para el siguiente ensayo se usó la norma ASTM C293/C293M-10 como referente, la práctica trata sobre la determinación de la resistencia a la flexión y módulo de rotura de vigas de hormigón mediante el uso de un pórtico de flexión adecuado con carga de punto central.

Este método se utiliza para determinar el módulo de rotura de los especímenes preparados y curados. La fuerza determinada varía cuando existen diferencias en el tamaño de la muestra, la preparación, la condición de humedad o el curado.

Los resultados de este método de ensayo pueden utilizarse para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como base para las operaciones de dosificación, mezcla y colocación.

### 3.7.1 Materiales y equipo

Para la siguiente práctica son necesarios los equipos aquí detallados:

Equipo:

- Balanza, legible a 0.5 gramos.
- Viga simple, que cumpla con los requerimientos de la practica C31/C31M o C192/C192M.
- Pórtico de flexión con carga central, que cumpla con los requisitos de verificación, las correcciones y el intervalo de tiempo entre las verificaciones de las prácticas E4

### 3.7.2 Procedimiento

El ensayo se debe realizar lo antes posible después de retirar los cilindros de la piscina de curado. Ya que el secado parcial de la viga puede afectar con el módulo de ruptura.

Se calcula la masa de la viga, también se toman medidas de la misma, en tres puntos para después tener un promedio.

Introducimos los datos de la viga en el pórtico de flexión, el cual debe ser capa de aplicar una carga constante y sin impacto que va desde los 0.9 a 1.2 MPa/min

Una vez finalizada la prueba la maquina entregara los datos de resistencia y carga máxima aplicada sobre la viga.

Se obtiene el módulo de ruptura calculando la medida promedio de cualquiera de sus caras fracturadas, para esto se toman medidas a los extremos y una central.

Para esta viga se encontró que su base era de 150 mm, su altura de 150 mm, su longitud de 450 mm, su masa de 22930 gramos y que tenía una edad de 8 días.

La máquina entregó un valor de carga aplicada y resistencia de la viga de 34,43 kN y 6,12 MPa.

Se obtiene su módulo de ruptura con la fórmula estipulada en la norma ASTM C293/C293M-10, donde R es el módulo de ruptura, MPa, P carga máxima aplicada, N, L longitud de la viga, mm, b ancho promedio del espécimen en la ruptura, mm, y d la profundidad promedio del espécimen en la ruptura, mm.

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$R = 13,77 \text{ MPa}$$

### **3.8 Test estándar para resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con tres puntos de carga. Norma ASTM C78/C78M-10<sup>E1</sup>**

Para el siguiente ensayo se utiliza la norma ASTM C78/C78M-10<sup>E1</sup> como referencia, el ensayo cubre la determinación de la resistencia a la flexión de una viga simple de hormigón mediante el uso de tres puntos de carga.

Este método se utiliza para determinar el módulo de rotura de los especímenes preparados y curados. La fuerza determinada varía cuando existen diferencias en el tamaño de la muestra, la preparación, la condición de humedad o el curado.

Los resultados se pueden utilizar para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como base para dosificaciones y mezclas. Se utiliza también para la construcción de losas y pavimentos.

#### **3.8.1 Materiales y equipo necesario**

Para la siguiente práctica son necesarios los equipos aquí detallados:

Equipo:

- Balanza, legible a 0.5 gramos.
- Viga simple, que cumpla con los requerimientos de la practica C31/C31M o C192/C192M.
- Pórtico de flexión con carga a tres puntos, que cumpla con los requisitos de verificación, las correcciones y el intervalo de tiempo entre las verificaciones de las prácticas E4.

### **3.8.2 Procedimiento**

El ensayo se debe realizar lo antes posible después de retirar los cilindros de la piscina de curado. Ya que el secado parcial de la viga puede afectar con el módulo de ruptura.

Se calcula la masa de la viga, también se toman medidas de la misma, en tres puntos para después tener un promedio.

Introducimos los datos de la viga en el pórtico de flexión, el cual debe ser capaz de aplicar una carga constante y sin impacto que va desde los 0.9 a 1.2 MPa/min.

Una vez finalizada la prueba la maquina entregara los datos de resistencia y carga máxima aplicada sobre la viga.

Se obtiene el módulo de ruptura, primero viendo el lugar en donde se realizó la fractura ya que de esto depende como se calculará el mismo. Se calcula la medida promedio de cualquiera de sus caras fracturadas en ambas direcciones.

Para esta viga se encontró que su base era de 150 mm, su altura de 150 mm, su longitud de 450 mm, su masa de 23200 gramos y que tenía una edad de 8 días.

La máquina entregó un valor de carga aplicada y resistencia de la viga de 53,358 kN y 2,37 MPa.

Se obtiene su módulo de ruptura con las formulas estipuladas en la norma ASTM C293/C293M-10, donde R es el módulo de ruptura, MPa, P carga máxima aplicada, N, L longitud de la viga, mm, b ancho promedio del espécimen en la ruptura, mm, y d la profundidad promedio del espécimen en la ruptura, mm.

Para saber que formula se debe utilizar se debe observar en que tercio de la viga se realizó la factura ya que son cálculos diferentes si esta ocurre en el tercio de la mitad o los extremos.

En este ensayo la ruptura ocurrió en el tercio de la mitad por lo que se utiliza la siguiente formula.

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

$$R = 7,11 \text{ MPa}$$

### **3.9 Test estándar módulo de elasticidad y Poisson's para hormigón en compresión. Norma ASTM C469/C469M-14**

Para el siguiente ensayo se utiliza la norma ASTM C469/C469M-14, este método de ensayo cubre la determinación del módulo de elasticidad (Young's) y la relación de Poisson's de cilindros de hormigón y núcleos de hormigón perforado cuando están bajo esfuerzo de compresión.

El ensayo proporciona un valor de relación esfuerzo / deformación y una relación entre la deformación lateral y longitudinal para el hormigón endurecido a cualquier edad y condiciones de curado.

El módulo de elasticidad y los valores de la relación de Poisson's, aplicables dentro del rango habitual de tensiones de trabajo (0 a 40% de la resistencia final del hormigón), se utilizan en el dimensionamiento de elementos estructurales reforzados y no reforzados, estableciendo la cantidad de refuerzo.

Los valores de módulo de elasticidad obtenidos normalmente serán inferiores a los módulos derivados de la aplicación de carga rápida (velocidades dinámica o sísmica), y normalmente serán mayores que los valores en aplicación de carga lenta o duración de carga extendida.

### **3.9.1 Materiales Y Equipo Necesario**

Equipo:

- Prensa hidráulica, capacidad 3000 KN.
- Cilindros de prueba de hormigón.
- Compresometro, para determinar el modulo de elasticidad
- Extensómetro, para calcular la relación Poisson's.

### **3.9.2 Procedimiento.**

La temperatura en la que se encuentra el espécimen no debe variar más de 2°C durante el ensayo

Se rompe al menos dos cilindros de prueba para establecer y comprobar la carga máxima a la que este puede ser sometido, de acuerdo a la práctica C39/C39M.

Se toma las medidas del cilindro, tomando su diámetro promedio tomado en 2 direcciones perpendiculares.

Colocar el compresor metro y extensómetro en el siguiente cilindro de prueba, con las medidas estipuladas en la norma. También, se coloca el cilindro en la prensa y conectamos los aparatos a la misma.

Se carga el espécimen al menos tres veces. En la cual no se tomará ningún dato durante la primera carga, pero se basa los cálculos en el promedio de los resultados de las subsecuentes cargas.

Para una maquinaria hidráulica se aplica la carga a una tasa constante dentro del rango de  $250 \pm 50$  hPa/s [ $35 \pm 7$  psi/s]. Se carga el espécimen con el 40% de la resistencia máxima al menos dos veces de realizar la prueba final.

Seleccionamos el ciclo de trabajo y empezamos con el ensayo.

Se encontró que la carga máxima para este ensayo es de 267,367 kN, la resistencia máxima es de 15,045 MPa, módulo axial de 24,427 GPa, módulo lateral 123,240 GPa, y coeficiente de Poisson de 0,198.

Se obtuvo el siguiente gráfico de resultado, en el cual se puede observar de color naranja la gráfica carga / tiempo (4 ciclos), en verde la gráfica carga / deformación axial, y en azul la gráfica carga / deformación lateral.

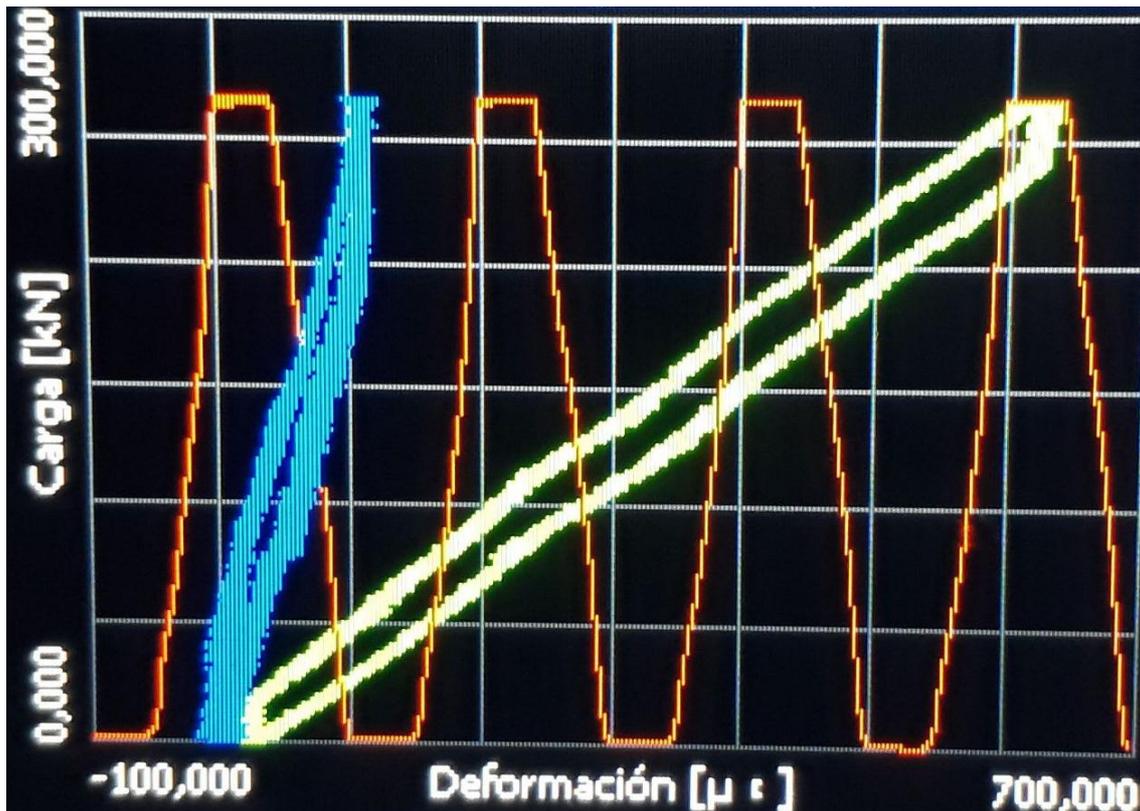


Figura 5 Resultado ensayo ASTM C78/C78M.  
Fuente: fotografía tomada de la máquina de ensayo, 2017

### 3.10 Formularios y reportes de ensayos

Como parte del trabajo de titulación, también se realizaron formularios de reporte de cada ensayo, en los cuales se plantea una breve descripción de las instrucciones del ensayo, se indicará al estudiante lo que debe reportar al final del ensayo, y se espera que el estudiante realice los cálculos pertinentes y escriba los resultados.

## CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

### 4.1 Conclusiones

1. Luego de realizadas los formularios basados en la normativa ASTM, se pudo establecer que su aplicación puede mejorar la calidad del hormigón, por lo que sería muy importante que el ingeniero civil se familiarice con la mencionada normativa.
2. Se concluye que existe la necesidad de mantener actualizado al profesional de ingeniería civil respecto a las normativas internacionales de calidad en la construcción, para que su capacitación se vea reflejada en la eficacia de su obra.
3. La exposición de videos explicativos refleja un aprendizaje significativo respecto a la realización de ensayos, lo que redundará en el conocimiento del estudiante de laboratorio y al profesional.
4. Los formularios para la ejecución de los ensayos del laboratorio se realizaron de la manera más simple posible, de tal manera que puedan ser comprendidos por todos los usuarios.
5. Se debe conocer y comprender las normas técnicas estipuladas al pie de la letra para realizar los ensayos y no presentar ningún fallo, ya sea en el proceso o en los resultados.
6. Los videos realizados se encontrarán en una plataforma virtual la cual estará al alcance de todos los usuarios que deseen beneficiarse de los mismos, principalmente los estudiantes de ingeniería civil y profesionales.

## Anexo B Formularios de ensayo

1. Formulario resistencia a degradación por abrasión en la Máquina de los Ángeles.  
Norma ASTM C131/C131M-14

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Resistencia a degradación por abrasión en la Máquina de los Ángeles. Norma ASTM C131/C131M-14</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	Obtener la muestra de ensayo de acuerdo con la practica D75, y reducirla de acorde con la practica C702.
2.	Lavar la muestra y secar en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ] para una masa constante.
3.	Separar la muestra en fracciones y recombinar como se muestra en la tabla 1 de la norma.
4.	Cargar la maquina con la muestra con la carga (esferas metálicas) y girar la maquina a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones.
5.	Extraer el material de la máquina y pasar la muestra por el tamiz No. 12.
6.	Lavar la muestra en el tamiz No. 12 y secar en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ [ $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ] para una masa constante.
7.	Calcular la pérdida de masa como porcentaje de la masa original de la muestra.
	$\% \text{ Perdida} = [(C/Y) / C] * 100$
	Donde C es la masa original [gramos]
	Y es la masa final de la muestra [gramos]
<b>Reporte</b>	
1.	Identificación del agregado fuente, tipo, tamaño nominal máximo.
2.	Gradación de muestra (tabla 1 de la norma).
3.	% Perdida por abrasión e impacto de la muestra expresado al 1% mas cercano de la masa.
<b>Resultados</b>	

## 2. Formulario análisis de tamizado para agregado fino. Norma ASTM C136-06.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Análisis de tamizado para agregado fino. Norma ASTM C136-06</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	Obtener una muestra de agregado fino, de acuerdo con la practica D75 y adecuar conforme el agregado.
2.	Mezclar la muestra y reducir a una cantidad adecuada para la prueba, la misma debe poseer los tamaños mínimos de muestra proporcionados en la norma.
3.	Secar la muestra en el horno (no siempre es necesario hacerlo).
4.	Seleccionar tamices con aberturas adecuadas para la practica conforme dicte la norma.
5.	Anidar los tamices en orden de tamaño decreciente de apertura de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior.
6.	Agitar los tamices a mano o mediante un aparato mecánico durante un tiempo suficiente.
7.	Limitar la cantidad de material en un tamiz determinado para que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz.
8.	Realizar tamizado manual durante 1 minuto para comprobar que la practica se realizo de buena manera.
<b>Reporte</b>	
1.	Porcentaje total pasante cada tamiz.
2.	Porcentaje total retenido en cada tamiz.
3.	Módulo de finura.
<b>Resultados</b>	

## 3. Formulario análisis de tamizado para agregado grueso. Norma ASTM C136-06.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Análisis de tamizado para agregado grueso. Norma ASTM C136-06</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	Obtener una muestra de agregado grueso, de acuerdo con la practica D75 y adecuar conforme el agregado.
2.	Mezclar la muestra y reducir a una cantidad adecuada para la prueba, la misma debe poseer los tamaños mínimos de muestra proporcionados en la norma.
3.	Secar la muestra en el horno (no siempre es necesario hacerlo).
4.	Seleccionar tamices con aberturas adecuadas para la practica conforme dicte la norma.
5.	Anidar los tamices en orden de tamaño decreciente de apertura de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior.
6.	Agitar los tamices a mano o mediante un aparato mecánico durante un tiempo suficiente.
7.	Limitar la cantidad de material en un tamiz determinado para que todas las partículas tengan la oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz.
8.	Realizar tamizado manual durante 1 minuto para comprobar que la practica se realizo de buena manera.
<b>Reporte</b>	
1.	Porcentaje total pasante cada tamiz.
2.	Porcentaje total retenido en cada tamiz.
3.	
<b>Resultados</b>	

4. Formulario test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado fino. Norma ASTM C128-12.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado fino. Norma ASTM C128-12</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	Obtener una muestra de agregado grueso, de acuerdo con la practica D75 y obtener 1Kg, despues colocar la muestra en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
2.	Sacar la muestra del horno y dejar enfriar, se cubre la muestra con agua durante $24 \pm 4$ h.
3.	Decantar el agua evitando la perdida de finos, extendemos la muestra sobre un contenedor de material no absorbente.
4.	Secamos la muestra hasta alcanzar un estado de superficie saturada seca.
5.	Colocar la muesra dentro del molde y apisonar 25 veces, retiramos el cono y se sabra que el agregado esta listo cuando el mismo presente desmoronamiento
6.	Introducimos en la probeta tarada 500 gramos de agregado, llenamos de agua y eliminamos las burbujas de aire.
7.	Llevamos la muestra a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Despues obtenemos la masa total de la probeta, muestra y agua.
8.	Remover el agregado fino de la probeta y secamos en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
9.	Sacamos la muestra del horno, enfriamos y determinamos la masa de la muestra
10.	Tambien determinar la masa de la probeta llena a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
	Densidad Relativa (OD)= $A/(B+S-C)$ A= Masa de la muestra seca en aire.
	Densidad Relativa (SSD)= $S/(B+S-C)$ B= Masa del picnómetro lleno con agua.
	Densidad Relativa Aparente= $A/(B+A-C)$ C= Masa picnómetro con la muestra y agua.
	Absorción % = $[(S-A)/A] \times 100$ S= Masa de la muestra en superficie saturada seca en aire.
<b>Reporte</b>	
1.	Densidad relativa (OD), Densidad relativa (SSD), Densidad relativa aparente. Reporte los resultados de densidades relativas lo mas cercanos a 0,01
2.	Absorción %, lo mas cercano a 0,1%
3.	
<b>Resultados</b>	

5. Formulario Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado grueso. Norma ASTM C127-12.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Test estándar para densidad, gravedad específica, y absorción de agregado grueso. Norma ASTM C127-12</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	Seleccionar una cantidad adecuada de agregado grueso y desechar todo el material pasante al tamiz No. 4.
2.	Secar la muestra en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ [ $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ], dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente y sumergir la muestra en agua durante $24 \pm 4$ horas.
3.	Remover la muestra del agua y secar con una toalla o papel absorbente hasta que la capa de agua visible sobre el material quede removida.
4.	Determinar la masa de la muestra saturada superficialmente seca.
5.	Colocar la muestra en el contenedor sumergido en agua a una temperatura de $23 \pm 2.0^\circ\text{C}$ y determinar la masa
6.	Secar nuevamente la muestra en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ [ $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ], para finalmente determinar su masa seca.
	Densidad Relativa (OD)= $A/(B-C)$ A= Masa de la muestra seca en aire.
	Densidad Relativa (SSD)= $B/(B-C)$ B= Masa de la muestra en superficie saturada seca en aire.
	Densidad Relativa Aparente= $A/(A-C)$ C= Masa aparente de la muestra saturada en agua.
	Absorción % = $[(B-A)/A] \times 100$
<b>Reporte</b>	
1.	Densidad relativa (OD), Densidad relativa (SSD), Densidad relativa aparente. Reporte los resultados de densidades relativas lo mas cercanos a 0,01
2.	Absorción %, lo mas cercano a 0,1%
3.	
<b>Resultados</b>	

6. Formulario resistencia de compresión de un espécimen cilíndrico de hormigón.  
Norma ASTM C39/C39M-14<sup>a</sup>.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Resistencia de compresión de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C39/C39M-14<sup>a</sup></b> Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	El ensayo de compresión se debe realizar lo antes posible, después de retirar los cilindros de la piscina de curado.
2.	Verificar si se cumplen los parámetros de planicidad y perpendicularidad con el eje
3.	Calcular el diámetro del cilindro lo más cercano a 0,25mm. promediando dos medidas tomadas en ángulo recto aproximadamente en la mitad del espécimen. La altura del espécimen se la encuentra lo más cercana a 1mm. tomada en 3 partes separadas equitativamente y se promedia.
4.	Se adecua y limpia las caras de los soportes en donde se colocará el cilindro. Si se utiliza anillos retenedores, limpiar las superficies de apoyo del anillo o anillos de retención y centre la o las tapas no adheridas en el cilindro. Cuidadosamente alinear el eje de la muestra con el centro de empuje del bloque asentado.
5.	Se verifica que la máquina de compresión se encuentre en cero y se coloca el espécimen dentro, y antes de aplicar la carga se comprueba que la cara del bloque superior se encuentre paralela con la tapa del cilindro.
6.	Aplicar una carga continua y sin impacto, con una tasa de movimiento correspondiente a una carga de $0.25 \pm 0.05$ MPa/s.
7.	Aplicar la carga hasta que el cilindro se haya fracturado, comprobamos el tipo de ruptura
<b>Reporte</b>	
1.	Tipo de ruptura.
2.	Resistencia a compresión máxima del espécimen lo mas cercana a 0,1 Mpa [10 psi].
3.	Si es necesario se calcula la densidad.
<b>Resultados</b>	

7. Formulario resistencia a tracción de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C496/C496M-11.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Resistencia a tracción de un espécimen cilíndrico de hormigón. Norma ASTM C496/C496M-11</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
Instrucciones.	
1.	Se obtienen las medidas de diámetro y longitud promedio del cilindro.
2.	Se dibuja una línea diametral en el espécimen para asegurarnos que la misma se encuentre en el mismo plano axial en todo momento. También nos podemos ayudar de un soporte.
3.	Se posiciona la tira de rodamiento auxiliar dentro del soporte y posteriormente se coloca el cilindro verificando que se encuentre centrado.
4.	Se ubica la segunda tira de rodamiento auxiliar para poder colocar la tapa del soporte, se debe comprobar que todo se encuentre alineado para que de esta manera la fuera de tracción se aplique sobre todo el cilindro.
5.	Aplicar una carga continua y sin impacto, con una tasa de movimiento correspondiente a una carga de $0.7 \pm 1.4$ MPa/s.
6.	
7.	
Reporte	
1.	Tipo de fractura.
2.	Carga y resistencia máxima.
3.	Esfuerzo de tensión por partidura calculado con aproximación de 5 psi (35 KPa)
Resultados	

8. Formulario resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con carga central.  
Norma ASTM C293/C293M-10.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con carga central. Norma ASTM C293/C293M-10</b>	
Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
<b>Instrucciones.</b>	
1.	El ensayo se debe realizar lo antes posible después de retirar las vigas de la piscina de curación. Ya que el secado parcial de la viga puede afectar con el módulo de ruptura.
2.	Se calcula la masa de la viga, también se toman medidas de la misma, en tres puntos para después tener un promedio.
3.	Introducimos los datos de la viga en el pórtico de flexión, el cual debe ser capaz de aplicar una carga constante y sin impacto que va desde los 0.9 a 1.2 MPa/min.
4.	Una vez finalizada la prueba la maquina entregara los datos de resistencia y carga máxima aplicada sobre la viga.
<b>Reporte</b>	
1.	Módulo de ruptura.
2.	
3.	
<b>Resultados</b>	

9. Formulario Resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con tres puntos de carga. Norma ASTM C78/C78M-10E1.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Resistencia a flexión de una viga simple de hormigón con tres puntos de carga. Norma ASTM C78/C78M-10E1</b> Nombre del Estudiante: <span style="float: right;">Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.</span>	
Instrucciones.	
1.	El ensayo se debe realizar lo antes posible después de retirar las vigas de la piscina de curación. Ya que el secado parcial de la viga puede afectar con el módulo de ruptura.
2.	Se calcula la masa de la viga, también se toman medidas de la misma, en tres puntos para después tener un promedio.
3.	Introducimos los datos de la viga en el pórtico de flexión, el cual debe ser capa de aplicar una carga constante y sin impacto que va desde los 0.9 a 1.2 MPa/min.
4.	Una vez finalizada la prueba la maquina entregara los datos de resistencia y carga máxima aplicada sobre la viga.
Reporte	
1.	Módulo de ruptura.
2.	
3.	
Resultados	

10. Formulario Test estándar módulo de elasticidad y Poisson's para hormigón en compresión. Norma ASTM C469/C469M-14.

 <b>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO</b> <b>EL POLITÉCNICO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>Test estándar módulo de elasticidad y Poisson's para hormigón en compresión. Norma ASTM C469/C469M-14</b> Nombre del Estudiante: Diego Yaroslaf Benítez Rodríguez.	
Instrucciones.	
1.	Se rompe dos cilindros de prueba para determinar el esfuerzo a compresión que este puede ser sometido. De acuerdo a la practica C39.
2.	Se toma las medidas del cilindro, tomando su diámetro promedio tomado en 2 direcciones perpendiculares en el centro.
3.	Colocar el compreso metro y extensómetro en el siguiente cilindro de prueba, con las medidas estipuladas en la norma.
4.	Colocamos el cilindro en la prensa y conectamos los aparatos a la prensa.
5.	Se carga el espécimen con el 40% de la resistencia máxima al menos ter veces, la primera es posicionamiento.
6.	Seleccionamos el ciclo de trabajo y empezamos con el ensayo.
Reporte	
1.	Carga a las 50 microstrains.
2.	Carga al 40% de la carga última esperada delos cilindros gemelos.
3.	Módulo de elasticidad
Resultados	

**Anexo C: Videos**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADMET. (2010, 17 de Mayo). Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression - ASTM C469. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=iCWsDHhbi9g>

Aggregate industries. (2016, 1 de Febrero). Fragmentation Testing of Aggregates (Los Angeles Test). [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=cZ4am1vjtrs>

ASTM Standard. C33 (2013) Standard Specification for Concrete Aggregates. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C39 (2014) Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C78 (2010) Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C127 (2012) Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C128 (2012) Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C131 (2014) Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C136 (2006) Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C293 (2010) Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading). West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C469 (2014) Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. West Conshohocken : ASTM Internacional.

ASTM Standard. C496 (2011) Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. West Conshohocken : ASTM Internacional.

CCANZ. (2016, 5 de Febrero). Flexural Tensile Strength Test - Hardened Concrete. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=n8hn-1KR1Yc>

- CONTROLS Group. (2015, 2 de Marzo). How to determinate Elastic Modulus on concrete cylinder according to EN 12390-13. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=T5DAuXOtrqY&list=PL0o43rjOIK-Vq7GiHTyy0bSvDXxQiQgZD>
- FIUSAC. (2013, 18 de Febrero). Ensayo a compresión de probetas normalizadas de concreto según norma ASTM-C-39. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=PqTzsN4nz-4>
- FUIBA. (2013, 15 de Agosto). Ensayo de Rotura a Tracción por Compresión Diametral FIUBA. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=dOVBgAg8wKE>
- INEC. (22 de 07 de 2015). *Hormigones* . Obtenido de [http://www.normalizacion.gov.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/07/nte\\_in\\_en\\_1855-1.pdf](http://www.normalizacion.gov.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/07/nte_in_en_1855-1.pdf)
- Apple. (2018). Plataforma de iMovie. Recuperado de: <https://www.apple.com/la/imovie/>
- Matt O'Reilly. (2012, 2 de Agosto). Split Cylinder Testing (ASTM C496). [Video file]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=m\\_\\_bAeHLwvQ](https://www.youtube.com/watch?v=m__bAeHLwvQ)
- TechTraining llc. (2014, 19 de Abril). AASHTO T85 ASTM C127. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=B3GEtVn0nz8>
- TechTraining llc. (2014, 19 de Abril). AASHTO T84 ASTM C128. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=yiQ4AjBui8E>
- TechTraining llc. (2014, 19 de Abril). AASHTO T27 ASTM C136. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=GPKQQZ2rbvs>
- TechTraining llc. (2015, 30 de Marzo). ASTM C39 2015. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Pz2vbiqNP-E>
- UMSA. (2008, 15 de Septiembre). Desgaste de Agregados - Máquina los Ángeles. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6WkKg9r7svc>
- Universidad José Carlos Mariátegui. (2014, 6 de Noviembre). ENSAYO ASTM C-127 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=KiVC2-lbawA>
- Universidad Técnica Particular de Loja. (2015, 20 de Enero). Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos ASTM C 136. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=2hiC26pQTo4>
- Universidad Técnica Particular de Loja. (2008, 20 de Octubre). VASTM C 78. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=40PdoMc1oLI>
- Universidad Técnica Particular de Loja. (2008, 8 de Octubre). ASTM C 128. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=b-HPgisXhGI>

Urbanecivil0. (2010, 8 de Junio). Complete beam testing with point load at centre by wasim. [Video file]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=pPbt6IRRZoM>

UTPL . (18 de 10 de 2017). *Técnicas de Pruebas de resistencia* . Obtenido de [https://educacioncontinua.utpl.edu.ec/sites/default/files/files/EC\\_tecnico\\_pruebas\\_resistencia\\_octubre\\_2017.pdf](https://educacioncontinua.utpl.edu.ec/sites/default/files/files/EC_tecnico_pruebas_resistencia_octubre_2017.pdf)

Vitruvio, M. (2015). *Los diez libros de arquitectura*. Colombia: Universidad de Antioquia.