



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTROL DE LA CALIDAD EN HORMIGONES CON MÉTODOS
DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN COLUMNAS Y VIGAS

ESTRELLA AGUIRRE MICHAEL MARCELO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTROL DE LA CALIDAD EN HORMIGONES CON MÉTODOS
DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN COLUMNAS Y VIGAS

ESTRELLA AGUIRRE MICHAEL MARCELO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

CONTROL DE LA CALIDAD EN HORMIGONES CON MÉTODOS DESTRUCTIVOS
Y NO DESTRUCTIVOS EN COLUMNAS Y VIGAS

ESTRELLA AGUIRRE MICHAEL MARCELO
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 28 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
28 de febrero de 2023

MICHAEL ESTRELLA

por Michael Estrella

Fecha de entrega: 22-feb-2023 12:54p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020571285

Nombre del archivo: MICHAEL_ESTRELLA.docx (1.94M)

Total de palabras: 4505

Total de caracteres: 23063

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

El que suscribe, ESTRELLA AGUIRRE MICHAEL MARCELO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado CONTROL DE LA CALIDAD EN HORMIGONES CON MÉTODOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN COLUMNAS Y VIGAS, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

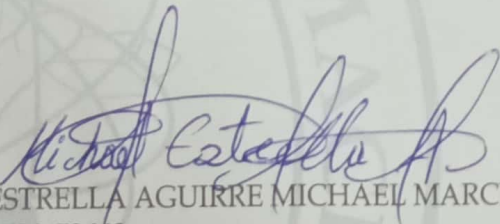
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

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

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

Machala, 28 de febrero de 2023


ESTRELLA AGUIRRE MICHAEL MARCELO
0706453669

MICHAEL ESTRELLA

por Michael Estrella

Fecha de entrega: 22-feb-2023 12:54p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020571285

Nombre del archivo: MICHAEL_ESTRELLA.docx (1.94M)

Total de palabras: 4505

Total de caracteres: 23063

MICHAEL ESTRELLA

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

fr.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

2

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

moam.info

Fuente de Internet

1%

4

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

5

www.yumpu.com

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía

Activo

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría para lograr mis metas soñadas, sobre todas las cosas buenas y malas que pasan en mi vida, y haberme otorgado una maravillosa familia quienes amo con toda mi vida y son: mi mama Miriam Elizabeth Aguirre Murgueitium y mis sobrinas Aylin García, valentina Espinoza y mi hermana Andrea estrella que siempre confiaron en mí.

Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amada madre, hermana y sobrinas.

Agradecimiento incondicional sobre todo a mi mentor Ing. Paul Cabrera, que ha sido mi guía de desarrollo del proyecto y donde quiera que vaya, llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos.

Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.”

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a mi familia. Principalmente, a mi madre, hermana y sobrinas que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento. A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

RESUMEN

El presente trabajo investigativo, está direccionado en base a la experimentación de un diseño de hormigón mediante ensayos de laboratorio, con materiales extraídos en Cantera Tuco León del Río Jubones del cantón Pasaje, cuyo objetivo es cumplir la resistencia de columnas y vigas, con los siguientes valores: $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ las cuales están establecidas en las normas NTE e INEN.

En el presente proyecto se realizaron 3 probetas de columnas y 3 probetas para las respectivas vigas, sus dimensiones para cada probeta son las siguientes de 15*20*75mm.

Se realizó los siguientes ensayos; de granulometría de agregado grueso (grava) y agregado fino (arena), método de abrasión con la máquina de los ángeles 3/4, ensayo densidad del cemento Guapan norma ASTM C188-03, densidad específica de los agregados finos y gruesos, peso volumétrico suelto de fino y grava, peso volumétrico varillado. Con el propósito de obtener la dosificación adecuada de materiales, bajo la relación de: cemento, ripio, arena y agua, para columnas y vigas.

Realizado el diseño, se aplicó los métodos destructivos: extracción de núcleo y compresión, del mismo modo, los métodos no destructivos como: esclerómetro. En definitiva, constatar que el diseño de hormigón (columnas y vigas), sean aptos para el funcionamiento y cumplan con los requisitos que imponen las normativas ecuatorianas de construcción.

Como resultado, no es factible el uso del esclerómetro porque no da valores con exactitud ya que puede ser por el mal uso del equipo, para la utilización del método de compresión se debe tener en cuenta la dosificación de los materiales ya que eso puede variar los resultados en resistencia a los 7 -14 días, del curado de hormigón.

Palabras claves: Control de la calidad, diseño de hormigón, vigas, columnas, método destructivo y método no destructivo.

ABSTRAC

The present investigative work is directed based on the experimentation of a concrete design through laboratory tests, with materials extracted in the Tuco León quarry from the Jubones River in the Pasaje canton, whose objective is to meet the resistance of columns and beams, with the following values: $f_c = 210$; $f_c = 240$; $f_c = 280$ $[[\text{kg/cm}]]^2$ which are established in the NTE and INEN standards.

The following tests were carried out; granulometry of coarse aggregate (gravel) and fine aggregate (sand), abrasion method with the Los Angeles 3/4 machine, Guapan cement density test, ASTM C188-03 standard, specific density of fine and coarse aggregates, volumetric weight loose fine and gravel, rodded volumetric weight. With the purpose of obtaining the adequate dosage of materials, under the relationship of: cement, gravel, sand and water, for beams and columns.

Once the design was done, destructive methods were applied: core extraction and compression, in the same way, non-destructive methods such as: sclerometer. In short, verify that the concrete design (columns and beams) are suitable for operation and meet the requirements imposed by Ecuadorian construction regulations.

As a result, the use of the sclerometer is not feasible because it does not give exact values since it may be due to the misuse of the equipment. For the use of the compression method, the dosage of the materials must be taken into account since this can vary the results in resistance at 7 -14 days, after concrete curing.

Keywords: Quality control, concrete design, beams, columns, destructive method and non-destructive method.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
ABSTRAC	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE GRÁFICAS	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
INTRODUCCIÓN	8
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO	10
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	10
1.2.2 <i>Objetivo específicos</i>	10
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO TÉCNICO.	11
2. DESARROLLO	11
2.1 MARCO TEÓRICO	11
2.1.1 <i>Control de la calidad en hormigones</i>	11
2.1.2 <i>Columnas y vigas</i>	12
2.1.3 <i>Métodos destructivos y no destructivos en columnas y vigas.</i>	13
2.1.4 <i>Ubicación de la Zona de estudio</i>	16
2.1.5 <i>Localización de la Cantera</i>	16
2.2 PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS DE LABORATORIO.	16
2.2.1 <i>Procedimiento 1- 2</i>	16
2.2.2 <i>Procedimiento 3</i>	17
2.2.3 <i>Procedimiento 4</i>	17
2.2.4 <i>Procedimiento 5 – 6</i>	17
2.2.5 <i>Procedimiento 7 - 8</i>	18
2.2.6 <i>Procedimiento 9</i>	18

2.2.7 Procedimiento 10	18
2.2.8 Procedimiento 11	18
2.2.9 Procedimiento 12	19
2.3 PREFACTIBILIDAD	19
2.4 FACTIBILIDAD	19
2.5 IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN VIABLE PARA SU DISEÑO.	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXOS	23
ANEXO 1: RESULTADOS	23
ANEXO 2: ENSAYOS	30
<u>A.</u> Granulometría	30
<u>B.</u> Desgaste de los materiales mediante la Máquina de los Ángeles	31
<u>C.</u> Densidad	31
<u>D.</u> Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Varillado de la grava.	33
<u>E.</u> Densidad del cemento Guapan TIPO GU	34
<u>F.</u> Contenido de humedad de los agregados antes de realizar la mezcla “colado”	35
<u>G.</u> Hormigón $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280$ <u>kg/cm²</u> para las columnas y vigas	36
<u>H.</u> Ensayo de esclerómetro	37
<u>I.</u> Extracción de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión	43
<u>J.</u> Resistencia a la compresión $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280$ <u>kg/cm²</u>	44
ANEXO 3: CÁLCULOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	50
<u>1.</u> Datos de los cilindros $fc=210$	50
<u>2.</u> Datos de los cilindros $fc=240$	51
<u>3.</u> Datos de los cilindros $fc=280$	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2: Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura.	15
Tabla 3: Especificaciones para la abrasión	15
Tabla 4: Relación agua/cemento con su resistencia adecuada.	20
Tabla 5: Análisis Granulometría de la arena	23
Tabla 6: Análisis del Tamizado ASTM C33	23
Tabla 7: Laboratorio de suelos y pavimentos	24
Tabla 8: Método de abrasión con la máquina de los Ángeles 3/4	25

Tabla 9: Ensayo densidad del cemento Norma ASTM C188-03	26
Tabla 10: Densidad específica de los agregados finos	26
Tabla 11: Densidad específica del agregado grueso	27
Tabla 12: Cálculo de masa unitaria suelta de arena	28
Tabla 13: Cálculo de masa unitaria de la grava suelta	28
Tabla 14: Cálculo de masa unitaria varillada grava	28
Tabla 15: Contenido de Humedad de la grava	29

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Curva Granulométrica de Agregado fino	24
Gráfica 2: Tamices	25

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Cantera Tuco León	16
Ilustración 2: Ensayo de Granulometría	30
Ilustración 3: Cuarteo de las muestras	30
Ilustración 4: Tamizado del material	30
Ilustración 5: Número de bolas a utilizar	31
Ilustración 6: Máquina de los Ángeles	31
Ilustración 7: Tamizado del material	31
Ilustración 8: Material pasante	31
Ilustración 9: Gravedad específica y absorción de los agregados	31
Ilustración 10: Secado después de las 24h.	32
Ilustración 11: Material sumergido 24h.	32
Ilustración 12: Pesado de canastillas	32
Ilustración 13: Material en el horno/24h.	32
Ilustración 14: Enrasado del material	33
Ilustración 16: Peso del agregado grueso	33
Ilustración 15: Varillado del material cada tercio	33
Ilustración 16: Peso del cemento	34
Ilustración 17: Muestras de agregados	35
Ilustración 18: Agregados a temperatura alta	35
Ilustración 19: Colado	36
Ilustración 20: Dosificación	36

Ilustración 21: Probetas rectangulares	36
Ilustración 22: Curado de probetas	36
Ilustración 23: Extracción de las muestras	43

INTRODUCCIÓN

El control de la calidad es una concepción que se da desde la antigüedad, regida por códigos o reglas estrictas que surgieron por los errores humanos, con el trayecto del tiempo se establecieron estándares fijos y se optó por la utilización de instrumentos de medición. En definición, es un cúmulo de actividades que verifican el cumplimiento de requisitos y detectan posibles errores por intermedio de métodos útiles que evalúan la calidad. Los métodos no destructivos en el hormigón garantizan la resistencia de las estructuras, permite determinar las propiedades físicas y químicas, sin embargo, los métodos destructivos modifican la estructura y genera daños endebles.

El contexto social actual se caracteriza por la innovación, como resultado de la búsqueda por cubrir las necesidades de los individuos, el desarrollo de la humanidad ha alcanzado grandes brechas a lo largo de la historia generando cambios en diferentes ámbitos. A mediados del siglo XIX, empezaron a construirse viviendas y edificios de hormigón armado, posteriormente se realizaron los primeros estudios con la finalidad de determinar su versatilidad en técnicas y acabados, que garanticen la durabilidad del hormigón frente a las demandas de la época [1].

Con la finalidad de obtener resultados eficientes para el control de la calidad, la presente investigación esta direccionada en base a los métodos no destructibles y métodos destructibles en columnas y vigas, con el uso de materiales como: arena y grava triturada, proveniente de la Cantera Beltrán del Rio Jubones de la ciudad de Pasaje, adicionalmente cemento marca Guapan tipo HE, para la realización de ensayos.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Contextualización y descripción del problema

La búsqueda por garantizar la unión de estructuras en edificaciones y viviendas, en la actualidad, ha conllevado a un sin número de investigaciones, además de eso, se realizan análisis de laboratorio, para que las viviendas no colapsen por la falta de profesionalismo en zonas urbanas y rurales. Los diseños de hormigón de vigas y columnas, brindan el soporte de una infraestructura, sin embargo, uno de los desafíos que vulnera la labor, es la práctica empírica y artesanal, de hecho, estas construcciones se han expandido, al igual que, han generado descontento en la población; en primer lugar, porque se malogran los materiales y hay pérdidas económicas.

Para ello existe los controles de calidad, con la finalidad de garantizar-verificar los estándares de construcción, no obstante, para evitar el proceso de chequeo, testeo, además del análisis funcional del control de calidad; cuya persistencia en elaboración de hormigón con materiales no adecuados es evidente ante la corrosión en las vigas y columnas. [2], menciona que con el pasar el tiempo los materiales envejecen por lo que la infraestructura se deteriora, conllevando a la inevitable pérdida de costos por reparación o mantenimiento.

En este sentido, la presente investigación de corte experimental pretende demostrar mediante ensayos de laboratorio, la resistencia y sostenibilidad del uso de materiales adecuados como alternativas para la construcción de las bases “columnas y vigas” en hormigón.

1.2 Objetivos del proyecto técnico

1.2.1 Objetivo General

Identificar la resistencia del diseño de hormigón a través de ensayos y estudios comparativos para determinar el control de calidad, aplicando los métodos destructivos y no destructivos en columnas y vigas.

1.2.2 Objetivo específicos

- Utilizar el material escogido de la Cantera Tuco León del Río Jubones para el diseño de hormigón.
- Determinar mediante ensayos el control de calidad del diseño de hormigón en vigas y columnas.

- Aplicar los métodos destructivos y no destructivos, para la obtención de resultados viables en base al funcionamiento y cumplimiento de las normativas.

1.3 Justificación e importancia del proyecto técnico.

El medio que rodea un diseño de hormigón es la base para determinar el control de calidad, es decir, los factores influyentes tanto externos como internos. Sin previo análisis, el hormigón puede exponerse al deterioro en poco tiempo, los métodos destructivos y no destructivos, son facultades que enfatizan esta investigación, ya que a través de los ensayos se pretende demostrar de una u otra manera el valor significativo de cada uno de los componentes para el diseño de hormigón, en otras palabras, se obtiene el nivel sostenible de los materiales para afirmar su resistencia, densidad, durabilidad, y calidad.

Es necesario recalcar, que las ventajas del diseño aparte de cumplir con las normas de control de calidad, tiene la función principal de sostener las estructuras superiores con una garantía irrefutable en vigas y columnas. En definitiva, esta investigación responde a las necesidades estructurales brindando resultados por medio de tablas y gráficos, producto del análisis en laboratorio.

2. DESARROLLO

2.1 Marco teórico

En este apartado se conceptualiza de manera sistemática el contenido de las variables de estudio, como referente teórico para fundamentar y contrastar; la práctica experimental de laboratorio con la postura de diferentes autores que afirmen o mencionen, conceptos afines al tema de investigación.

2.1.1 Control de la calidad en hormigones

El control de la calidad es un proceso de constantes cambios con fines de mejoras para responder a las necesidades que requieren de nuevas adaptaciones, en este caso, existe la frecuencia de ensayos para contrastar la resistencia de la materia prima y sus adherentes, por añadidura, cuenta con normas específicas que regulan la calidad de una estructura; se caracteriza la propiedad, los materiales que componen la mezcla de un hormigón y se estudia la zona para garantizar un óptimo trabajo [3]. Si bien es cierto, hace algún tiempo el control

de la calidad era exclusiva responsabilidad del técnico de la obra, el cual realizaba la labor mediante su experiencia y precisión.

Actualmente, la producción de estructuras de hormigón es asimilada y adaptada por aseguradoras, dada a la modernización e innovación de la nueva era. [3], sostiene que el hormigón es el material con mayor uso universalmente, puesto que, contiene algunos componentes como: cemento, agua, minerales y químicos, que resultan viables a la resistencia y soporte, además, de las propiedades que constatan un acabado definitivo. Por lo tanto, es importante el control de la calidad porque permite evidenciar el nivel de cumplimiento de los materiales y los principios del diseño del hormigón.

Cabe recalcar, que para la preparación del hormigón no solo depende de los componentes mencionados anteriormente, sino, que también del volumen o peso de la premezcla y del proceso de compactación y colocación [4]. En definitiva, la fusión de estas actividades resalta los criterios de aprobación del control de calidad.

2.1.2 Columnas y vigas

En ingeniería se define a la viga y columnas como la estructura que actúa principalmente en flexión cuya longitud es dominante en las otras dos dimensiones, por lo general la viga es horizontal y la columna tiene un soporte vertical en gran longitud en relación con su sección transversal, el profesional a cargo debe asegurarse de que la base sea lo suficientemente fuerte para soportar el peso de componente [5]. Los materiales para el diseño de columnas y vigas, son difíciles de crear de forma natural, las columnas y vigas juegan un papel vital en la construcción de edificios; estos elementos estructurales soportan techos y paredes conectando la base a los cimientos de una estructura, también transfieren peso de una parte de una estructura a otra, lo que mejora la estabilidad del edificio.

- **Materiales**

Cemento Guapan: La marca de este cemento fue seleccionada por cumplir estrictamente con las disposiciones establecidas en la “Norma Técnica INEN 2380”, los elementos químicos que la atribuyen como un excelente cemento de calidad [6].

Agregado fino y Agregado grueso $\frac{3}{4}$: Los agregados, son materiales inertes de apariencia granular, son productos minerales indispensables que al mezclar con un cementante componen al hormigón, se clasifican en finos y gruesos [7].

Agua: Es una sustancia natural constituida por (H_2O), para la construcción del hormigón se emplea agua potabilizada [7].

2.1.3 Métodos destructivos y no destructivos en columnas y vigas.

Son métodos de evaluación que permiten medir la calidad de los materiales que se utilizan para la construcción de hormigones y de aquellos que ya han sido utilizados, a través de ensayos que demuestren la fiabilidad de los componentes que intervienen en el diseño [8].

- **El método no destructivo**

Es utilizado porque no causa efectos nocivos sobre la estructura, para aquello se requiere del esclerómetro.

Esclerómetro: es el ensayo más empleado para la valoración de una infraestructura, para lograr un resultado adecuado se debe calibrar el equipo antes de agregar la mezcla, la ventaja de utilizar el esclerómetro es la reducción de tiempo, recursos económico y humano [9].

- **El método destructivo**

Es la abstracción directa de la estructura para su respectivo análisis.

Extracción de núcleo: Es un método verídico con resultados de alta confiabilidad por su exactitud en muestras (tamaño y profundidad), se caracteriza por ser real, sin embargo, una de su falla es que ocasiona daño interno y externos, en las estructuras [10]. Según el diámetro se extrae la muestra, ejemplo: de un cilindro de 4 pulgadas es recomendable la extracción de 3 unidades, si en cambio, el cilindro es de 3 pulgadas/ 6 unidades, para 2 pulgadas/9unidades.

Resistencia a la compresión: La norma NTE INEN 1573 (2010), Ensayo de Resistencia a la Compresión del Hormigón, se realiza utilizando probetas cilíndricas obtenidas de perforaciones en sondeos estructurales [11].

- **Ensayos de laboratorio**

En ingeniería civil los ensayos se caracterizan por la determinación experimental de materiales físicos y químicos, con la finalidad de contrastar el comportamiento de la mezcla

en el medio profesional. Como parte fundamental de esta investigación de campo, a continuación, se describe los resultados de la aplicación de diferentes ensayos.

Granulometría de los agregados gruesos y finos: La granulometría es un procedimiento maquinal, mediante el cual se puede desagregar las partículas según el tamaño de los agregados, en la práctica, utilizan mallas con variedad de oquedades para determinar la proporción de cada agregado y los porcentajes que se retienen [12]. Para el estudio se distribuye las partículas en tamices para sistematizar el tamaño de mayor a menor. Consiste en analizar las propiedades de la arena y su impacto en cuanto a la obstinación y agotamiento del cemento en hormigones, una de las características específicas es lograr la calidad, ya que la arena posee variedad de atributos influyentes para la elaboración de un hormigón, el cual garantiza su adherente y endurecimiento [13], [14]. Previo al análisis, primero se debe considerar la procedencia del mineral, la forma de obtención y el tamaño.

Tabla 1: Tamaños y designación de tamices ASTM

Posición	Abertura (pulg.)	Abertura (mm)	Designación tamiz	Módulo de finura
0	3/1024	0,0744 ~ 0,075	# 200	0
1	3/512	0,149 ~ 0,150	# 100	1
2	3/256	0,298 ~ 0,300	# 50	2
3	3/128	0,595 ~ 0,600	# 30	3
4	3/64	0,196 ~ 1,20	# 16	4
5	3/32	2,381 ~ 2,40	# 8	5
6	3/16	4,762 ~ 4,80	# 4	6
7	3/8	9,52 ~ 9,5	3/8"	7
8	¾	19,05 ~ 19	3/4"	8
9	3/2	38,1 ~ 38	1.5"	9
10	3	76,2 ~ 76	3"	10

Fuente: [14]

Tabla 2: Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura.

MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2.00	Muy fino o extra fino
2.00 – 2.30	Fino
2.30 – 2.60	Ligeramente fino
2.60 – 2.90	Mediano
2.90 – 3.20	Ligeramente grueso
3.20 – 3.50	Grueso
Mayor que 3.50	Muy grueso o extra grueso

Fuente: Norma ASTM C136 Método de ensayo estándar para Análisis Granulométrico de Agregado Grueso y Agregado Fino.

Abrasión de la grava: El sistema de abrasión constituye una acción mecánica que influye en la resistencia de los materiales que dosifican una mezcla (agregados, acabado y curado), [15]. Es decir, es la tenacidad o firmeza, propia de la roca. Para realizar el ensayo se debe indagar sobre la calidad de la estructura de manera global por medio de la máquina “Los Ángeles”.

Tabla 3: Especificaciones para la abrasión

Gradación	Número de esferas	Peso de carga (g)
A	12	5000 +/- 25
B	11	4584 +/- 25
C	8	3330 +/- 20
D	6	2500 +/- 15

Fuente: NTE INEN 872

Asentamiento del hormigón: Norma NTE INEN es una medida de la consistencia del hormigón, obtenida mediante la prueba con el cono de Abrams. Se refiere a la contracción vertical de los materiales cementosos frescos antes de que comience, debido al sangrado o exudación (deposición de sólidos en relación con los líquidos), vacíos de aire que ascienden a la superficie y contracción química [10].

Peso volumétrico suelto de la arena y grava: Se comprende que es el peso requerido que se debe utilizar para cargar un recipiente en base a un volumen específico, a través de este ensayo se puede alcanzar la cantidad de los agregados finos y gruesos en Kg/m³, sin la necesidad de ajustar las partículas [16].

Peso volumétrico varillado grava: Mediante este ensayo se puede obtener el peso específico del volumen de un recipiente, con la finalidad de conseguir la cantidad de los agregados en kg por m³, se delimita el volumen del material previo a la colocación en recipientes, una vez colocado se procede a la acomodación de las partículas utilizando leves golpes para el ajuste y una varilla de acero [17].

2.1.4 Ubicación de la Zona de estudio

Para la ejecución de este proyecto, se tomó como referente la utilización de materiales obtenidos de la Cantera Minero del Río Jubones del cantón Pasaje, en la Provincia de El Oro.

- **Coordenadas**

Norte: 9633267.52 m S, Este: 633485.01 m E

2.1.5 Localización de la Cantera

Ilustración 1: Cantera Tuco León



Fuente: Google Earth [18]

2.2 Procedimiento y resultados de laboratorio.

2.2.1 Procedimiento 1- 2: De granulometría de agregados finos y gruesos (Anexo 1, Tabla 5-6-7, Gráfica 1-2).

1. Se selecciona la muestra, se realiza un cuarteo con el monto que indica en la normativa ASTM C 136, de 1000 gr para agregados finos y 5000 gr en gruesos.
2. Para el sondeo se utiliza los siguientes tamizados durante 2 minutos cada uno:
 - Agregado fino: 3/8" N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.
 - Agregado grueso: 2 $\frac{1}{2}$ " ; 2" ; 1 $\frac{1}{2}$ " ; 1" ; $\frac{3}{4}$ " ; $\frac{1}{2}$ " ; $\frac{3}{8}$ " ; N°4; N°8
3. Posteriormente, de cada tamiz se obtiene el peso retenido.
4. Para culminar, se efectúa el cálculo.

2.2.2 Procedimiento 3: Abrasión de la grava (Anexo 1, Tabla 8).

1. Se lava y seca el material, tiene que tener un peso de 5000gr.
2. El material es colocado junto a las esferas y se gira la máquina a 500 revoluciones.
3. Se retira el material de la máquina y se lo pasa por el tamiz N°12 para tener el peso retenido y pasante.
4. Se realizan cálculos.

2.2.3 Procedimiento 4: Densidad del cemento (Anexo1, Tabla 9).

Según (INEN) para obtener una densidad real se debe proceder bajo la NTE INEN 156.

1. Se toma una muestra de 64gr.
2. Con un frasco Chatelier se coloca gasolina para encerar y luego pesar.
3. Se agrega cemento a la muestra y se toman apuntes del volumen partiendo desde un inicio 0.
4. Se toma lectura del peso.

2.2.4 Procedimiento 5 – 6: Densidades de los agregados finos y gruesos. (Anexo1, Tabla 10-11).

1. Durante 24 horas se sumerge la grava en un recipiente.

2. Con una franela se seca la muestra.
3. Se pesa el material y la cernidera.
4. Para obtener el peso de la cernidera se la sumerge en agua, luego se agrega el material seco y se la pesa.
5. En definitiva, se procede al cálculo de los materiales secos para determinar la gravedad específica.

2.2.5 Procedimiento 7 - 8: Peso volumétrico suelto de la arena y grava (Anexo 1, Tabla 12-13).

1. En primer lugar, se obtiene el volumen de los moldes en recipientes para arena/grava.
2. Se coloca la arena en los moldes, sin dejar espacio.
3. Se toma nota del peso de los moldes de arena para realizar el cálculo.
4. Finalmente, sin compactar se consigue el peso volumétrico.
5. Para la grava se hace el mismo procedimiento.

2.2.6 Procedimiento 9: Peso volumétrico varillado grava (Anexo 1, Tabla 14).

1. Para empezar, se obtiene el volumen del molde.
2. A la altura de un tercio se llena el molde, con una varilla se compacta y se dan 25 golpes al molde.
3. A la altura de dos tercios se llena el molde, se compacta con una varilla, de igual manera se realizan 25 golpes.
4. Se llena totalmente el molde, se compacta con la varilla, nuevamente se realizan los 25 golpes para finalmente enraizar con una varilla de manera horizontal.

2.2.7 Procedimiento 10: Contenido de humedad en el instante de realizar la mezcla. (Anexo 1, Tabla15).

1. Primero se pesa los agregados finos y gruesos, en estado natural.
2. Luego se procesa a una temperatura alta para obtener el contenido de humedad.
3. Para finalmente pesar la muestra de los agregados en estado seco.
4. Se realiza los cálculos.

2.2.8 Procedimiento 11: Esclerómetro (Anexo 2, H).

1. Se utilizó el esclerómetro Schmidt (Proceq) tipo N: 2.207 Nm, previamente calibrado.
2. Para que las mediciones sean válidas, el área de ejecución del ensayo debe ser extremadamente liso para que los cálculos sean exactos.
3. Para obtener la lectura de los 10 impactos, se distribuye todas las separaciones mínimas de 2,5cm en la muestra $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
4. Con los resultados obtenidos de las muestras se promedian los valores del ensayo.

2.2.9 Procedimiento 12: extracción de núcleo-resistencia a la compresión (Anexo 2, I, ilustracion23).

Este ensayo se fundamenta en las normas NTE INEN 1573.

1. Se extrae tres muestras de núcleos de tres vigas: $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
2. Se sumergen las nueve muestras (cilindros) por un lapso de 7 días y 14 días.
3. Al finalizar los 7 y 14 días se saca una muestra para derivar su peso sumergido.
4. Una vez obtenido estos resultados se realiza el cálculo de la densidad del material, así como los valores de la masa y volumen.

Área de cilindros: 78.53 cm^2 - 81.71 cm^2 - 80.11 cm^2

Volúmenes: 1570.6 cm^3 - 1634.25 cm^3 - 1682.49 cm^3

Densidades: $\rho_7 = 2.3878 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$; $\rho_{14} = 2.4513 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$\rho_7 = 2.3864 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$; $\rho_{14} = 2.4170 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$\rho_7 = 2.3774 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$; $\rho_{14} = 2.4101 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

5. Finalmente, se hizo el ensayo de la ruptura del cilindro con los equipos de compresión y la aplicación constante de cargas hasta que se observe la fractura de la probeta y obtener los valores de resistencia de los cilindros.

2.3 Prefactibilidad

Después de haber obtenido los resultados y seguir por el proceso de análisis e interpretación de los datos según la normativa en mención, todos los materiales en observación, cumplen con los requisitos obteniendo el grado de calidad.

2.4 Factibilidad

En este proyecto técnico, tenemos que tener en cuenta una dosificación adecuada para el diseño de hormigones de columnas y vigas que puedan resistir los métodos no destructivos (esclerómetro) y destructivos (extracción de núcleo-resistencia a la compresión), y cumplan con el control de calidad de los materiales establecido en las normas ecuatorianas de construcción.

2.5 Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño.

Se identificó que, en el diseño de hormigón de vigas y columnas, es necesario determinar que las obras cumplan con el control de calidad ya que son viviendas de hasta dos pisos con luces desde cinco metros, de tal manera que se debe diseñar un hormigón de 210 Kg/m³, con una relación de agua-cemento de 0,60. En este sentido, se logró obtener la solución óptima por los métodos destructivos y no destructivos, seguido por las normas de control de calidad.

Tabla 4: Relación agua/cemento con su resistencia adecuada.

Relación Agua/Cemento	Resistencia kg/cm ²
0,70	140
0,65	190
0,60	210
0,55	250
0,50	290
0,45	310
0,40	350
0,35	390
0,30	410

Fuente: ACI 211.1

Conclusiones

- Una vez realizados los respectivos ensayos de control de calidad del diseño de hormigón en vigas y columnas podemos llegar a la conclusión que el material escogido de la Cantera Tuco León del Río Jubones para el diseño de hormigón cumple en su totalidad con los estándares establecidos dentro de las normas ecuatorianas de construcción respectivas.
- El método destructivo fundamentado en las normas NTE INEN 1573, realizó una extracción de núcleos de tres vigas $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, sumergiendo por un lapso de 7 a 14 días donde los resultados nos llevan a la conclusión que la resistencia obtenida en $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado un esfuerzo de compresión de 150.225 kgf/cm^2 y a los 14 días 181.787 kgf/cm^2 , mientras que la resistencia obtenida en $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado un esfuerzo de compresión de 170.969 kgf/cm^2 y a los 14 días 205.911 kgf/cm^2 y finalmente la resistencia obtenida en $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado un esfuerzo de compresión de 198.568 kgf/cm^2 y a los 14 días 241.846 kgf/cm^2 .
- El método no destructivo fundamentado en las normas NTE INEN 3121, utilizó el esclerómetro Schmidt (Proceq) tipo N: 2.207 Nm, previamente calibrado, para lo cual se realizó 10 impactos sobre un área extremadamente lisa con separaciones mínimas de 2,5cm en la muestra $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, tomando los datos a partir de los 7 a 14 días, dando como conclusión que la resistencia obtenida en $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado $147,90 \text{ kg/cm}^2$ y a los 14 días es 186.15 kg/cm^2 , mientras que a resistencia obtenida en $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado 173.40 kg/cm^2 y a los 14 días es 198.90 kg/cm^2 y finalmente la resistencia obtenida en $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado 211.65 kg/cm^2 y a los 14 días es 249.90 kg/cm^2 .

Referencias bibliográficas

- [1]. G. S. Duffó., y S. B., Farina “Corrosión en estructuras de hormigón armado. Un fenómeno bien conocido pero que aún sigue causando considerables daños”. *Ciencia e Investigación*, n°4, 51-65, 2019.
- [2]. M. J. Segarra V., B. Miguitama., F. Fierro., y D. E. Mogrovejo C “Implementación de curvas de calibración esclerométricas para hormigones convencionales de las hormigoneras más importantes del Austro”, *Maskana*, 229-238, 2017.
- [3]. I. N. Vidaud-Quintana., Z. P. Frómeta-Salas., y E. J. Vidaud-Quintana “Control de la calidad en estructuras de hormigón para la construcción en zonas de elevado peligro sísmico”, *Ciencia en su PC*, n°4, 72-85, 2019.
- [4]. J. L. Santamaría., B. Adame., y C. Bermeo “Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen”, *Revista digital de ciencia, ingeniería y tecnología*, n°1, 91-101, 2021.
- [5]. L. E. Chacha Guala., y J. W Sánchez Vallesteros “Introducción al diseño unión viga-columna para estructuras metálicas livianas o de baja altura”, Gdo. Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2016.
- [6]. Ficha Técnica, Cemento Hidráulico Tipo GU, Guapan Cemento, pp. 1-2.
- [7]. H. E. Cedeño-Cedeño., J. E. Chávez-Chon Long., L.K. Macías-Sánchez., E. H. Ortiz-Hernández “Combinación de mezclas de agregados gruesos y finos pertenecientes a la Cantera Uruzca para diferentes resistencias de hormigón”, *Revista Científica ‘INGENIAR’: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, n°9, 23-38, 2022.
- [8]. C. A. Porras Navarro., y M. Aguilar Balbuena “Casos de estimación de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba”, *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, n°1, 2-14, 2019.
- [9]. M. J. Segarra V., B. Miguitama., F. Fierro., y D. E. Mogrovejo C “Implementación de curvas de calibración esclerométricas para hormigones convencionales de las hormigoneras más importantes del Austro”, *Maskana*, 229-238, 2017.

- [10]. A. Fernández Domínguez., y J. J. Howland Albear “Factores de corrección a la resistencia a compresión de testigos de hormigón. Estado del arte y propuesta para actualización de la normativa cubana”, *Revista Cubana de Ingeniería*, n°2, 2019, 47-58.
- [11]. I. E. de Normalización “Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico”, in *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1573*, Quito, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010, pp. 1-14.
- [12]. O. Palacio León., A. Chávez Porras., y Y. L. Velásquez Castiblanco “Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados”, *Revista Tecnura*, n°53, 96-106, 2017.
- [13]. J. Toirac Corral “Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón”, *Ciencia y Sociedad*”, n°3, 293-334, 2012.
- [14]. R. G. Solís-Carcaño., y G. E. Chan-Magaña “Desgaste por abrasión del concreto con agregado calizo de alta absorción”, *Revista de Divulgación Científica y Tecnología de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, n°103, 2020.
- [15]. Ficha Técnica, Agregados Pétreos, GCC, pp. 1-3.
- [16]. Instituto Ecuatoriano de Normalización “Norma Técnica Ecuatoriana”, Quito, NTE INEN 1579:2013, 2013.
- [17]. P.-C.- Velásquez, “Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,” *Tecnura*, vol. 21, no. 53, pp. 96–106, 2017.
- [18]. “GoogleEarth”, ”<https://earth.google.com/web/@3.31821407,79.79632554,241.74004778a,20.43315431d,35y,105.6035344h,59.99703275t,0r/data=OgMKATA?authuser=0>

ANEXOS

Anexo 1: Resultados

Tabla 5: Análisis Granulometría de la arena

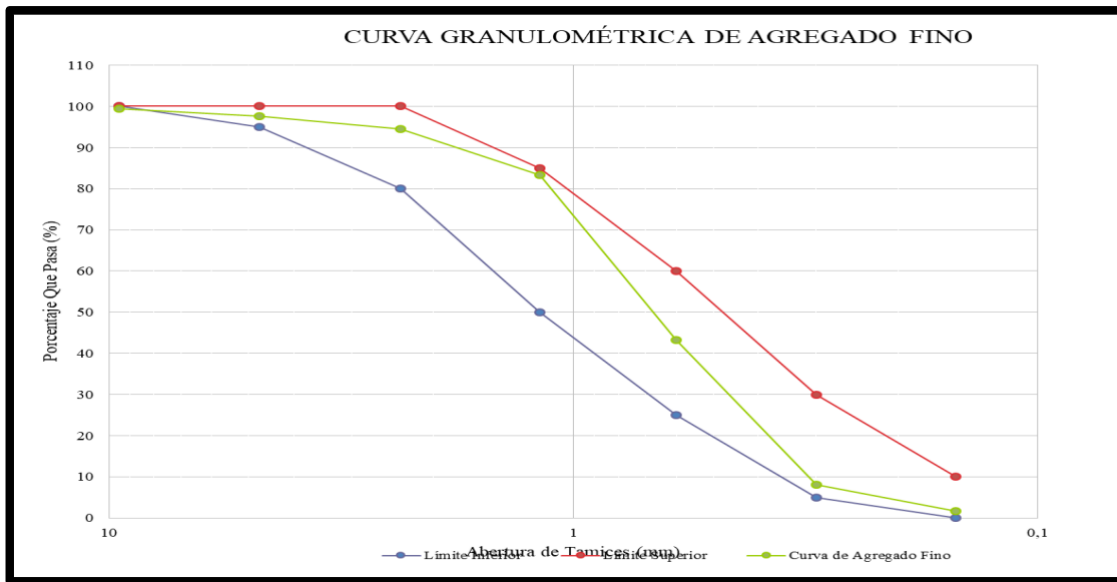
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
3/8"	9,50	6,00	0,60	0,60	99
N° 4	4,75	24,35	2,44	2,44	98
N° 8	2,36	30,88	3,09	5,53	94
N° 16	1,18	111,88	11,21	16,74	83
N° 30	0,60	400,00	40,08	56,82	43
N° 50	0,30	350,00	35,07	91,89	8
N° 100	0,15	65,00	6,51	98,40	2
N° 200	0,08	6,96	0,70	99,10	1
FONDO	0,00	2,96	0,30	99,40	1
TOTAL		998,03	99,40		
Módulo de Finura			2,72		
Según ASTM C33					
2.3 < MF < 3.1					

Tabla 6: Análisis del Tamizado ASTM C33

TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Pulg.	mm			
3/8"	9,50	100	99	100
N° 4	4,75	95	98	100
N° 8	2,36	80	94	100
N° 16	1,18	50	83	85
N° 30	0,60	25	43	60
N° 50	0,30	5	8	30
N° 100	0,15	0	2	10

Fuente: El autor, 2023

Gráfica 1: Curva Granulométrica de Agregado fino



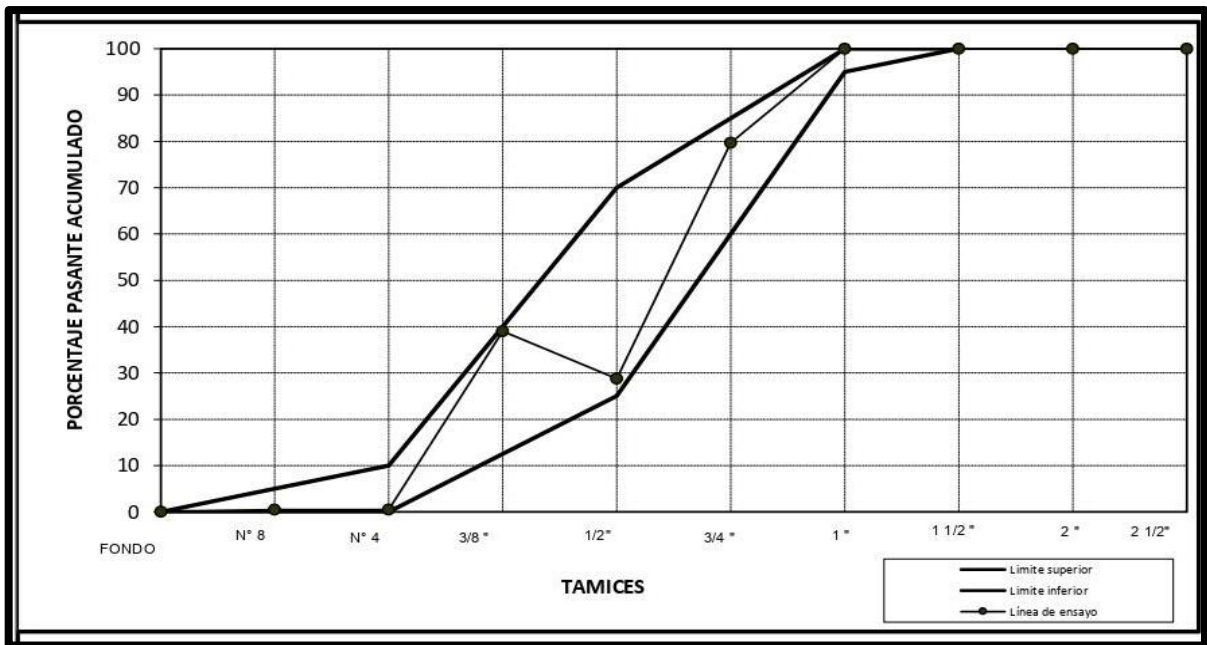
Fuente: El autor, 2023

Tabla 7: Laboratorio de suelos y pavimentos

Tamiz	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES NORMA A.S.T.M			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2"	1 1/2"	1"	3/4"
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	100			
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	95 - 100	100		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		95 - 100	100	
1 "	120,00	0,00	0,00	100,00	35 - 70		95 - 100	
3/4 "	885,00	1000,00	20,33	79,67		35 - 70		90 - 100
1/2 "	2500,00	3505,00	71,24	28,76	10 - 30		25 - 60	
3/8 "	890,00	3000,00	60,98	39,02		10 - 30		20 - 55
Nº 4	500,00	4895,00	99,49	0,51	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
Nº 8	0,00	4895,00	99,49	0,51			0 - 5	0 - 5
FONDO	25,00	4920,00	100,00	0,00				
TOTAL	4920,00							

Fuente: El autor, 2023

Gráfica 2: Tamices



Fuente: El autor, 2023

Tabla 8: Método de abrasión con la máquina de los Ángeles 3/4

Peso inicial =	5000	
Número de vueltas =	500	
# Tamiz	Peso (Kg)	
Retenido #12	4195,50	
Pasante #12	778,00	
Total	4973,500	

Pasante del tamiz N° 12 a las 500 Revoluciones

CALCULO DEL DESGASTES A LAS 500 REVOLUCIONES			
%D= (P#12/Pi) x 100			
%D=	778,00	X	100
	5000		
%D=	15,56	%	

Fuente: El autor, 2023

Tabla 9: Ensayo densidad del cemento Norma ASTM C188-03

LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
DENSIDAD DEL CEMENTO GUAPAN

Peso cemento	64 gr
Volumen inicial	0 cm ³
Volumen final Le Chatelier	21 cm ³
La densidad del cemento Guapan	
Rango	2,9 - 3,15 gr/cm³

Fuente: El autor, 2023

Tabla 10: Densidad específica de los agregados finos

MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200

MUESTRA N°			1
Peso del recipiente	(gr)	P1	56,31
Rec + agregado sss	(gr)	P2	572,57
Peso del agregado sss	(gr)	A = P2 - P1	516,26
Volumen inicial del frasco	(cm ³)	V ₀	696,12
Volumen final del frasco	(cm ³)	V _f	1008,00
Volumen final del agregado	(cm ³)	C = V _f - V ₀	311,88
Peso del agregado seco	(gr)	W	491,69
Densidad del agregado SSS	(gr/cm ³)	D _{sss} = A / C	1,655
Densidad del agregado MASA	(gr/cm ³)	D _{masa} = W / C	1,577
Densidad del agregado APARENTE	(gr/cm ³)	D _{ap} = W / (C - (A - W))	1,711
Porcentaje de Absorción	%	Abs % = ((A - W) / W) * 100	4,997
Peso del recipiente	(gr)	P1	56,31

Densidad del <u>agreg. SSS</u>	(gr/cm^3)	PROMEDIO	1,655
Densidad del <u>agreg. MASA</u>	(gr/cm^3)	PROMEDIO	1,577
Densidad del <u>agreg. APARENTE</u>	(gr/cm^3)	PROMEDIO	1,711
Porcentaje de Absorción	%	PROMEDIO	4,997

Fuente: El autor, 2023

Tabla 11: Densidad específica del agregado grueso

MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 1/2" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"			
	MUESTRA N°		1
Peso del recipiente	(gr)	P1	796,53
<u>Rec + agregado sss</u>	(gr)	P2	2803,70
<u>Rec + agregado seco</u>	(gr)	P3	2778,03
Peso de la canastilla sumergida	(gr)	P4	891,80
Peso de la <u>canast + agreg. sumergido</u>	(gr)	P5	2186,00
Peso del <u>agregado sss</u>	(gr)	A = P2 - P1	2007,17
Peso del agregado sumergido	(gr)	B = P5 - P4	1294,20
Volumen del agregado	(cm^3)	C = A - B	712,97
Peso del agregado seco	(gr)	D = P3 - P1	1981,50
Densidad del agregado SSS	(gr/cm^3)	<u>D_{sss}</u> = A / C	2,815
Densidad del agregado MASA	(gr/cm^3)	<u>D_{masa}</u> = D / C	2,779
Densidad del agregado APARENTE	(gr/cm^3)	<u>D_{ap}</u> = D / (D - B)	2,883
Porcentaje de Absorción	%	<u>Abs %</u> = ((A - D) / D) * 100	1,30

Densidad del <u>agreg. SSS</u>	(gr/cm^3)	PROMEDIO	2,815
Densidad del <u>agreg. MASA</u>	(gr/cm^3)	PROMEDIO	2,779
Densidad del <u>agreg. APARENTE</u>	(gr/cm^3)	PROMEDIO	2,883
Porcentaje de Absorción	%	P R O M E D I O	1,30

Fuente: El autor, 2023

Tabla 12: Cálculo de masa unitaria suelta de arena

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

$$\begin{aligned}w \text{ molde} &= 2,60 \text{ Kg,} \\w \text{ molde} + \text{ arena} &= 8,00 \text{ Kg,} \\w \text{ arena} &= 5,40 \text{ Kg,} \\volumen \text{ del molde} &= 2,72 \text{ m}^3 \\ \mathbf{PSV} &= \mathbf{1,9846 \text{ Kg/ m}^3}\end{aligned}$$

Fuente: El autor, 2023

Tabla 13: Cálculo de masa unitaria de la grava suelta

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

$$\begin{aligned}w \text{ molde} &= 9,000 \text{ Kg,} \\w \text{ molde} + \text{ grava} &= 29,800 \text{ Kg,} \\w \text{ grava} &= 20,800 \\volumen \text{ del molde} &= 13,781 \text{ m}^3 \\ \mathbf{PSV} &= \mathbf{1,5093 \text{ Kg/m}^3}\end{aligned}$$

Fuente: El autor, 2023

Tabla 14: Cálculo de masa unitaria varillada grava

LABORATORIO DE SUELOS & PAVIMENTOS

$$\begin{aligned}w \text{ molde} &= 9,000 \text{ Kg,} \\w \text{ molde} + \text{ grava} &= 30,733 \text{ Kg,} \\w \text{ gravas} &= 21,733 \\volumen \text{ del molde} &= 13,781 \text{ m}^3 \\ \mathbf{PSV} &= \mathbf{1,577 \text{ Kg/m}^3}\end{aligned}$$

Fuente: El autor, 2023

Tabla 15: Contenido de Humedad de la grava

Peso del recipiente (g)	P1	54,92	g
P.rec + agregado humedo (g)	P2	334,17	g
Peso del agregado humedo (g)	Wh=P1-P2	279,25	g
P.rec + agregado humedo (g)	P3	333,9	g
Peso del agregado seco (g)	Ws	278,98	g
Porcentaje de Absorción %	$Abs \% = ((Wh - Ws) / Ws) * 100$	0,09678	%
Contenido de Humedad de la Arena			
Peso del recipiente (g)	P1	57,3	g
P.rec + agregado humedo (g)	P2	219,16	g
Peso del agregado humedo (g)	Wh=P1-P2	161,86	g
P.rec + agregado humedo (g)	P3	208,29	g
Peso del agregado seco (g)	Ws	150,99	g
Porcentaje de Absorción %	$Abs \% = ((Wh - Ws) / Ws) * 100$	7,1992	%

Anexo 2: Ensayos

A. Granulometría

Ilustración 2: Ensayo de Granulometría



Ilustración 4: Tamizado del material



Ilustración 3: Cuarteo de las muestras



B. Desgaste de los materiales mediante la Máquina de los Ángeles

Ilustración 6: Máquina de los Ángeles



Ilustración 5: Número de bolas a utilizar



Ilustración 7: Tamizado del material



Ilustración 8: Material pasante



C. Densidad

Ilustración 9: Gravedad específica y absorción de los agregados



Ilustración 11: Material sumergido 24h.



Ilustración 10: Secado después de las



Ilustración 12: Pesado de canastillas



Ilustración 13: Material en el horno/24h.



D. Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Varillado de la grava.

Ilustración 14: Enrasado del material



Ilustración 15: Varillado del material cada tercio



Ilustración 16: Peso del agregado



E. Densidad del cemento Guapan TIPO GU

Ilustración 16: Peso del cemento



Colocación de la gasolina en el Chatelier.



Colocación del cemento en el Chatelier.

F. Contenido de humedad de los agregados antes de realizar la mezcla “colado”

Ilustración 17: Muestras de agregados



Ilustración 18: Agregados a temperatura alta



G. Hormigón $f'c = 210; f'c = 240; f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para las columnas y vigas

Ilustración 20: Dosificación



Ilustración 19: Colado



Ilustración 21: Probetas rectangulares



Ilustración 22: Curado de probetas



H. Ensayo de esclerómetro

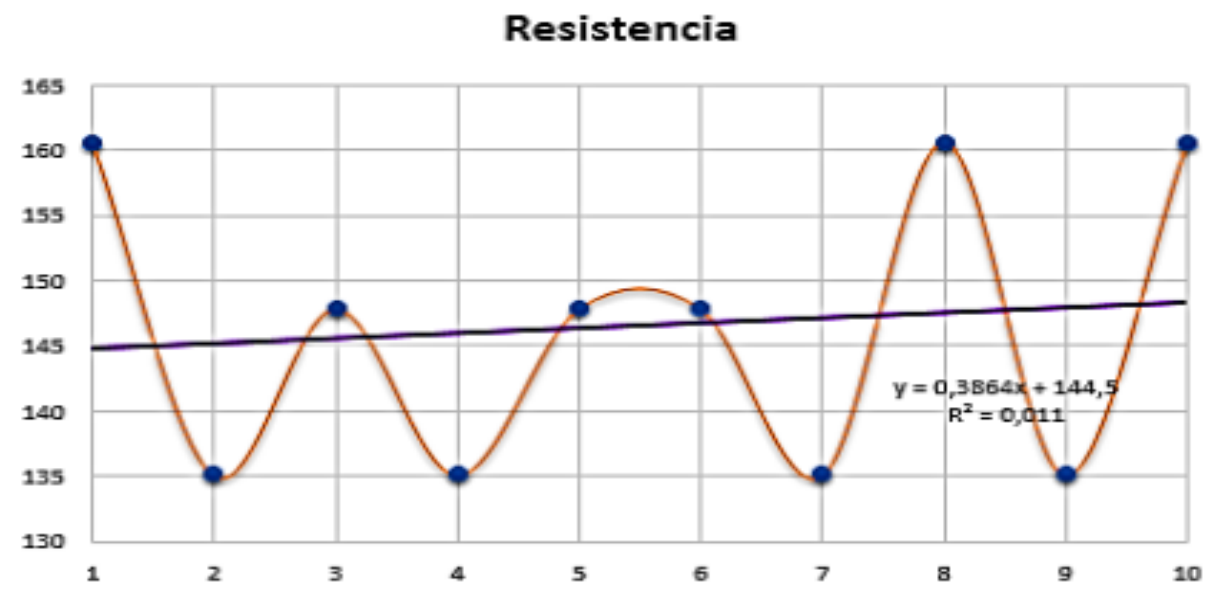
Columna $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

210-7días			
#	Dureza (r)	Resistencia kg/cm^2	Promedio
1	31	160,65	30,00
2	29	135,15	
3	30	147,9	
4	29	135,15	
5	30	147,9	
6	30	147,9	
7	29	135,15	
8	31	160,65	
9	29	135,15	
10	31	160,65	
		147,90	



Toma de datos con el esclerómetro de nuestra muestra a los 7 días

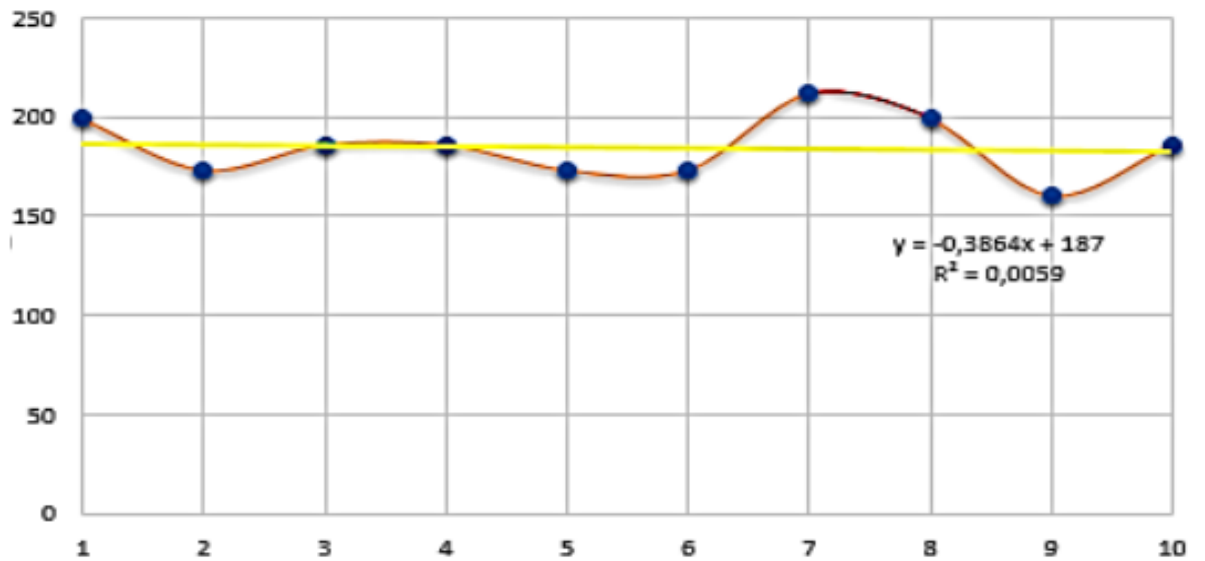
Tabla con los valores de numero de golpes o dureza y resistencia de muestra a los 7 días



fc=210kg/cm2-14dias			
#	Dureza (r)	Resistencia kg/cm ²	Promedio
1	34	198,9	33,00
2	32	173,4	
3	33	186,15	
4	33	186,15	
5	32	173,4	
6	32	173,4	
7	35	211,65	
8	34	198,9	
9	31	160,65	
10	33	186,15	
		186,15	



Resistencia



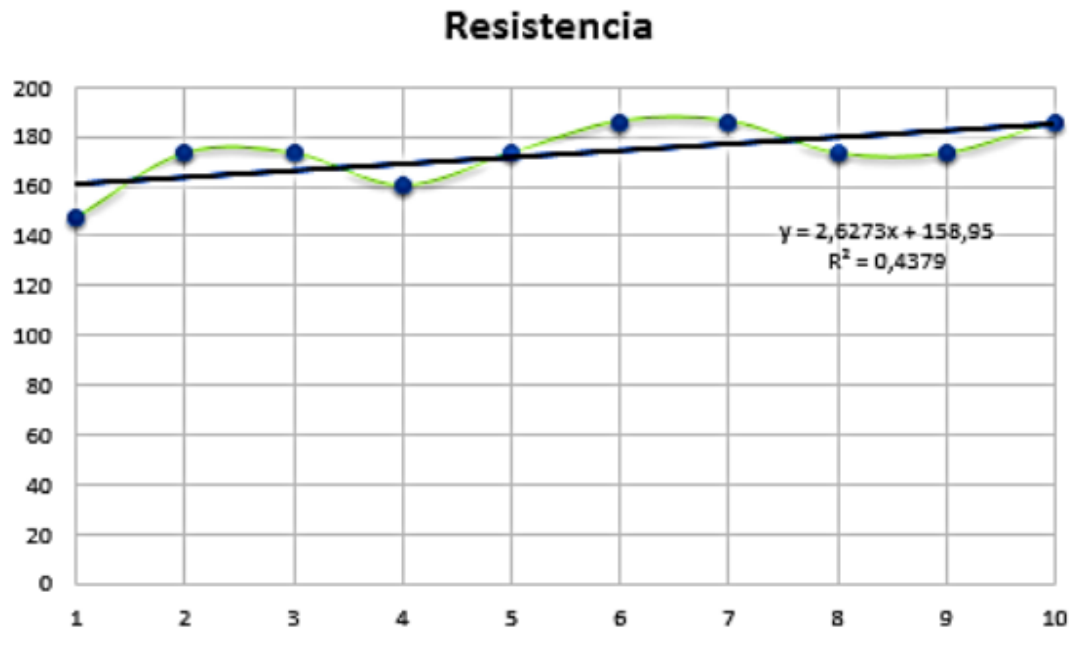
Columna $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

fc=240kg/cm2-7dias			
#	Dureza (r)	Resistencia kg/cm^2	Promedio
1	30	147,9	32,00
2	32	173,4	
3	32	173,4	
4	31	160,65	
5	32	173,4	
6	33	186,15	
7	33	186,15	
8	32	173,4	
9	32	173,4	
10	33	186,15	
		173,40	



Toma de datos con el esclerómetro de nuestra muestra a los 7 días

Tabla con los valores de numero de golpes o dureza y resistencia de muestra a los 7 días



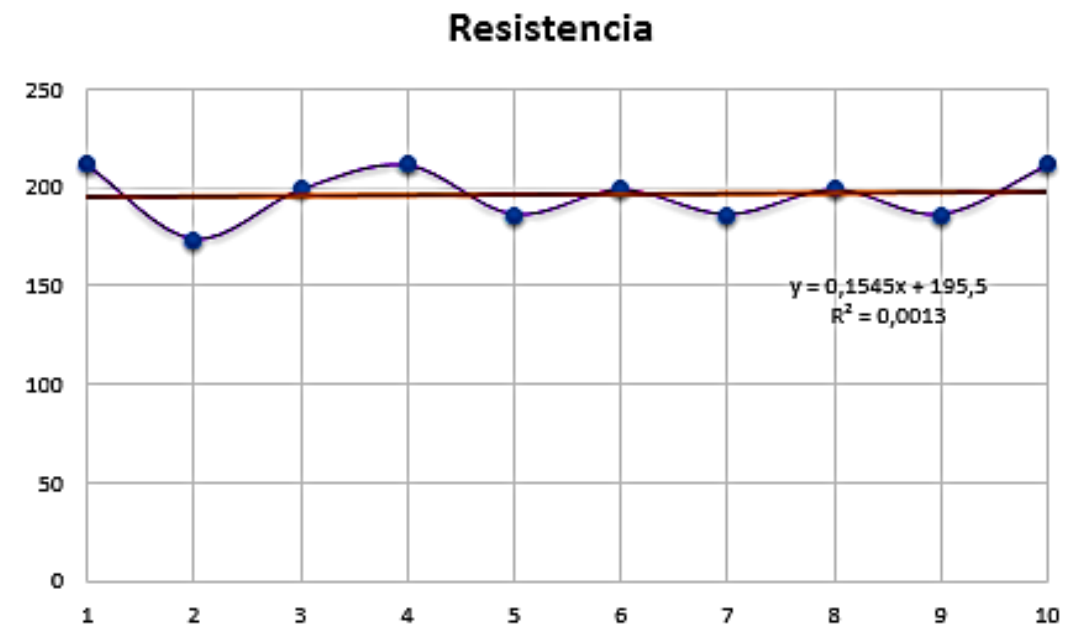
Curva de resistencia de nuestra muestra a los 7 días

fc=240kg/cm ² -14días			
#	Dureza (r)	Resistencia Kg/cm ²	Promedio
1	35	211,65	34,00
2	32	173,4	
3	34	198,9	
4	35	211,65	
5	33	186,15	
6	34	198,9	
7	33	186,15	
8	34	198,9	
9	33	186,15	
10	35	211,65	
		198,90	



Toma de datos con el esclerómetro de nuestra muestra a los 14 días

Tabla con los valores de numero de golpes o dureza y resistencia de muestra a los 14 días



Curva de resistencia de nuestra muestra a los 14 días

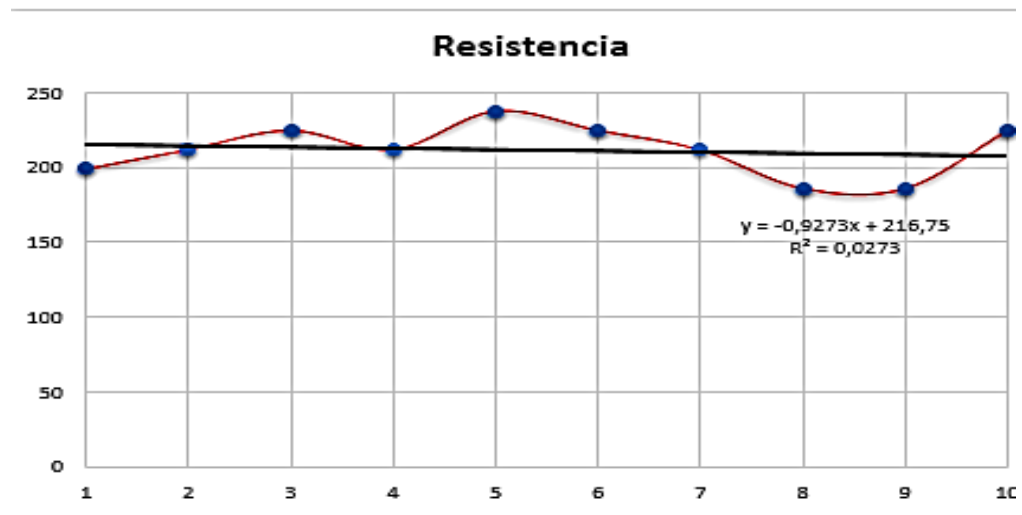
$$\text{Columna } f_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

fc=280kg/cm2-7dias			
#	Dureza (r)	Resistencia kg/cm ²	Promedio
1	34	198,9	35,00
2	35	211,65	
3	36	224,4	
4	35	211,65	
5	37	237,15	
6	36	224,4	
7	35	211,65	
8	33	186,15	
9	33	186,15	
10	36	224,4	
		211,65	



Toma de datos con el esclerómetro de nuestra muestra a los 7 días

Tabla con los valores de numero de golpes o dureza y resistencia de muestra a los 7 días



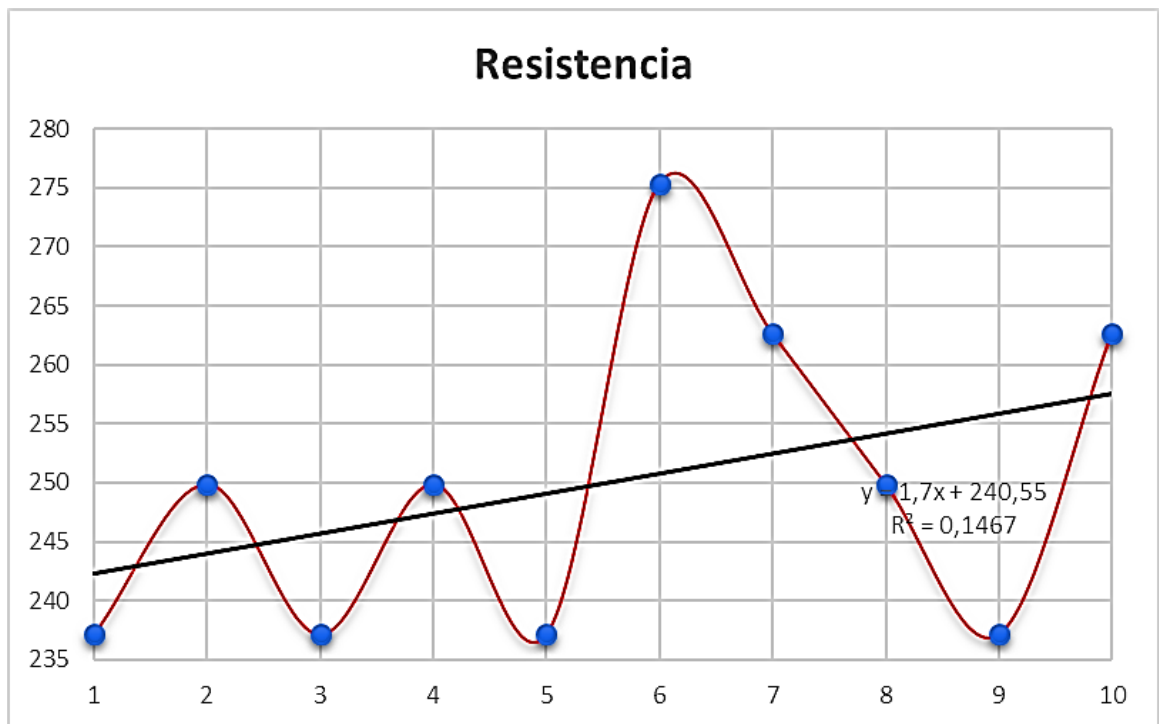
Curva de resistencia de nuestra muestra a los 7 días

fc=280kg/cm ² -14días			
#	Dureza (r)	Resistencia Kg/cm ²	Promedio
1	37	237,15	38,00
2	38	249,9	
3	37	237,15	
4	38	249,9	
5	37	237,15	
6	40	275,4	
7	39	262,65	
8	38	249,9	
9	37	237,15	
10	39	262,65	
		249,90	



Toma de datos con el esclerómetro de nuestra muestra a los 14 días

Tabla con los valores de número de golpes o dureza y resistencia de muestra a los 14 días



Curva de resistencia de nuestra muestra a los 14 días

I. Extracción de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión

Ilustración 23: Extracción de las muestras



Cilindro o Núcleo de hormigón

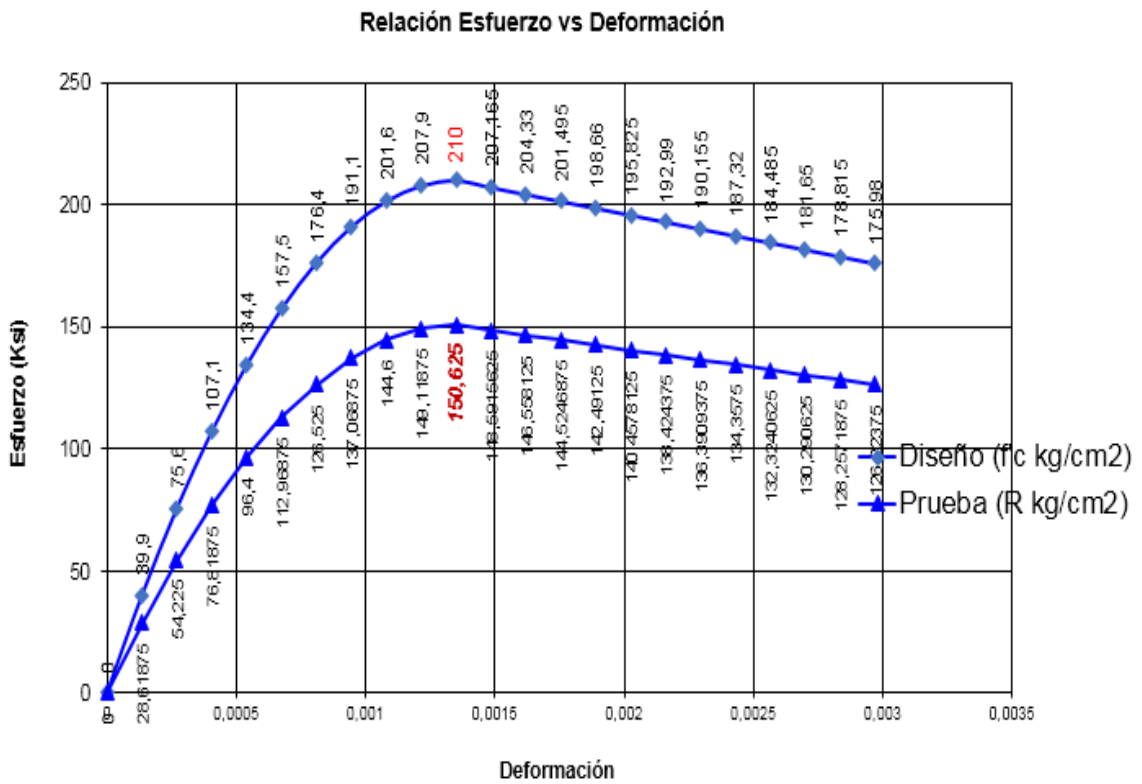


Pesado de los cilindros

J. Resistencia a la compresión $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Ensayo a compresión del cilindro a los 7 días

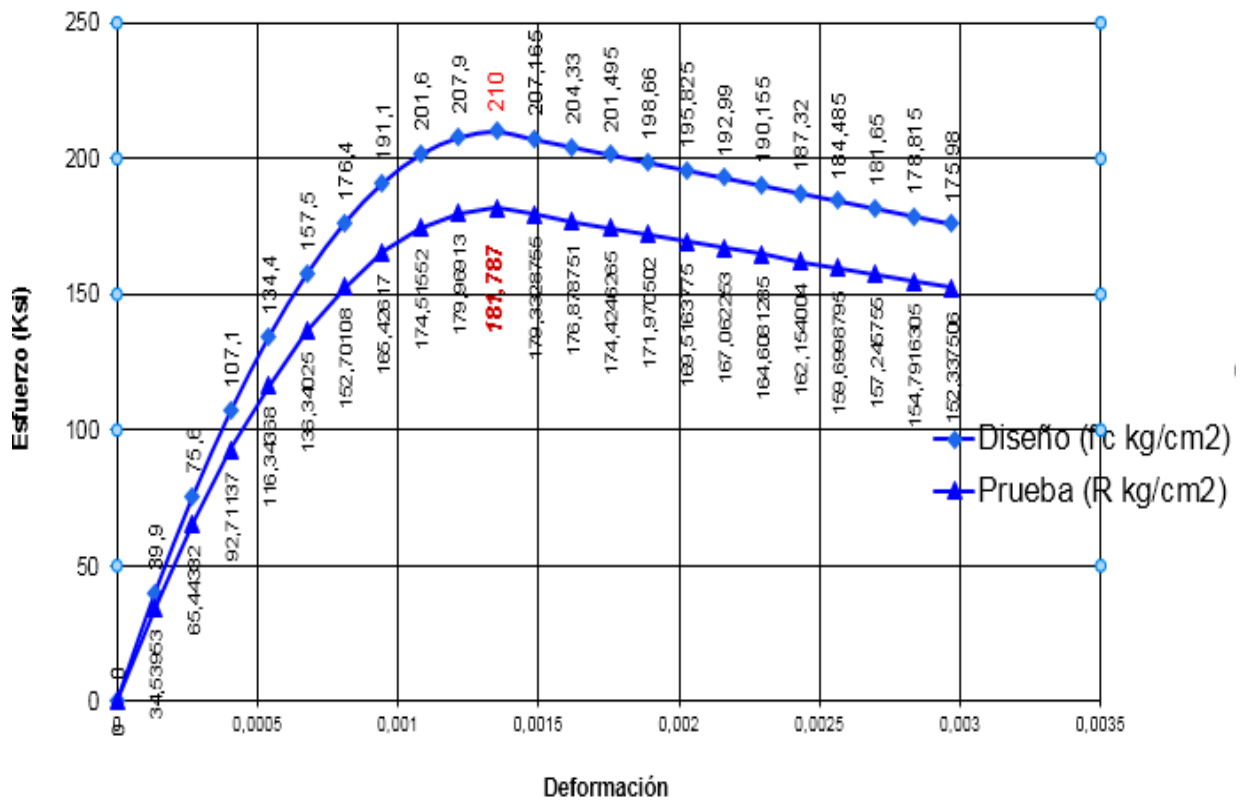


Curva de esfuerzo/deformación del cilindro



Ensayo a compresión del cilindro a los 14 días

Relación Esfuerzo vs Deformación

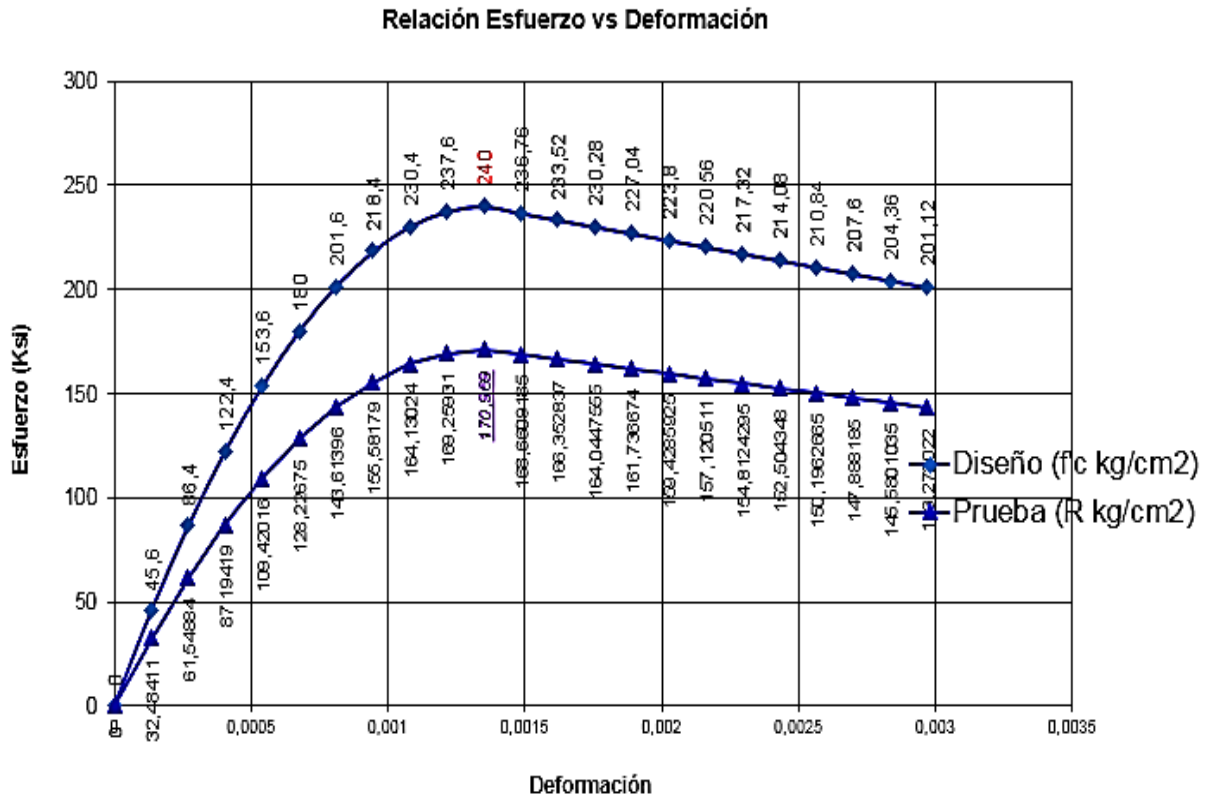


Curva de esfuerzo/deformación del cilindro a los 14 días

$$f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$$



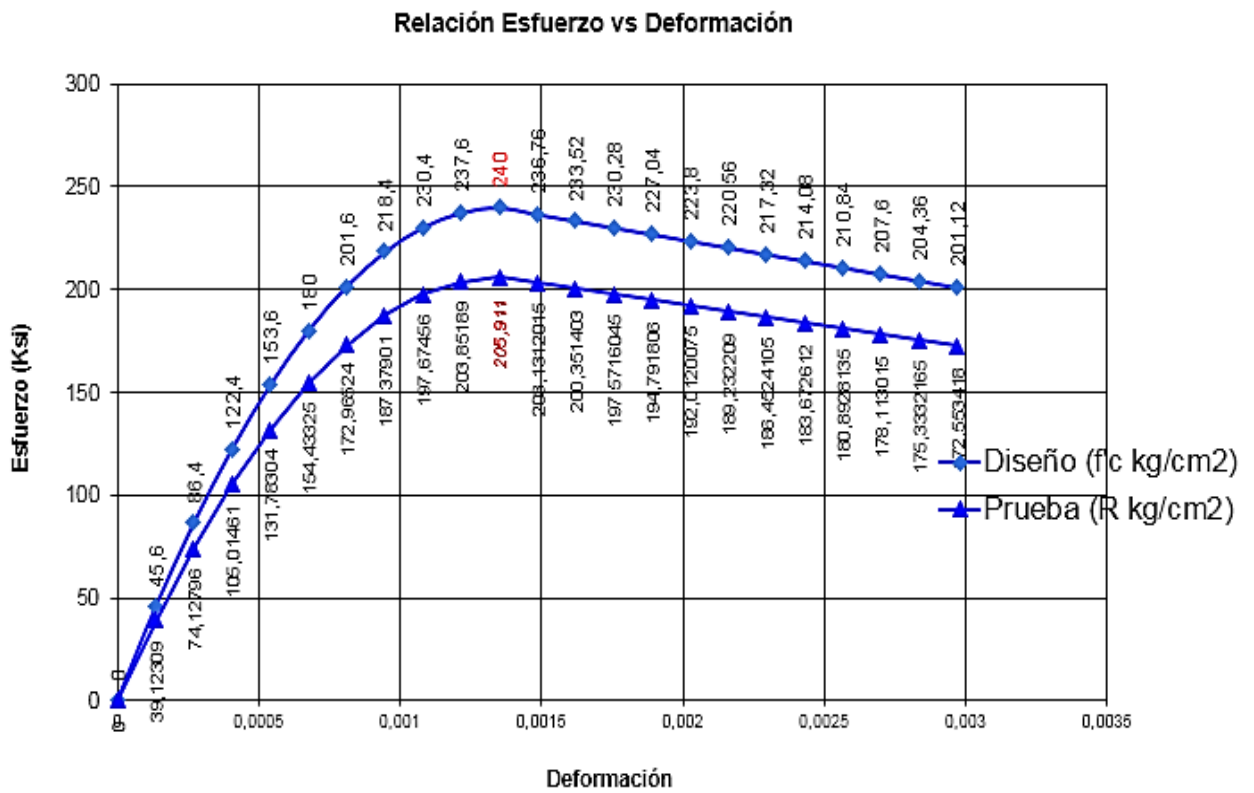
Ensayo a compresión del cilindro a los 7 días



Curva de esfuerzo/deformación del cilindro a los 7 días



Ensayo a compresión del cilindro a los 14 días

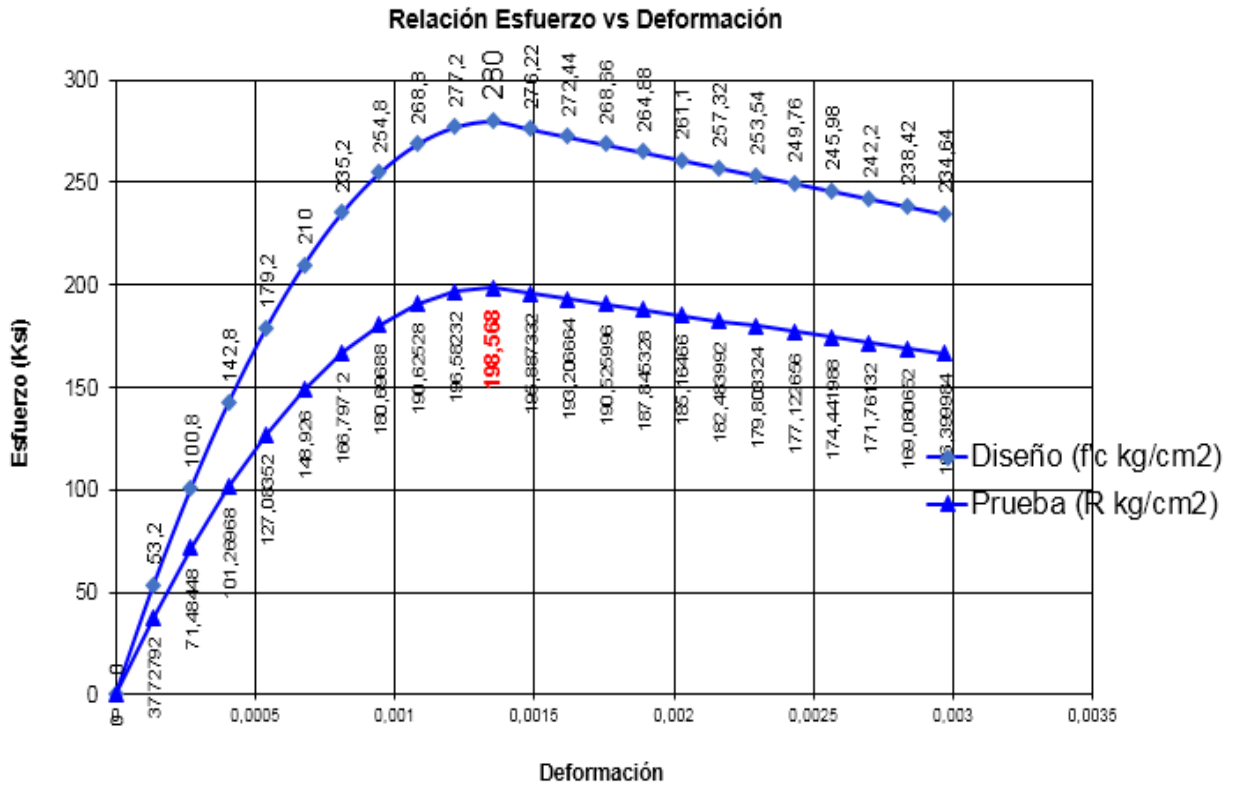


Curva de esfuerzo/deformación del cilindro a los 14 días

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$



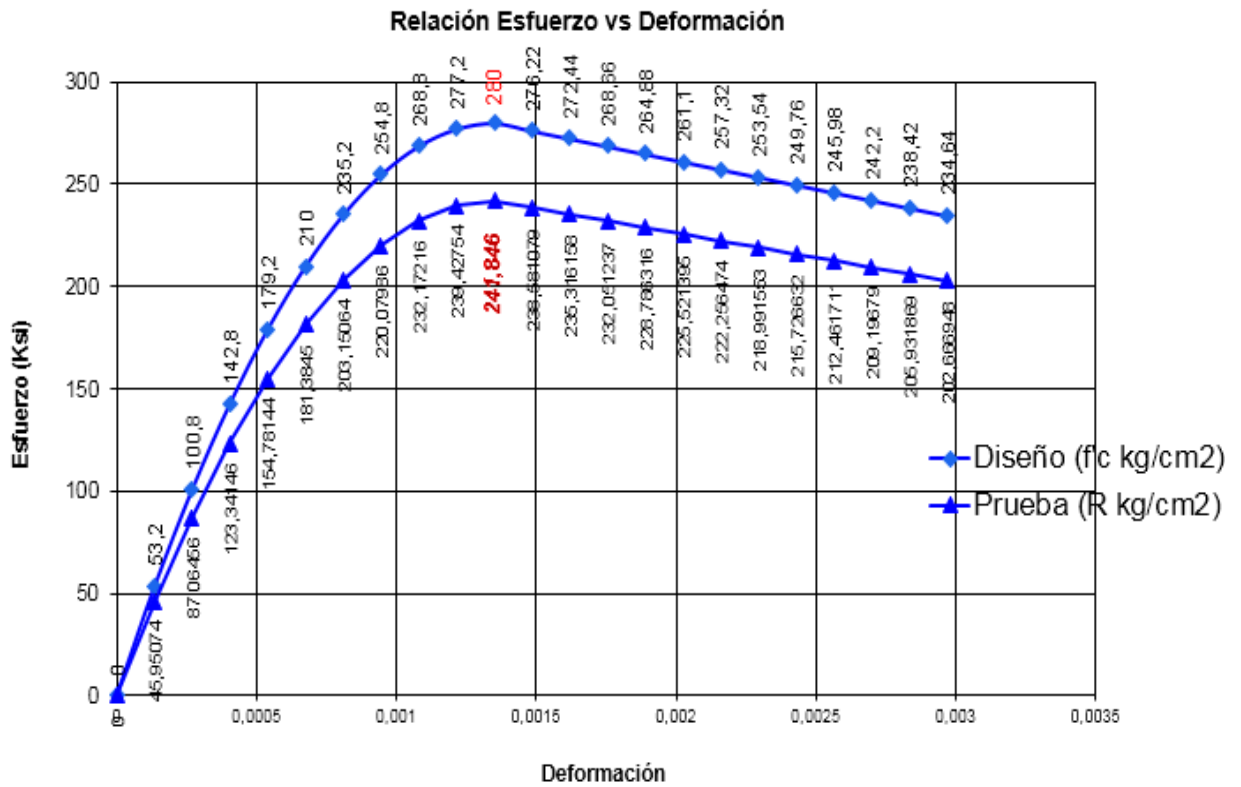
Ensayo a compresión del cilindro a los 7 días



Curva de esfuerzo/deformación del cilindro a los 7 días



Ensayo a compresión del cilindro a los 14 días



Curva de esfuerzo/deformación del cilindro a los 14 días

Anexo 3: Cálculos del ensayo de resistencia a compresión

1. Datos de los cilindros $f_c=210$

$$\phi = 10cm$$

$$h = 20cm$$

Área de cilindros

$$A = \frac{\pi * (\phi)^2}{4} = \frac{\pi * (10)^2}{4} = 78.53cm^2$$

Volumen de cilindros

$$V = \pi * r^2 * h = \pi * (5cm)^2 * 20cm = 1570.6cm^3$$

Densidad

$$\rho = \frac{m_7}{v} = \frac{3750gr}{1570.6cm^3} = 2.3876 gr/cm^3$$

$$\rho = \frac{m_{14}}{v} = \frac{3850gr}{1570.6cm^3} = 2.4513 gr/cm^3$$

CALCULO DE RESISTENCIAS

A la continuidad se muestra los resultados de las resistencias obtenidas en los ensayos.

Esfuerzo de compresión

$$F_{7días} = 116KN * \frac{101.97kgf}{1KN} = 11828.52 kgf$$

$$\sigma_{7días} = \frac{F}{A} = \frac{11828.52 Kgf}{78.53cm^2} = 150.625 kgf/cm^2$$

$$F_{14días} = 140KN * \frac{101.97kgf}{1KN} = 14275.8kgf$$

$$\sigma_{14días} = \frac{F}{A} = \frac{14275.8 Kgf}{78.53cm^2} = 181.787 kgf/cm^2$$

2. Datos de los cilindros $f_c=240$

$$\phi = 10.2\text{cm}$$

$$h = 20\text{cm}$$

Área de cilindros

$$A = \frac{\pi * (\phi)^2}{4} = \frac{\pi * (10.2)^2}{4} = 81.71\text{cm}^2$$

Volumen de cilindros

$$V = \pi * r^2 * h = \pi * (5.1\text{cm})^2 * 20\text{cm} = 1634.25\text{cm}^3$$

Densidad

$$\rho = \frac{m_7}{v} = \frac{3900\text{gr}}{1570.6\text{cm}^3} = 2.3864\text{gr}/\text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{m_{14}}{v} = \frac{3950\text{gr}}{1570.6\text{cm}^3} = 2.4170\text{gr}/\text{cm}^3$$

CALCULO DE RESISTENCIAS

A la continuidad se muestra los resultados de las resistencias obtenidas en los ensayos.

Esfuerzo de compresión

$$F_{7\text{días}} = 137\text{KN} * \frac{101.97\text{kgf}}{1\text{KN}} = 13969.89\text{kgf}$$

$$\sigma_{7\text{días}} = \frac{F}{A} = \frac{13969.89\text{Kgf}}{81.71\text{cm}^2} = 170.969\text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$F_{14\text{días}} = 165\text{KN} * \frac{101.97\text{kgf}}{1\text{KN}} = 16825.05\text{kgf}$$

$$\sigma_{14\text{días}} = \frac{F}{A} = \frac{16825.05\text{Kgf}}{81.71\text{cm}^2} = 205.911\text{kgf}/\text{cm}^2$$

3. Datos de los cilindros fc=280

Datos de los cilindros fc=280

$$\phi = 10.1cm$$

$$h = 21cm$$

Área de cilindros

$$A = \frac{\pi * (\phi)^2}{4} = \frac{\pi * (10.1)^2}{4} = 80.11cm^2$$

Volumen de cilindros

$$V = \pi * r^2 * h = \pi * (5.05cm)^2 * 21cm = 1682.49cm^3$$

Densidad

$$\rho = \frac{m_7}{v} = \frac{4000gr}{1682.49cm^3} = 2.3774 gr/cm^3$$

$$\rho = \frac{m_{14}}{v} = \frac{4055gr}{1682.49cm^3} = 2.4101 gr/cm^3$$

CALCULO DE RESISTENCIAS

A la continuidad se muestra los resultados de las resistencias obtenidas en los ensayos.

Esfuerzo de compresión

$$F_{7días} = 156KN * \frac{101.97kgf}{1KN} = 15907.32 kgf$$

$$\sigma_{7días} = \frac{F}{A} = \frac{15907.32 Kgf}{80.11cm^2} = 198.568 kgf/cm^2$$

$$F_{14días} = 190KN * \frac{101.97kgf}{1KN} = 19374.3kgf$$

$$\sigma_{14días} = \frac{F}{A} = \frac{19374.3 Kgf}{80.11cm^2} = 241.846 kgf/cm^2$$

Tabla de los ensayos de resistencia a compresión

Gráfica 4: Curva de resistencia a los 14 días

HORMIGON A LOS 7 DIAS	CARGA APLICADA		RESISTENCIA	
FC=kg/cm ²	KN	kgf	kg/cm ²	MPA
210	116	11828,52	150,625	14,78
240	137	13969,89	170,969	16,78
280	156	15907,32	198,568	19,49
HORMIGON A LOS 14DIAS	CARGA APLICADA		RESISTENCIA	
FC=kg/cm ²	KN	kgf	kg/cm ²	MPA
210	140	14275,8	181,787	17,84
240	165	16825,05	205,911	20,21
280	190	19374,3	241,846	23,73

ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS Y DESTRUCTIVO

En el reconocimiento de resistencia a la compresión se experimentó con 6 muestras y se colocaron al curado de 7 y 14 días con el fin de cumplir con el control de calidad del hormigón en columnas y vigas en este caso se basó a ensayos acabados en el laboratorio y he determinado que la primera muestra tiene una resistencia de $150.625 \frac{kg}{cm^2}$, la segunda muestra de $170.969 \frac{kg}{cm^2}$, la tercer muestra de $198.568 \frac{kg}{cm^2}$ a los 7 días de curado; y la segunda tana de muestra a los 14 días de curado fueron $181.787 \frac{kg}{cm^2}$, $205.911 \frac{kg}{cm^2}$, $241.846 \frac{kg}{cm^2}$ para las cuales se diseñó las siguientes resistencia $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ por lo que según los resultados obtenidos se puede determinar que el hormigón cumple con las especificaciones técnicas de un buen control de calidad se diseñó inicialmente.

Las densidades del hormigón cilíndrico son los consiguientes:

Densidades: $\rho_7 = 2387.8 \frac{kg}{m^3}; \rho_{14} = 2451.3 \frac{kg}{m^3}$

$$\rho_7 = 2386.4 \frac{kg}{m^3}; \rho_{14} = 2417 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_7 = 2377.4 \frac{kg}{m^3}; \rho_{14} = 2410.1 \frac{kg}{m^3}$$

Cumple con las especificaciones técnicas dadas en la sección "Especificaciones" de la Norma NTE IEN 1573[11]; Indica la densidad mínima del hormigón de densidad normal de $1920 \frac{kg}{m^3}$ de hormigones con densidad normal.

El ensayo de esclerometría es un método no destructivo fundamentado en las normas NTE INEN 3121, utilizó el esclerómetro Schmidt (Proceq) tipo N: 2.207 Nm, previamente calibrado, para lo cual se realizó 10 impactos sobre un área extremadamente lisa con separaciones mínimas de 2,5cm en la muestra $f'c = 210$; $f'c = 240$; $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, tomando los datos a partir de los 7 a 14 días mismos que han sido promediados, dando como conclusión que la resistencia obtenida en $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado 147.90 kg/cm^2 y a los 14 días es 186.15 kg/cm^2 , mientras que a resistencia obtenida en $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado 173.40 kg/cm^2 y a los 14 días es 198.90 kg/cm^2 y finalmente la resistencia obtenida en $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días da como resultado 211.65 kg/cm^2 y a los 14 días es 249.90 kg/cm^2 determinando así la dureza del material en tal caso del hormigón