



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA
CIVIL**

**Elaboración de una mezcla de hormigón de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando agregados
finos y gruesos de la Parroquia de Nueva Loja con la incorporación de dos tipos de
cemento.**

ANDRADE HERRERA CARLOS DANILO

Tutor: Ing. LUIS SORIA

Quito, Octubre de 2024.

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Carlos Danilo Andrade Herrera, con cédula de identidad # 175045091-6, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, Octubre de 2024

Carlos Danilo Andrade Herrera

Correo electrónico: carlosandradedaniel@hotmail.com

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**Elaboración de una mezcla de hormigón de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando
agregados finos y gruesos de la Parroquia de Nueva Loja con la incorporación de dos
tipos de cemento.**

Realizado por:

CARLOS DANILO ANDRADE HERRERA

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ha sido dirigido por el profesor:

LUIS ALBERTO SORIA NÚÑEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

Título del trabajo de titulación

**Elaboración de una mezcla de hormigón de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando
agregados finos y gruesos de la Parroquia de Nueva Loja con la incorporación de dos
tipos de cemento.**

Por:

CARLOS DANILO ANDRADE HERRERA

Octubre de 2024

Aprobado:

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Tutor Primer Nombre,
Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal Primer Nombre, Inicial,
Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal Primer Nombre, Inicial, Primer
Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año Primer
Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año Primer
Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año Primer
Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

_____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía, por darme la fuerza y sabiduría necesarias para superar cada desafío en este camino. Sin su bendición, este logro no habría sido posible.

A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por siempre creer en mí. A mi hermano, por su apoyo constante y por ser un ejemplo de fortaleza. A mi amada esposa, quien ha sido mi pilar, mi fuente de inspiración y mi mayor motivación en los momentos difíciles; sin ti, este logro no habría sido posible.

Carlos Danilo Andrade Herrera

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme en cada paso de este camino y darme la fortaleza necesaria para alcanzar una de mis metas. A mis padres, Carlos Andrade y Piedad Herrera, quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional me han dado las bases para superar cualquier desafío. A mi hermano Marcelo Andrade, por estar siempre presente y brindarme su apoyo en los momentos más importantes. A mi amada esposa Valeria Conde, por su apoyo incondicional, comprensión y amor, siendo mi mayor motivación para seguir adelante en este proceso.

A mi gran amigo Edwin Enríquez, por su amistad, consejos y acompañamiento en este trayecto. Por último, a los docentes que con su conocimiento, dedicación y esfuerzo me han guiado y permitido crecer tanto a nivel académico como personal.

Carlos Danilo Andrade Herrera

Este trabajo de tesis fue realizado bajo el Programa de Investigación: Convocatoria para la presentación de programas y/o proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico – Universidades.

Nombre de Programa

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS, CARRERA INGENIERÍA
CIVIL

Y con el financiamiento de

(colocar el que aplique)

Proyecto de Investigación de la Dirección de Investigación e Innovación

DII-UISEK-PXXXXXX_X.X

Resumen

En la parroquia de Nueva Loja, se hace evidente la necesidad de abordar el campo de la construcción de forma profesional y responsable. Muchas de las estructuras construidas en la zona han sido realizadas de manera tradicional, empleando materiales extraídos de un río cercano, pero sin que se haya llevado a cabo un análisis técnico previo.

En esta investigación, se desarrollará un concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 , incorporando dos tipos de cemento y utilizando agregados provenientes de la mina Aguarico. Se evaluarán tanto las propiedades mecánicas como físicas del concreto y de los agregados. Para el estudio, se moldearon probetas cilíndricas de 300 mm de altura y 150 mm de diámetro. En la mezcla de concreto se emplearon dos cementos de tipo GU (Uso General): Holcim y Selva Alegre, además de los agregados gruesos y finos de la mina mencionada, los cuales serán utilizados en los ensayos a compresión.

Se realizaron 12 probetas cilíndricas para evaluar el comportamiento a compresión de dos tipos de cemento. Se usaron seis cilindros con cemento Holcim, los cuales fueron curados a los 7, 14 y 28 días. Al completar los 28 días, se obtuvo una resistencia de $220,7 \text{ Kg/cm}^2$, con un peso específico del cemento es de $2,93 \text{ gr/cm}^3$. En el segundo ensayo, utilizando cemento Selva Alegre, los cuales también fueron curados a los 7, 14 y 28 días. la resistencia a los 28 días fue de $217,3 \text{ Kg/cm}^2$, y su peso específico del cemento es de $2,74 \text{ gr/cm}^3$. Estas resistencias son adecuadas para edificaciones comunes, como viviendas de uno o dos pisos.

Palabras clave: Hormigón de 210 Kg/cm^2 , agregado grueso, compresión, Dosificación.

Abstract

In the parish of Nueva Loja, there is a clear need to address the field of construction in a professional and responsible manner. Many of the structures built in the area have been constructed in a traditional manner, using materials extracted from a nearby river, but without prior technical analysis.

In this research, a concrete with a compressive strength of 210 kg/cm² will be developed, incorporating two types of cement and using aggregates from the Aguarico mine. Both the mechanical and physical properties of the concrete and aggregates will be evaluated. For the study, cylindrical specimens of 300 mm in height and 150 mm in diameter were molded. Two GU (General Use) cements were used in the concrete mix: Holcim and Selva Alegre, in addition to the coarse and fine aggregates from the aforementioned mine, which will be used in the compression tests.

Twelve cylindrical specimens were made to evaluate the compression behavior of two types of cement. Six cylinders were used with Holcim cement, which were cured at 7, 14 and 28 days. At the end of 28 days, a resistance of 220.7 Kg/cm² was obtained, with a specific weight of 2.93 gr/cm³. In the second test, using Selva Alegre cement, which were also cured at 7, 14 and 28 days, the resistance at 28 days was 217.3 Kg/cm², and its specific weight of cement is 2.74 gr/cm³. These strengths are suitable for common buildings, such as one- or two-story houses.

Keywords: 210 Kg/cm² concrete, coarse aggregate, compression, dosage.

1. Tabla de Contenidos

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento.....	1
1.2.	Formulación	2
1.3.	Objetivos	2
1.3.1.	Objetivo General	2
1.3.2.	Objetivos Específicos	2
1.4.	Justificación	3
2.	Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.	Marco Referencial.....	4
2.2.	Antecedentes	4
2.3.	Resistencia a la compresión (F'_c):	4
2.4.	Agregados finos:	4
2.5.	Agregados gruesos:.....	4
2.6.	Cemento:	4
2.7.	Granulometría:	4
2.8.	Impurezas:.....	5
2.9.	Relación, Agua / Cemento (a/c):.....	5
2.10.	Trabajabilidad:	5
2.11.	Durabilidad:	5
2.12.	Agregados pétreos:.....	5
2.13.	Fundamentos Teóricos	5
2.13.1.	Mezclas de hormigón:	5

2.13.2.	Propiedades de los agregados:.....	5
2.13.3.	Química del cemento:	6
2.13.4.	Influencia de la relación, Agua / Cemento:	6
2.13.5.	Características del hormigón en estado fresco:.....	6
2.13.6.	Características del hormigón una vez endurecido:	6
2.13.7.	Ensayos del hormigón:.....	6
2.14.	Características de los agregados.	7
2.14.1.	Agregados calizos.	7
2.14.2.	Agregados Silíceos.....	7
2.14.3.	Agregados volcánicos y metamórfica.....	7
2.15.	Consideraciones para el uso de agregados de Nueva Loja:	7
2.16.	Caracterización de los agregados para la mezcla.....	8
2.16.1.	Agregados Finos.	8
2.16.2.	Granulometría.	8
2.17.	Módulo de finura.....	10
2.18.	Peso Específico.	10
2.19.	Densidad Real.	10
2.20.	Densidad Nominal.	10
2.21.	Densidad Aparente.....	10
2.22.	Humedad.....	11
2.23.	Porcentaje de vacíos.....	11
2.24.	Absorción.....	13
2.24.1.	Agregado Grueso.	14
2.25.	Introducción	14
2.26.	Elementos del Hormigón	15
2.26.1.	Cemento	15
2.27.	Resistencia del tipo de cemento.....	16

2.28.	Los Agregados	17
2.29.	Agua.....	17
2.30.	Características del Hormigón.....	17
2.31.	Características en estado fresco.	17
2.31.1.	Trabajabilidad	17
2.31.2.	Homogeneidad	17
2.31.3.	Consistencia	18
2.31.4.	Densidad	18
2.32.	Características del hormigón una vez endurecido.	18
2.32.1.	Resistencia a la compresión	18
2.32.2.	Módulo de elasticidad.	19
2.32.3.	Ductilidad.....	19
2.32.4.	Resistencia a la tracción	20
2.32.5.	Resistencia al Corte.....	20
2.33.	Método de la de densidad óptima.	21
2.34.	Método del A.C.I.	22
3.	Capítulo 3: METODOLOGÍA	24
3.1.	Procedimiento y análisis	28
3.2.	Ensayo de densidad relativa.....	29
3.3.	Ensayo de diseño de concreto según ACI 211.....	30
3.4.	Tipos de falla en probetas de concreto.....	32
4.	Capítulo 4: Evaluación e Interpretación de Resultados	33
4.1.	Ensayo de Granulométrico.....	33
4.2.	Ensayo del contenido de humedad.....	35
4.3.	Ensayo de absorción y peso específico unitario	36

4.3.1.	Agregado Grueso	36
4.3.2.	Agregado Fino	36
4.4.	Peso Específico del cemento.....	36
4.5.	Peso volumétrico suelto y compactado.....	37
4.5.1.	Agregado Grueso	37
4.5.2.	Agregado Fino	37
4.6.	Resistencia a la abrasión de los áridos.....	38
4.7.	Diseño de concreto.....	38
4.8.	Condiciones de ambiente para los agregados	39
4.9.	Elaboración de cilindros	39
4.10.	Frecuencia de los ensayos	40
4.11.	Resistencia a la compresión	40
4.12.	Tipos de falla.....	42
5.	Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones	44
5.1.	Conclusiones	44
5.2.	Recomendaciones	45
6.	Bibliografía	47
7.	Anexos	49

Lista de Tablas

Tabla 1: Tamices de Granulometría.....	8
Tabla 2: Límites de resistencias en hormigones diseñados con cemento Tipo GU.....	15
Tabla 3: Valores de resistencia a corte.	21
Tabla 4: Dosificación de mezclas sin aditivos según ACI.....	23
Tabla 5: Requisitos para condiciones especiales para la relación a/c.	31
Tabla 6: Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción.	32
Tabla 7: Granulometría del agregado grueso.....	33
Tabla 8: Granulometría del agregado fino.....	34
Tabla 9: Contenido de humedad de los agregados fino y gruesos.	35
Tabla 10: Absorción del agregado grueso.	36
Tabla 11: Absorción del agregado fino.....	36
Tabla 12: Pesos específicos de los dos tipos de cemento.	37
Tabla 13: Peso volumétrico suelto y compactado grueso.....	37
Tabla 14: Peso volumétrico suelto y compactado grueso.....	37
Tabla 15: Resistencia a la abrasión de los áridos.....	38
Tabla 16: Dosificación para $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	38
Tabla 17: Dosificación para $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	39
Tabla 18: Resistencia de las muestras sometidas a prueba de compresión a los 7, 14 y 21 días.	41
Tabla 19: Análisis granulométrico agregado grueso	49
Tabla 20: Análisis granulométrico agregado fino.....	50
Tabla 21: Pesos específicos unitarios agregado grueso.	51
Tabla 22: Pesos específicos unitarios agregado fino.	51
Tabla 23: Peso volumétrico suelto y compacto triturado.....	52

Tabla 24: Graduación de la muestra.	52
Tabla 25: Dosificación para un m ³	53
Tabla 26: Dosificación para un saco.	53
Tabla 27: Dosificación para un m ³ con cemento Selva Alegre.	53
Tabla 28: Dosificación para un saco con cemento Selva Alegre.	53
Tabla 29: Resistencia a la compresión a los 7 días con cemento Holcim.	54
Tabla 30: Resistencia a la compresión a los 14 días con cemento Holcim.	54
Tabla 31: Resistencia a la compresión a los 14 días con cemento Holcim.	55
Tabla 32: Resistencia a la compresión a los 7 días con cemento Selva Alegre.	55
Tabla 33: Resistencia a la compresión a los 14 días con cemento Selva Alegre.	56
Tabla 34: Resistencia a la compresión a los 28 días con cemento Selva Alegre.	56

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Curva de desarrollo de resistencia referencial del Hormigón con Cemento Tipo GU.....	15
Ilustración 2: Resistencia a la compresión cemento Holcim.	16
Ilustración 3: Resistencia a la compresión cemento Selva Alegre.	16
Ilustración 4: Curva de distribución.....	18
Ilustración 5: Curvas de esfuerzo-deformación.	19
Ilustración 6: Ductilidad.	20
Ilustración 7: Prueba de Tracción.	20
Ilustración 8: Prueba de Corte de Hormigón.	21
Ilustración 9: Parámetros de diseño.	22
Ilustración 10: Ensayo de Densidad Específica.	30
Ilustración 11: Esquemas de los modelos de fractura típicas.	32
Ilustración 12: Curva de granulometría del agregado grueso.	34
Ilustración 13: Curva de granulometría del agregado fino.	35
Ilustración 14: Elaboración de cilindros.	39
Ilustración 15: Recolección de datos en el ensayo de compresión de cilindros f'_c de 210 kg/cm ²	41
Ilustración 16: Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.	42
Ilustración 17: Curva Granulométrica Agregado grueso (Piedra picada).....	49
Ilustración 18: Curva Granulométrica Agregado fino.	50
Ilustración 19: Resistencia a la compresión de probetas de hormigón. ... ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 20: Resistencia a la compresión de probetas.	58

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento

A lo largo del tiempo, los agregados locales han sido utilizados por el sector de la construcción en el cantón Lago Agrio, parroquia Nueva Loja, para producir hormigón.

Si bien este enfoque ha permitido la ejecución de obras, existe la inquietud de si las prácticas de preparación y diseño del hormigón empleadas se ajustan a los estándares técnicos vigentes. Para abordar esta incertidumbre, se propone el diseño de nuevos hormigones utilizando los materiales del sector, evaluando su cumplimiento con los requisitos técnicos y buscando optimizar su desempeño.

En la Parroquia de Nueva Loja, ubicada en la provincia de Sucumbíos, Ecuador, se dispone de una abundante cantidad de materiales pétreos aptos para ser empleados como agregados en la fabricación de hormigón. Sin embargo, Para alcanzar una resistencia de 210 kg/cm², es necesario realizar estudios y pruebas para determinar la idoneidad de estos materiales y establecer la dosificación adecuada.

Además, la comparación de dos tipos de cemento en diferentes mezclas de hormigón puede tener un impacto significativo en sus propiedades mecánicas y su durabilidad. Por lo tanto, es esencial investigar cómo cada tipo de cemento afecta la resistencia por separado.

En consecuencia, con el fin de determinar las propiedades mecánicas y físicas de los agregados que se encuentran disponibles en la Parroquia Nueva Loja, en este estudio se realizará una serie de ensayos de laboratorio, utilizando estos materiales junto con dos tipos de cementos de distintas casas comerciales. Los resultados obtenidos servirán para generar recomendaciones sobre la dosificación y elaboración de hormigón en la región.

1.2. Formulación

¿Cuáles son las características mecánicas, químicas y físicas de los agregados finos nativos de la parroquia Nueva Loja y cómo afectan estas características al comportamiento del concreto?

La parroquia de Nueva Loja ha empleado históricamente agregados locales en sus proyectos de construcción, una práctica que perdura hasta la actualidad. Estos agregados se utilizan mediante el método convencional de mezcla de hormigón. Sin embargo, surge la interrogante de si estas construcciones, realizadas con materiales de la región, se ajustan a las normas técnicas de diseño vigentes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar una mezcla de hormigón empleando agregados finos y gruesos provenientes de la mina Aguarico, parroquia Nueva Loja, con dos tipos de cemento, con el propósito de evaluar comparativamente la resistencia a compresión de ambas mezclas a los 7, 14 y 28 días, y así determinar cuál tipo de cemento ofrece el mejor desempeño en términos de resistencia.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar la proporción óptima de los componentes de una mezcla de hormigón para lograr una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 . Para ello, se empleará la metodología del American Concrete Institute (ACI).

Verificar si el asentamiento obtenido en el ensayo del cono de Abrams se encuentra dentro de los límites establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto, asegurando así la adecuada trabajabilidad de la mezcla de hormigón.

Evaluar los ensayos realizados en los especímenes de hormigón con una resistencia f'_c de 210 kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días mediante tablas que reflejen los resultados obtenidos, para verificar qué tipo de cemento cumple con la resistencia requerida en cada etapa de curado.

1.4. Justificación

La contribución de este proyecto de investigación es el conocimiento sobre las propiedades y el comportamiento del hormigón elaborado con agregados de la Parroquia Nueva Loja. Esto permitirá promover el uso de estos materiales locales como una alternativa para la producción de hormigón de calidad.

En definitiva, Además de ser un avance científico en el campo de la ingeniería civil, el diseño de un hormigón de 210 kg/cm^2 utilizando agregados de la parroquia de Nueva Loja tiene el potencial de contribuir significativamente al desarrollo sostenible de la región amazónica de Ecuador.

2. Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

2.2. Antecedentes

En la región amazónica de Ecuador se encuentra el Canto Lago Agrio, de 17,81 km², donde viven 55.627 personas. Investigaciones anteriores han descrito las características mecánicas, químicas y físicas de los agregados finos de la parroquia Nueva Loja.

El comportamiento del hormigón con agregados en Nueva Loja: No se cuenta con información suficiente sobre el comportamiento a largo plazo del hormigón (210 Kg/cm²) elaborado con agregados finos y gruesos de la Parroquia Nueva Loja, especialmente en las condiciones ambientales de la región amazónica, caracterizadas por alta humedad y temperatura.

2.3. Resistencia a la compresión (F'c):

Capacidad del hormigón para resistir una carga que tiende a aplastarlo. Se expresa en kg/cm².

2.4. Agregados finos:

Partículas de tamaño inferior a 5 mm, como arena, utilizadas en la mezcla de hormigón.

2.5. Agregados gruesos:

Partículas de tamaño superior a 5 mm, como grava, utilizadas en la mezcla de hormigón.

2.6. Cemento:

Sustancia aglutinante que endurece y une los áridos cuando se combina con agua para formar una pasta. (Porrero, 2009)

2.7. Granulometría:

La granulometría presenta una uniformidad en los tamaños de los agregados, lo que mejora la trabajabilidad del concreto sin alterar las proporciones de agua y cemento.

2.8. Impurezas:

Sustancias que se encuentran en los agregados pueden influir negativamente en las propiedades del hormigón. (Neville, 2011)

2.9. Relación, Agua / Cemento (a/c):

la proporción de cemento respecto a la masa de agua en una mezcla de hormigón. (Neville, 2011)

2.10. Trabajabilidad:

La facilidad de colocación y compactación del hormigón recién mezclado. (Neville, 2011)

2.11. Durabilidad:

Capacidad del hormigón para resistir el deterioro con el tiempo debido a factores ambientales, químicos o físicos.

2.12. Agregados pétreos:

Consisten en un conjunto de materiales de diferentes tamaños, de origen natural, como la arena y las piedras, que se obtienen mediante el proceso de trituración.

2.13. Fundamentos Teóricos

2.13.1. Mezclas de hormigón:

El diseño de mezclas de hormigón es un proceso complejo que implica la selección de materiales, las proporciones de los componentes y la consideración de diversos factores como la resistencia deseada, la trabajabilidad, la durabilidad y la economía. (Nicolas Gómez Cerinza, 2018)

2.13.2. Propiedades de los agregados:

Las características del hormigón fresco y curado se ven influidas significativamente por las cualidades de los áridos, como la densidad, el tamaño de las partículas y la concentración de impurezas. (Cachi, 2009)

2.13.3. Química del cemento:

El proceso de hidratación del cemento es una reacción química exotérmica que genera la pasta de cemento, la cual recubre y adhiere los agregados. La velocidad de este proceso, la resistencia final del hormigón y otras de sus propiedades están determinadas por la composición química del cemento. (Mehta, 2014)

2.13.4. Influencia de la relación, Agua / Cemento:

La proporción agua/cemento (a/c) es un factor clave en la determinación de la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del hormigón. Un menor valor de a/c resulta en un hormigón más compacto y fuerte, aunque con una trabajabilidad reducida. (Mehta, 2014)

2.13.5. Características del hormigón en estado fresco:

Las características del hormigón fresco, como su manejabilidad, el tiempo de fraguado y la generación de calor, son cruciales para asegurar una correcta colocación y curado del material. (Mehta, 2014)

2.13.6. Características del hormigón una vez endurecido:

Las características del hormigón endurecido, como su resistencia a la compresión, flexión, tracción y su durabilidad, son esenciales para el rendimiento estructural del material. (Neville, 2011)

2.13.7. Ensayos del hormigón:

Se llevan a cabo diferentes pruebas para medir las propiedades del hormigón tanto en estado fresco como endurecido, incluyendo ensayos de manejabilidad, resistencia a la compresión, flexión, tracción y durabilidad. (Neville, 2011)

2.14. Características de los agregados.

2.14.1. Agregados calizos.

Las rocas calizas trituradas son abundantes y tienen un precio razonable; se encuentran de forma natural en el suelo. En la construcción de carreteras se utilizan con frecuencia como árido grueso. Especialmente la caliza se adhiere mejor y es más fácil de triturar. Este tipo de árido se utiliza con otros áridos más resistentes en las mezclas de carreteras.

2.14.2. Agregados Silíceos.

Los agregados más grandes se separan mediante cribado, mientras que los más pequeños se utilizan como agregados silíceos para la producción de materiales de construcción. Las piedras brutas necesarias para su fabricación se extraen de canteras de roca natural. Aunque estos componentes pueden presentar ciertos problemas cuando se usan en mezclas asfálticas, si contienen una cantidad significativa de sílice, pueden emplearse directamente en mezclas asfálticas para soportar el tráfico vehicular.

2.14.3. Agregados volcánicos y metamórfica.

Materiales como el basalto, el granito y las cuarcitas se emplean como áridos gruesos en las carreteras debido a sus excelentes propiedades. Estos materiales son capaces de soportar la circulación vehicular gracias a su alta resistencia al pulido y su durabilidad en la superficie a largo plazo.

2.15. Consideraciones para el uso de agregados de Nueva Loja:

Analizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados de Nueva Loja para evaluar su idoneidad en la producción de hormigón de alta resistencia.

Es necesario llevar a cabo pruebas de laboratorio para analizar la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y la durabilidad del hormigón producido con agregados de Nueva Loja y dos variedades de cemento. (Juárez, Santiago, & Vera, 2011)

2.16. Caracterización de los agregados para la mezcla.

2.16.1. Agregados Finos.

La arena, que es el material más fino, se genera cuando las piedras se trituran de manera natural y se recogen tanto de forma orgánica como sintética. Estos materiales pasan por un tamiz de 3/8" y se retienen en un tamiz N° 200.

2.16.2. Granulometría.

La uniformidad en la distribución de los tamaños de partículas que componen el agregado se logra mediante el tamizado de la muestra. Para determinar la granulometría, se aplica la norma ASTM C-33, que establece los límites permitidos para las características granulométricas del material. (Mehta, 2014)

Tabla 1: Tamices de Granulometría.

TAMICES	%PASA
3/8 "	100 %
No. 4	95% a 100%
No. 8	80 a 100%
No.16	50% a 85%
No. 30	25% a 60%
No. 50	5% a 30%
No. 100	0% a 10%

Fuente: Propia

Para obtener un árido fino adecuado deben cumplirse las siguientes condiciones:

1. No más del 45% del árido fino puede quedar retenido entre dos tamices continuos.
2. Se aconseja utilizar aditivos al tamizar entre mallas para compensar cualquier posible escasez de áridos.

3. La finura del agregado fino no debe superar los 2.3 mm, ni ser mayor a 3.1 mm. Además, la variación en comparación con la fuente original no debe ser superior a 0.2 mm; si se excede este valor, el agregado será rechazado.

Las grandes cantidades de áridos que pasan por los tamices 50, 100 y 200 pueden afectar negativamente a la trabajabilidad, textura y contenido de agua de la mezcla de hormigón. El porcentaje de material que pasa por el tamiz N° 50 debe oscilar entre el 10% y el 30% para producir una mezcla de alta calidad. Los pavimentos utilizan el árido si la proporción es inferior. Para conseguir un buen acabado en suelos acabados a mano, el porcentaje de material que pasa el tamiz n.º 50 debe ser del 15% para suelos acabados, y el porcentaje de material que pasa el tamiz n.º 100 no debe ser superior al 3%.

Procedimiento

Materiales: Tamices, Balanza, Agitador de tamices, Horno, Platos metálicos.

Norma de Referencia: INEN 696, 2011

Procedimiento:

Obtención de Muestras:

Recolectar las muestras del material fino utilizando lonas.

Cuarteo de Muestras:

Realizar el cuarteo de las muestras finas y obtener una muestra representativa de 1000 gramos, colocándola en platos metálicos.

Preparación de Tamices:

Ordenar los tamices en la siguiente secuencia: 1/2" 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, y N° 200.

Agitación de Muestras:

Colocar los tamices en el agitador, verter la muestra de agregados en la parte superior y agitar durante 15 minutos.

Pesaje y Cálculo:

Pesar el material retenido en cada tamiz y proceder con los cálculos necesarios.

2.17. Módulo de finura.

De acuerdo con la normativa ASTM C-125, se determinan los porcentajes que se retienen y pasan por los tamices cuando el agregado se divide en 100. Los tamices empleados abarcan los números (100, 50, 30, 16, 8, 4), así como los tamices de (3/8", 3/4", 1½", 3", y 6"). Este procedimiento permite evaluar si el árido es apropiado para su uso en la producción de hormigón, que tiene una granulometría comprendida entre 2,3 y 3,1 mm.

Fórmula:

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{Acumulados retenidos}(N^{\circ} 100, N^{\circ} 50, N^{\circ} 30, N^{\circ} 16, N^{\circ} 8, N^{\circ} 4, 3/8", 3/4", 1\frac{1}{2}", 3", 6")}{100}$$

2.18. Peso Específico.

Se emplea para determinar el volumen que ocupa el material en las mezclas y se analiza en relación con el volumen absoluto de agua. Si los cálculos arrojan densidades bajas, indica que el agregado es poroso, presenta debilidad y tiene una alta capacidad de absorción.

2.19. Densidad Real.

Esta característica se compara con el volumen absoluto de agua para calcular la masa ocupada por la sustancia en las mezclas. Las densidades bajas en los cálculos sugieren que el árido es débil, poroso y tiene una gran capacidad de absorción.

2.20. Densidad Nominal.

Se refiere al vínculo entre el peso y el volumen de aire dentro de un material en ensayo, considerando también la presencia de poros no saturados y la masa de agua libre de gases, que puede variar con las temperaturas normales.

2.21. Densidad Aparente.

Indicador de la cantidad de material sólido en una muestra de roca, suelo u otro material geológico utilizado en geología. Se obtiene dividiendo la masa de la muestra por su volumen

total, incluyendo los poros y cavidades que pueda contener. La Densidad Aparente es crucial para evaluar la composición y la compactación de los materiales geológicos.

2.22. Humedad

Es importante tener en cuenta la cantidad de agua que absorbe el agregado; ¿debe tomar más agua de lo habitual? disminuye la eficiencia del agua y del cemento, afectando la trabajabilidad del hormigón. Un exceso de agua incrementa la proporción y reduce la resistencia del hormigón.

Fórmula:

$$\%H = \frac{P.Natural - P.Seco}{P.Seco} * 100$$

Procedimiento de ensayo:

Materiales: Cuchara, Balanza, Horno, Recipiente de muestra.

Norma de referencia: Norma INEN 862

Procedimiento:

Preparación de la muestra: Cuartee 1000 gramos del material en una bandeja.

Saturación: Sumerja el material en agua durante 24 horas para asegurar su completa saturación.

Pesaje inicial: Pese el molde vacío junto con la muestra saturada.

Secado: Seque la muestra en un horno a 110 °C durante 24 horas y registre el peso seco.

Pesaje final: Pese el recipiente con la arena seca y obtenga los datos necesarios para el análisis.

2.23. Porcentaje de vacíos.

La normativa ASTM C29 lo establece midiendo la cantidad de huecos entre los granos y evaluando la disposición de estos.

Fórmula:

$$\% \text{ Vacios} = \frac{(S * W - M)}{(S * W)} * 100$$

Abrasión.

El propósito de este ensayo es determinar un porcentaje que proporciona información sobre la resistencia al desgaste y la durabilidad del árido, esta última esencial para producir hormigón de alta resistencia. El ensayo de abrasión y el cálculo se realizan de acuerdo con la norma INEN 860. (Hamilton & Santiago, 2020)

Donde:

D: Degradación en (%).

B: Muestra de la masa inicial.

C: Muestra el peso retenido en el tamiz N° 12, cuya abertura es de (1.70 mm), al finalizar el ensayo.

$$D = \frac{(B - C)}{(B)} * 100$$

Procedimiento de ensayo:

Materiales: Máquina de los Ángeles, tamices, esferas, platos metálicos, estufa, balanza.

Norma de referencia: INEN 860,11.

Procedimiento:

Tamizado inicial: Tamice una muestra de 5000 gramos en los tamices N° 4, N° 8 y N° 12, realizando movimientos en sentido horario y antihorario durante 1 minuto cada uno.

Selección del material: Use únicamente el material que se retiene en el tamiz N° 8.

Preparación del material: Lave la muestra y séquela en un horno a 110 °C.

Configuración de la máquina de los Ángeles: Prepare la máquina, cargando las bolas correspondientes según la gradación deseada y el material tamizado en su totalidad.

Realización de la prueba: Encienda la máquina y realice 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto (r/min). Tras finalizar, retire el material del tambor y colóquelo en una bandeja.

Extracción de esferas: Retire las esferas de la bandeja.

Tamizado final: Recoja todo el material de la bandeja y tamícelo en un tamiz de mayor tamaño que el N° 12.

Pesaje y análisis: Pese la muestra retenida y registre los datos necesarios para realizar los cálculos correspondientes.

2.24. Absorción.

Este ensayo del agregado fino tiene como objetivo determinar el porcentaje de agua necesario para llenar los vacíos presentes, lo que permite identificar la presencia de poros saturados y no saturados en los agregados. Este resultado es crucial para determinar la cantidad adecuada de agua a utilizar y así obtener hormigones de alta resistencia. El ensayo de humedad puede llevarse a cabo siguiendo la normativa NTE INEN 856:2010 o la ASTM C 128.

Donde:

S: Masa de muestra (SSS).

A: Masa de muestra seca.

$$\text{Absorción \%} = \frac{(S - A)}{A} * 100$$

Procedimiento de ensayo:

Materiales: balanza, bandeja, horno, platos metálicos.

Norma de referencia: INEN 856

Procedimiento:

Preparación de la muestra: Cuartee 1000 gramos del material y colóquelo en un recipiente adecuado.

Saturación: Sumerja el agregado en un recipiente con agua y déjelo en remojo durante 24 horas para asegurar su completa saturación.

Pesaje inicial: Pese el molde vacío junto con la muestra saturada.

Secado: Tras 24 horas de secado a 110 °C en horno, anotar el peso seco de la muestra.

Pesaje final: Pese el recipiente con la arena seca y obtenga los datos necesarios para los cálculos.

2.24.1. Agregado Grueso.

Las piedras pueden ser trituradas tanto de manera natural como artificial para producir agregado grueso, que consiste en partículas retenidas por el tamiz N°4. Estas piedras se encuentran de forma natural en ríos y minas, o pueden ser trituradas artificialmente, conocidas como piedras chancadas.

Tamaño

Antes de proceder con el primer tamiz, donde se requiere que la retención del agregado sea del 15% o más, es crucial verificar qué parte del tamiz comercial todavía está en uso. Si los agregados superan el tamaño nominal máximo, el diseño del hormigón necesitaría una mayor cantidad de agua y cemento. (Navarro Ferrer, 2016)

2.25. Introducción

Las pastas, los morteros y el hormigón sufren retracción cuando se exponen al aire, lo que provoca una disminución de su volumen antes, durante y después del fraguado. Esta retracción ocurre cuando hay fluctuaciones de volumen en los hormigones y morteros debido a la expansión o contracción a lo largo de su vida útil, causadas por factores físico - químicos. Si el mortero no se mantiene constantemente húmedo o saturado, se pierde agua, lo que provoca la evaporación progresiva del agua capilar y absorbida de la fase plástica a temperatura ambiente. (Navarro Ferrer, 2016)

2.26. Elementos del Hormigón

2.26.1. Cemento

El cemento es un componente que se obtiene mediante la mezcla química a altas temperaturas de agregados calcáreos y arcillosos, como la piedra caliza, alúmina y sílice. Este material actúa como aglomerante, ya que puede adherirse y cohesionarse para unir otros materiales, formando una masa dura, altamente resistente y duradera. Cuando Al entrar en contacto con el agua, reacciona y se convierte en cemento hidráulico, una piedra artificial dura, en un par de minutos.

Tabla 2: Límites de resistencias en hormigones diseñados con cemento Tipo GU.

Edad	Límite Superior (% F'c)	Límite Inferior (% F'c)	Promedio Límites (% F'c)
1	40	10	25
3	60	30	45
7	85	55	70
14	105	75	90
28	125	95	110

Fuente: Propia

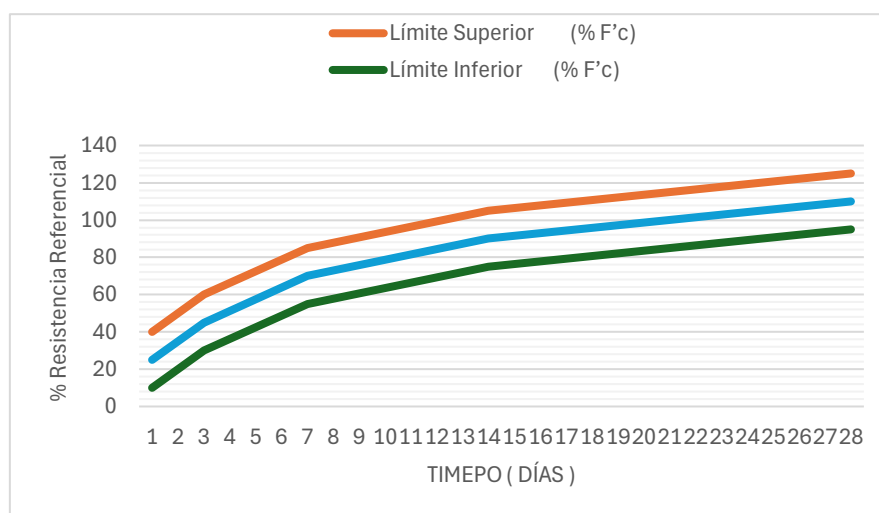


Ilustración 1: Curva de desarrollo de resistencia referencial del Hormigón con Cemento Tipo GU.

Fuente: Propia

2.27. Resistencia del tipo de cemento

Se va a utilizar dos tipos de cemento tipo GU de diferente marca estas son las resistencias del primer cemento.

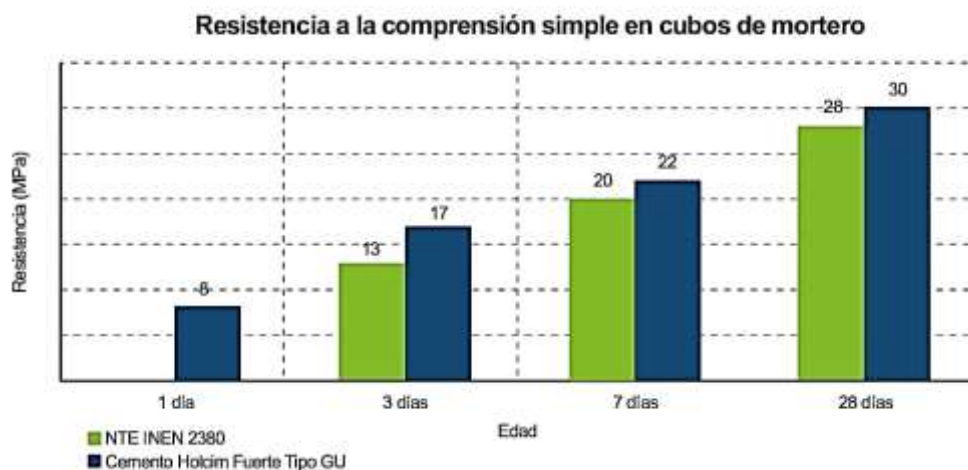


Ilustración 2: Resistencia a la compresión cemento Holcim.

Fuente: (Cemento Holcim Fuerte EcoPlanet Tipo GU 50Kg, 2024).

RESISTENCIA		
R 1 Día	[MPa]	11.6
R 3 Días	[MPa]	16.4
R 7 Día	[MPa]	21.7
R 28 Días	[MPa]	29.2

Ilustración 3: Resistencia a la compresión cemento Selva Alegre.

Fuente: (Selvalegre - Cemento Selvalegre, 2024).

2.28. Los Agregados

Los agregados, tanto finos como gruesos, constituyen entre el 80% y el 90% del peso total de la mezcla de hormigón, influyendo significativamente en sus propiedades tanto durante la mezcla como en el proceso de endurecimiento. Los áridos finos están formados por partículas de menos de 5 mm y suelen ser piedra triturada o arena natural. Por el contrario, los áridos gruesos se componen de una mezcla de árido triturado y grava, cuyas partículas suelen tener un tamaño superior a 5 mm y estar comprendidas entre 9,5 y 38 mm. (Institute American, 2007)

2.29. Agua

El agua es esencial en la mezcla de hormigón, ya que le proporciona fluidez y se convierte en uno de los ingredientes esenciales del cemento a través de una interacción química con la sustancia que provoca el endurecimiento característico del material. (Porrero, 2009)

2.30. Características del Hormigón.

Las características del hormigón fresco hacen que sea fácil de manipular y moldear en una amplia gama de construcciones. Una vez fraguado y solidificado, adquiere una naturaleza rígida e inflexible. (Porrero, 2009)

2.31. Características en estado fresco.

2.31.1. Trabajabilidad

Cuando un hormigón es fácil de manipular y puede ser moldeado con poco esfuerzo mecánico, se dice que es trabajable. El cono de Abrams se emplea para medir esta cualidad; cuanto mayor sea el asentamiento, se considera que el hormigón es más adecuado para ser utilizado en la construcción.

2.31.2. Homogeneidad

La homogeneidad en el hormigón se refiere a la uniformidad con la que se distribuyen componentes repartidos por toda la mezcla, incluidos el agua, los aditivos, los áridos y el

cemento. Un procedimiento de mezcla adecuado crea este equilibrio, que luego se preserva manipulando y transfiriendo el material con cuidado.

2.31.3. Consistencia

El hormigón en estado fresco tiene la capacidad de deformarse, y el agua durante el amasado es el factor que más influye en esta deformación. Para medir esta característica se puede utilizar el Cono de Abrams.

2.31.4. Densidad

La relación entre el concreto fresco y el volumen del recipiente en el que se encuentra puede influir en su densidad. Si la proporción de agregados en el concreto es alta, es probable que la densidad del concreto fresco sea mayor.

2.32. Características del hormigón una vez endurecido.

2.32.1. Resistencia a la compresión

El hormigón es más resistente cuando la proporción de agua en relación con el cemento es menor, ya que esta relación influye en términos de resistencia a la compresión.

La resistencia del hormigón aumenta aún más con un mayor uso de cemento y una mejor compactación.

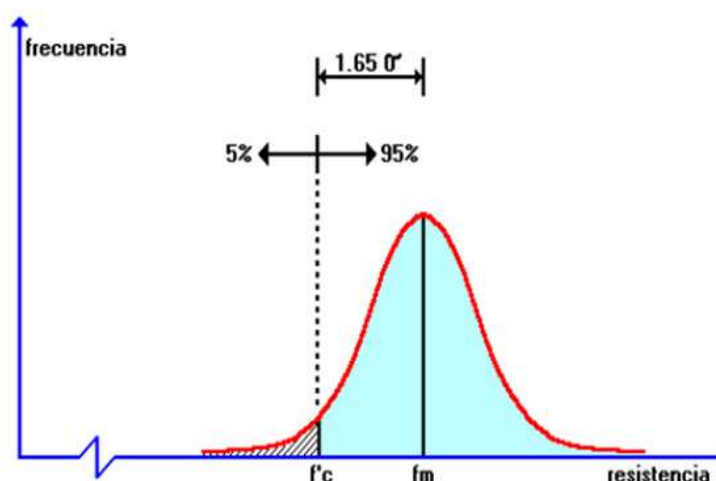


Ilustración 4: Curva de distribución.

Fuente: Temas de Hormigón Armado (p.15), por M. Romo, 2008.

2.32.2. Módulo de elasticidad.

El trazado de la relación tensión-deformación ($\xi - \sigma$) de los materiales tras los resultados de los ensayos de compresión muestra que las curvas representan la resistencia a la rotura de los materiales. En cambio, los materiales de baja resistencia se fracturan más rápidamente y se deforman más.

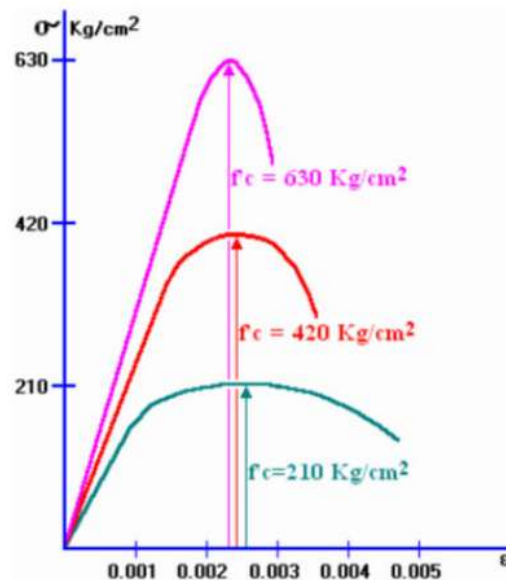


Ilustración 5: Curvas de esfuerzo-deformación.

Fuente: Temas de Hormigón Armado (p.17), por M. Romo, 2008.

2.32.3. Ductilidad

La ductilidad se refiere a la capacidad de un material para seguir deformándose de manera no lineal incluso cuando se aumenta la carga mínima, se mantiene constante o disminuye. La deformación máxima durante un proceso elástico lineal y el coeficiente de deformación de ruptura son características que indican la ductilidad de un material. (Los Terremotos, 2014)

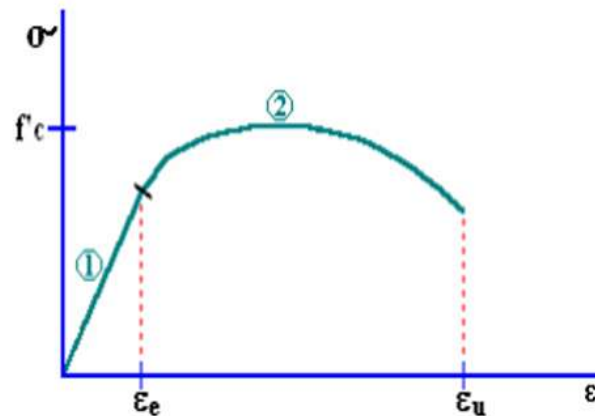


Ilustración 6: Ductilidad.

Fuente: Temas de Hormigón Armado (p.19), por M. Romo, 2008.

2.32.4. Resistencia a la tracción

El concreto no puede soportar cargas de tracción, ya que su resistencia en este aspecto es solo del 10% en comparación con su resistencia a compresión. Por lo tanto, las fuerzas de tracción en el concreto son absorbidas por las barras de refuerzo de acero. (Proaño, 2008)

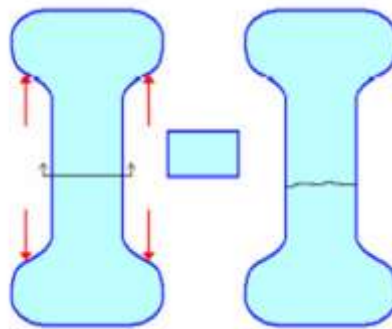


Ilustración 7: Prueba de Tracción.

Fuente: Temas de Hormigón Armado (p.21), por M. Romo, 2008.

Ecuación:

$$F_t = 1,5\sqrt{F'_c}$$

2.32.5. Resistencia al Corte

Cuando las fuerzas cortantes se transforman en fuerzas de tracción, la fuerza de corte "Vic" actúa como una fuerza que resiste la tracción. (Proaño, 2008)

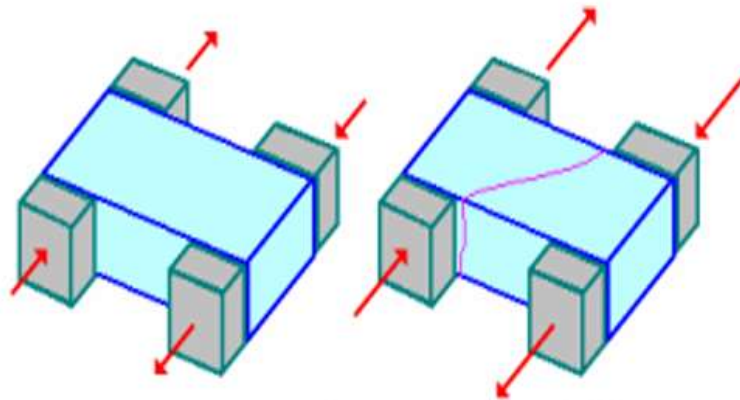


Ilustración 8: Prueba de Corte de Hormigón.

Fuente: Temas de Hormigón Armado (p.23), por M. Romo, 2008.

Ecuación:

$$V_{ic} = \sqrt{F_c}$$

Tabla 3: Valores de resistencia a corte.

Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Resistencia al Corte (Kg/cm ²)
210	14
280	17
350	19
420	20
630	25
840	29

Fuente: Propia

2.33. Método de la de densidad óptima.

Es un proceso de mezcla utilizada para producir hormigón de alta calidad con el menor número posible de huecos y utilizando la menor cantidad de componentes. Es necesario seguir unas pautas precisas para construir hormigón con diferentes resistencias y de alta calidad.

Parámetro	Cantidad	Unidad
Relación w/c	0.22	Adimensional
Densidad real de la mezcla (DRM)	2.5	g/cm ³
Porcentaje óptimo de vacíos (%OV)	31.3	%
Asentamiento estimado	90-120	mm
Cantidad de pasta (%CP)	35.1	%
Cantidad de cemento	626.3	Kg/m ³
Cantidad de arena (SSS)	652.9	Kg/m ³
Cantidad de ripio (SSS)	933.2	Kg/m ³
Cantidad de agua	140.2	Lt/m ³

Ilustración 9: Parámetros de diseño.

Fuente: Propia

2.34. Método del A.C.I.

El Instituto Americano del Concreto (ACI) ha un proceso regulado denominado método ACI para el diseño de mezclas de hormigón. Este método ofrece un conjunto completo de lineamientos y procedimientos detallados que sirven de referencia a los ingenieros y especialistas de la construcción para determinar las proporciones correctas de los componentes (cemento, agua, áridos y aditivos) necesarios para producir un hormigón con las cualidades requeridas. Estas características incluyen la trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia a la compresión. El método ACI goza de un amplio reconocimiento y uso a nivel global, gracias a su precisión y confiabilidad en la creación de mezclas de concreto de alta calidad. (Proaño, 2008)

También es posible hacer dosificaciones de hormigón sin recurrir a aditivos y determinar si se alcanzan los asentamientos previamente establecidos al momento de preparar las mezclas.

Tabla 4: Dosificación de mezclas sin aditivos según ACI.

Material	Cantidad en peso para 1m ³ Kg	Dosificación
Agua	301.92	0.53
Cemento	572.99	1.00
Arena	520.03	0.91
Ripio	714.86	1.25

Fuente: Propia

3. Capítulo 3: METODOLOGÍA

El presente proyecto se fundamenta en La obtención de datos a través de varias pruebas en los agregados de la mina Aguarico. Los resultados obtenidos serán tabulados y analizados con el fin de extraer conclusiones que permitan realizar una dosificación adecuada utilizando el método A.C.I. 211. El objetivo es fabricar un hormigón con una resistencia de 210 kg/cm², empleando agregados finos de la Parroquia Nueva Loja.

Los áridos, componentes fundamentales del hormigón, son sometidos a rigurosos ensayos previos para garantizar la calidad y resistencia de la estructura final. Estos ensayos, regidos por normas como la ACI 211, permiten evaluar propiedades cruciales de los áridos, tales como:

Masa unitaria compacta: Define la densidad del árido en estado seco.

Densidad: Indica la relación entre la masa y el volumen del árido.

Porcentaje de absorción: Mide la capacidad del árido para absorber agua.

Contenido de humedad: Determina la cantidad de agua presente en el árido.

Granulometría: Analiza la distribución de tamaños de las partículas que componen el árido.

La obtención de estos datos es esencial para diseñar la mezcla de hormigón óptima, asegurando que cumpla con los requisitos normativos y garantizando la durabilidad y resistencia de la estructura.

Dado que los áridos son los principales componentes que confieren al hormigón su resistencia, es imprescindible realizar ensayos preparatorios. Gracias a estos ensayos, es posible determinar las características mecánicas de cada árido y asegurarse de que sus especificaciones se ajustan a las normas legales. La primera fase comienza con la obtención del método de dosificación de la mezcla de hormigón que se va a utilizar. Según la norma ACI

211 (2002), es necesario diseñar ensayos para determinar la masa unitaria compacta, densidad, porcentaje de absorción, contenido de humedad y granulometría. (Cubiña, 2018)

El proceso para determinar la granulometría de los áridos se describe en la norma NTE INEN 696 (2011). El cual se lleva a cabo para determinar el porcentaje granulométrico de las partículas y su módulo de finura. Este ensayo implica colocar las muestras de agregado fino en bandejas metálicas y secarlas en un horno durante 24 horas a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Transcurrido este tiempo, las muestras, ya libres de humedad, se retiran del horno. Se toma una muestra de 2000 g, que se coloca en tamices ordenados de manera descendente: 1/2" 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 N° 100 y N°200 y se somete a una máquina tamizadora durante 5 minutos. Después del tamizado, se registran los pesos acumulados en cada tamiz para calcular y tabular los datos obtenidos. Para el agregado grueso, el procedimiento es similar, con una muestra de 5000 g y una secuencia de tamices en orden descendente: 1 1/2" 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8 y N°100. Tras el tamizado de 5 minutos, se pesa el material retenido en cada tamiz y en la bandeja. (Cubiña, 2018)

La norma NTE INEN 696 (2011) detalla un proceso preciso para analizar la granulometría de los áridos, permitiendo conocer la distribución de tamaños de sus partículas y evaluar su calidad. Este análisis es esencial para el control de calidad en la producción de hormigón y otros materiales de construcción.

Para el análisis del contenido de humedad de los áridos finos y gruesos se utiliza la NTE INEN 862 (2011). Según esta norma, se deben pesar muestras iniciales en su estado natural, asegurando que el peso sea superior a 500 g para el agregado fino y mayor a 3000 g para el agregado grueso. Las muestras se colocan en bandejas y se introducen en un horno de secado a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, hasta alcanzar una masa constante. Posteriormente, se pesan las muestras en estado seco. (Cubiña, 2018)

La NTE INEN 862 (2011) establece el procedimiento para determinar el contenido de humedad en áridos finos y gruesos. Este ensayo es esencial para conocer la cantidad de agua presente en los áridos y así realizar los ajustes necesarios en la dosificación de las mezclas de hormigón.

Se realizaron ensayos para determinar el porcentaje de absorción y densidad de áridos finos y gruesos siguiendo las normas ecuatorianas NTE INEN 856 y 857, respectivamente.

Procedimiento:

Secado: Las muestras de áridos se secaron en un horno a 110°C durante 24 horas para eliminar toda la humedad interna.

Saturación: Después del secado, las muestras se sumergieron en agua a 21°C durante 24 horas para saturar completamente los poros internos.

Pesado: Se registraron los pesos de las muestras antes y después del proceso de saturación.

El picnómetro se calibra con agua a 21° C antes de agregar la muestra en estado SSS. Se agita continuamente para eliminar cualquier aire atrapado y luego se pesa junto con el agregado y el agua hasta la marca de calibración. En el caso de los agregados gruesos, se utiliza una cesta metálica en una balanza de precisión para sostener la muestra, que se llena con el árido y se pesa después de la inmersión. (Cachi, 2009)

Para realizar el ensayo de absorción y densidad de áridos, se sigue un procedimiento específico que involucra el uso de un picnómetro.

Calibración: Antes de introducir la muestra, el picnómetro se calibra con agua destilada a una temperatura controlada de 21°C. Esto sirve como referencia para determinar el volumen exacto del picnómetro.

Eliminación de Aire: Al agregar la muestra en estado SSS (saturado superficialmente seco) al picnómetro, se agita vigorosamente para asegurar que no queden burbujas de aire atrapadas. La presencia de aire alteraría los resultados del ensayo.

Pesado: Una vez que la muestra y el agua se han mezclado completamente, se pesa el conjunto hasta alcanzar la marca de calibración del picnómetro. Este peso, junto con otros datos, permitirá calcular la densidad y absorción del árido.

Procedimiento para Áridos Gruesos

En el caso de los áridos gruesos, se utiliza un método ligeramente diferente:

Cesta Metálica: Se emplea una cesta metálica de precisión para contener la muestra de árido.

Inmersión: La cesta con el árido se sumerge en agua hasta que esté completamente cubierta.

Pesado: Después de la inmersión, se pesa la cesta con el árido y el agua adherida.

Tanto para áridos finos como gruesos, el objetivo es determinar el volumen de agua desplazada por la muestra, lo cual es fundamental para calcular su densidad y absorción. El uso del picnómetro y la cesta metálica, junto con los procedimientos de calibración y pesado, garantizan la precisión de los resultados.

La masa unitaria compacta se obtuvo siguiendo la normativa NTE INEN 858 (2010). Según esta norma, cuando el molde está lleno, se enraíza y se anota el peso del molde junto con el agregado. El molde se calibra con una placa de vidrio y se determina su peso. Luego, se añade el agregado grueso en capas de un tercio de su altura, compactando cada capa con 25 golpes de la barra compactadora.

Además, se realizó el estudio de la capacidad del agregado grueso para resistir la abrasión conforme a la normativa NTE INEN 860 (2011). Para ello, se prepararon muestras de 5000 g, eliminando las partículas finas mediante un lavado. Posteriormente, las muestras se

secaron a una temperatura constante de 110 °C durante 24 horas. La muestra seca se introdujo en la máquina de Los Ángeles junto con 12 esferas y se hizo girar la máquina 500 veces a una velocidad de 30 revoluciones por minuto. Después del giro, se tamizó la muestra y se pesó todo el material retenido por el tamiz n.º 12. Para determinar las cualidades físicas y mecánicas de los agregados, se cotejaron y examinaron los datos obtenidos en las pruebas realizadas en la primera fase. (Cubiña, 2018)

Para evaluar la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos, se siguió la norma NTE INEN 860.

Preparación de la Muestra: Se pesaron 5000 g de agregado grueso, se lavó para eliminar partículas finas y se secó en un horno a 110°C.

Ensayo: La muestra seca se introdujo en la máquina de Los Ángeles junto con esferas de acero. La máquina giró 500 veces a una velocidad constante.

Resultados: Después del ensayo, se tamizó la muestra y se pesó el material retenido en un tamiz específico.

Análisis: Los resultados de este ensayo, junto con los obtenidos en otras pruebas, permitieron evaluar las cualidades físicas y mecánicas de los agregados.

Para este ensayo mide la durabilidad de los agregados al someterlos a una abrasión simulada. La pérdida de material después del ensayo indica la resistencia del agregado a ser desgastado.

3.1. Procedimiento y análisis

Para llevar a cabo la elaboración de una mezcla de concreto utilizando materiales provenientes de la mina Aguarico, se procederá de la siguiente manera:

Obtener muestras de la mina Aguarico.

Realizar ensayos de laboratorio con las muestras recolectadas.

Revisar minuciosamente los datos obtenidos.

Tabular los datos en cuadros según sus variables.

Elaborar gráficos con los resultados obtenidos.

Dosificar un concreto con una resistencia de 210 kg/cm².

Diseñar cilindros de concreto.

Curar los cilindros de concreto hasta el momento del ensayo.

Evaluar las resistencias de los cilindros utilizando la máquina de compresión.

Analizar los datos obtenidos de los ensayos de compresión.

Interpretar los datos comparando la investigación y los resultados de los ensayos de compresión para determinar las conclusiones.

3.2. Ensayo de densidad relativa

La muestra de árido, que se ha secado previamente, se sumerge en agua durante un período de 24 horas $\pm$ 4 horas para permitir que el agua impregne sus poros. Luego, se retira la muestra del agua, se seca el exceso de agua superficial de las partículas y se mide su masa. A continuación, se coloca la muestra (o una parte de ella) en un recipiente graduado para medir su volumen mediante un método gravimétrico o volumétrico. Finalmente, la muestra se seca en un horno y se determina nuevamente su masa. Con los valores de masa obtenidos, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido usando las fórmulas correspondientes a este procedimiento de ensayo.

Para el procedimiento gravimétrico, se utiliza un picnómetro y un matraz u otro tipo de contenedor adecuado, en el cual la muestra de árido fino pueda ser introducida de manera fácil y el volumen del líquido contenido pueda ser medido con una precisión de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del contenedor debe ser al menos 50% mayor que el volumen necesario para alojar la muestra de ensayo. Para una muestra de 500 g de árido fino, se recomienda un matraz o recipiente con una capacidad de 500 cm^3 , el cual puede estar adaptado con un picnómetro en la parte superior.



Ilustración 10: Ensayo de Densidad Específica.

Fuente: Propia

3.3. Ensayo de diseño de concreto según ACI 211

El método ACI 211 es una guía fundamental para diseñar mezclas de concreto de alta calidad. Su objetivo principal es determinar las proporciones ideales de cada componente (cemento, agua, agregados y aditivos) para lograr un concreto que cumpla con los requisitos específicos de un proyecto.

Selección de materiales: Se debe escoger el tipo adecuado de cemento Portland, agregados (fino y grueso), y agua. El diseño toma en cuenta el tamaño máximo del agregado para minimizar el contenido de pasta sin afectar la trabajabilidad.

Relación agua/cemento: Uno de los parámetros más importantes. Afecta directamente la resistencia a la compresión, la permeabilidad y la durabilidad. Dependiendo de las condiciones ambientales y el uso de la estructura, esta relación se ajusta para mejorar la resistencia a largo plazo y reducir el agrietamiento.

Tabla 5: Requisitos para condiciones especiales para la relación a/c.

Condiciones de exposición	Máxima Relación A/C	Resistencia mínima a la compresión F'c en Mpa
Concreto de baja permeabilidad para ser	0.50	24
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y descongelamiento en una condición húmeda, a o químicos que impidan el congelamiento (AGUA SALINA).	0.45	31
Para la protección contra la corrosión del refuerzo de concreto expuesto a cloruros, sal, agua salina o que pueda ser salpicado por agua salina.	0.40	35

Fuente: *Propia*

Trabajabilidad y asentamiento: La consistencia de la mezcla se ajusta según el tipo de construcción (fundaciones, columnas, losas) y las condiciones de colocación, garantizando que el concreto sea fácil de manejar y colocar sin segregación o exceso de agua.

Tabla 6: Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
MUY SECA	0.0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación.	Con vibradores de formaleta, concreto de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión.
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con máquina terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa.
SEMISECA	35-50	Pavimentos funcionales en concreto simple, losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media (Plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
HÚMEDA	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
MUY HÚMEDA	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos.	Tubo-embudo-tremie.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
SÚPER FLUIDA	más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados no adecuados para vibrarse.

Fuente: *Propia*

3.4. Tipos de falla en probetas de concreto

Los diferentes tipos de fallas se caracterizan por la geometría de las fracturas, la formación de conos y la condición de los cabezales. Estas características proporcionan información sobre el tipo de estrés al que ha sido sometido el material y la evolución de la falla.

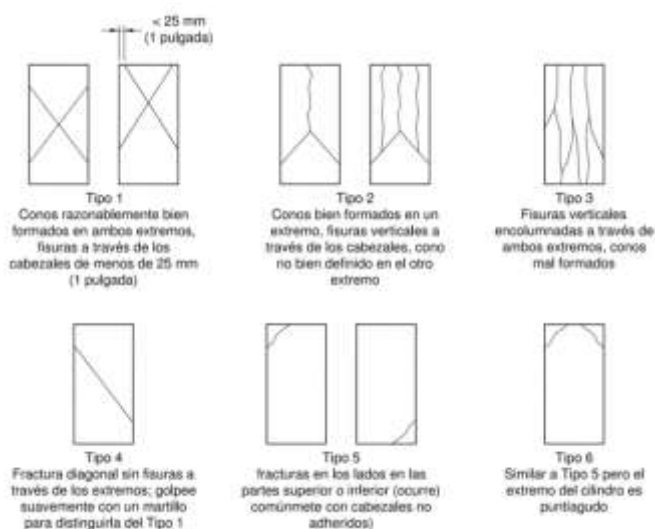


Ilustración 11: Esquemas de los modelos de fractura típicos.

Fuente: "ACI".

4. Capítulo 4: Evaluación e Interpretación de Resultados

Iniciamos con el análisis de las características físicas y mecánicas de los agregados gruesos y finos provenientes de la mina Aguarico, de acuerdo con la fase I de la metodología establecida. Es relevante señalar que los datos del material utilizado en esta investigación fueron obtenidos en el laboratorio “GEOTECHS”. Además, se empleó información de estudios previos y fuentes en línea pertinentes al tema en cuestión.

4.1. Ensayo de Granulométrico

Conforme a la normativa (ASTM C - 136) la siguiente imagen presenta los resultados del ensayo granulométrico efectuado en los agregados fino y grueso de la mina Aguarico.

Tabla 7: Granulometría del agregado grueso.

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
1 1/2"	38.10	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	120	2.40	2.40	97.60
3/4"	19.10	885	17.74	20.14	79.86
1/2"	12.70	2860	57.31	77.45	22.55
3/8"	9.52	890	17.84	95.29	4.71
Nº 4	4.76	210	4.21	99.50	0.50
Nº8	2.38	0	0.00	99.50	0.50
Nº100	0.15	25	0.50	100.00	0.00
TOTAL				4990	100.00

Tamaño máximo Nominal

3/4"

Peso Total seco PTS (g)

4990.00

Fuente: Propia

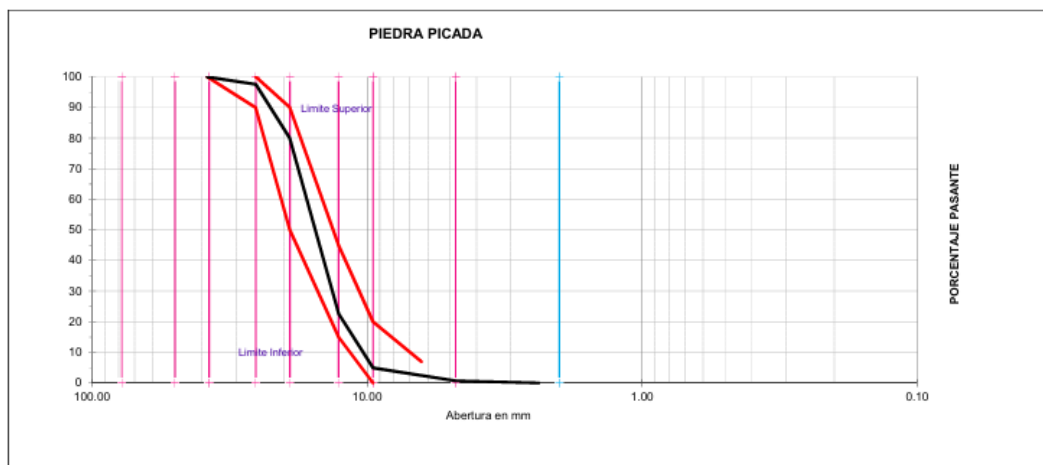


Ilustración 12: Curva de granulometría del agregado grueso.

Fuente: Propia

De acuerdo con la normativa ASTM C 33 - 03 (2003), la siguiente tabla presenta los resultados obtenidos en el ensayo granulométrico, así como el módulo de finura correspondiente al agregado fino.

Tabla 8: Granulometría del agregado fino.

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.00	100
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.00	100
Nº 4	4.750	58.0	6.1	6.10	94
Nº 8	2.380	77.0	8.3	14.39	86
Nº 16	1.190	66.0	7.1	21.49	79
Nº 30	0.590	256.0	27.6	49.05	51
Nº 50	0.297	325.0	35.0	84.03	16
Nº 100	0.149	145.0	15.6	99.64	0
Nº 200	0.074	2.0	0.2	99.86	0
TOTAL				929.00	99.86

Módulo de Finura	2.75
-------------------------	-------------

Fuente: Propia

Los módulos de finura obtenidos están dentro del rango permitido, que varía entre 2.3 y 3.1, de acuerdo con la normativa ASTM C 33 - 03 (2003). A continuación, se presentará la curva granulométrica del agregado fino de la mina Aguarico, junto con sus límites superior e inferior.

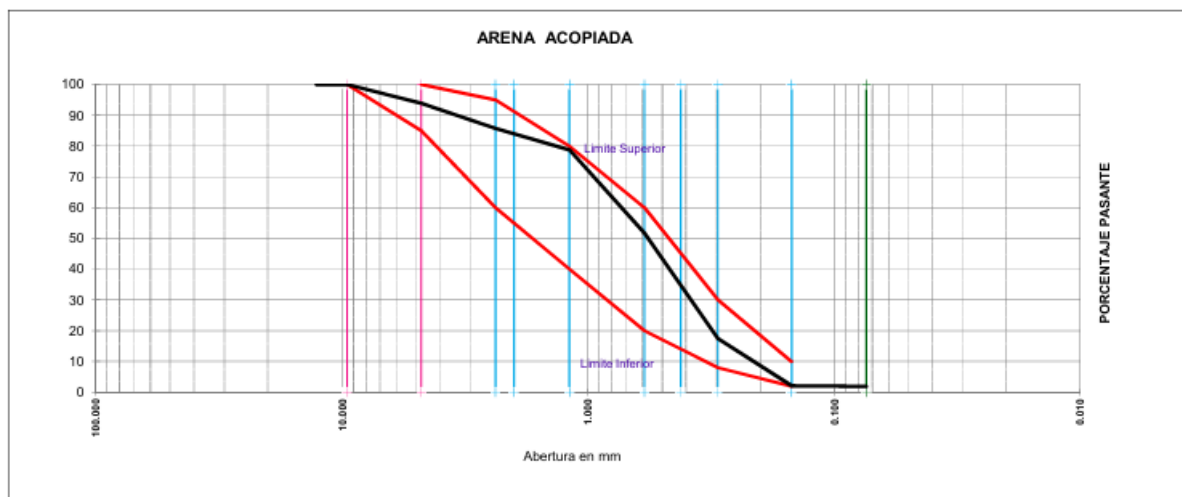


Ilustración 13: Curva de granulometría del agregado fino.

Fuente: Propia

4.2. Ensayo del contenido de humedad

La Tabla 6 presenta los resultados del contenido de humedad tanto del agregado fino como del grueso. Para este análisis, se aplicó la normativa NTE INEN 862 (2011).

Tabla 9: Contenido de humedad de los agregados fino y gruesos.

Agregados	Mina Aguarico
Grueso	2.25 %
Fino	5.67 %

Fuente: Propia

4.3. Ensayo de absorción y peso específico unitario

4.3.1. Agregado Grueso

De acuerdo con la norma NTE INEN 857 (2010), el análisis realizado sobre la absorción y el agregado grueso procedente de la mina Aguarico cumple con los requisitos establecidos en los parámetros normalizados. Por lo tanto, es adecuado proseguir con la investigación.

Tabla 10: Absorción del agregado grueso.

Agregado	Absorción (%)	Densidad del agregado (SSS) g/cm³	Densidad Aparente g/cm³
Grueso	0.719	2.75	2.785

Fuente: Propia

4.3.2. Agregado Fino

A través de la revisión de la norma NTE INEN 856 (2010), se puede concluir que los resultados del porcentaje de absorción del agregado fino proveniente de la mina aguarico son adecuados para continuar con la investigación.

Tabla 11: Absorción del agregado fino.

Agregado	Absorción (%)	Densidad del agregado (SSS) g/cm³	Densidad Aparente g/cm³
Fino	3	2.48	2.59

Fuente: Propia

4.4. Peso Específico del cemento

El peso específico del cemento es una propiedad física que indica la relación entre la masa del cemento y su volumen, sin considerar los espacios vacíos entre las partículas.

Tabla 12: Pesos específicos de los dos tipos de cemento.

Nombre del cemento	Tipo de cemento	Peso Específico (gr/cm³)
Holcim	Pórtland I (GU)	2.93
Selva Alegre	Pórtland I (GU)	2.74

Fuente: Propia

4.5. Peso volumétrico suelto y compactado

4.5.1. Agregado Grueso

Para determinar el peso volumétrico del agregado grueso, tanto en estado suelto como compactado, se siguieron los lineamientos establecidos en las normas técnicas INEC 858 y ASTM C-29.

Tabla 13: Peso volumétrico suelto y compactado grueso.

Agregado	Masa compactada (gr)	Peso unitario compactada (gr/cm³)	Peso unitario suelto (gr/cm³)
Grueso	3530	1.652	1.494

Fuente: Propia

4.5.2. Agregado Fino

Siguiendo las especificaciones técnicas de las normas INEC 858 y ASTM C-29, se determinó el peso por unidad de volumen del agregado fino en estado suelto y compactado.

Tabla 14: Peso volumétrico suelto y compactado grueso.

Agregado	Masa compactada (gr)	Peso unitario compactada (gr/cm³)	Peso unitario suelto (gr/cm³)
Fino	2731	1.278	1.289

Fuente: Propia

4.6. Resistencia a la abrasión de los áridos

Para llevar a cabo este procedimiento, se aplicó la normativa (NTE INEN 860 - ASTM C-131), lo que permitió obtener los resultados correspondientes a la degradación del agregado grueso.

Tabla 15: Resistencia a la abrasión de los áridos.

Numero de esferas	Tiempo de Rotación (min)	Coefficiente de desgaste (%)
12	15	12.83

Fuente: Propia

4.7. Diseño de concreto

Los resultados de la primera etapa de nuestro estudio sirvieron como base para la segunda fase, donde se aplicó la metodología de dosificación establecida en la norma ACI 211-2002. En esta etapa, se emplearon dos tipos de cemento provenientes de la misma fuente para la elaboración de las mezclas de hormigón.

Tabla 16: Dosificación para $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

Origen del material	Tipo de cemento	m³	Agua (Lt)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)
Mina Aguarico	Holcim	1	228.29	378.4	805.3	1076.0
Mina Aguarico	Selva Alegre	1	228.29	378.4	794.0	1060.9

Fuente: Propia

4.8. Condiciones de ambiente para los agregados

Para el diseño de las probetas de hormigón, es crucial considerar que el entorno y las condiciones de los materiales impactan considerablemente su rendimiento. En este caso, los materiales se extrajeron de un río y se almacenaron en un lugar sombreado a temperatura ambiente.

4.9. Elaboración de cilindros

Conforme a la norma ACI 211-2002, se elaboraron cilindros de hormigón utilizando la dosificación previamente calculada. La fluidez de la mezcla fue verificada mediante el ensayo de asentamiento. La tabla adjunta presenta el número de cilindros fabricados para evaluar su resistencia a la compresión.

Tabla 17: Dosificación para $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

Tipo de cemento	Tipo de ensayo	Forma	Cantidad
Holcim	Compresión	Cilíndrica	6
Selva Alegre	Compresión	Cilíndrica	6

Fuente: Propia



Ilustración 14: Elaboración de cilindros.

Fuente: Propia

4.10. Frecuencia de los ensayos

Los ensayos de resistencia deben realizarse utilizando al menos dos cilindros por muestra, con una frecuencia mínima de una vez al día, y como máximo por cada 40 m³ de hormigón o cada 200 m² de área de losa o muros. Además, debe tomarse al menos un par de cilindros por cada piso de columnas. Si el volumen de hormigón es inferior a 10 m³, las pruebas de resistencia pueden omitirse, según el criterio del supervisor. El resultado de la prueba será el promedio de los dos cilindros, los cuales deben provenir de la misma mezcla y ser ensayados a los 28 días, o en el tiempo especificado para cada caso. (Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015, 2017)

4.11. Resistencia a la compresión

Según la normativa ASTM C-39, se puede observar que los resultados obtenidos en los ensayos de compresión de los cilindros presentan variaciones en su resistencia. Esto se debe a que el cemento Holcim tiende a aumentar su resistencia progresivamente, desde los primeros 7 días hasta alcanzar su máxima capacidad a los 28 días. Estas diferencias en los valores de resistencia durante el proceso de curado son características comunes en los cementos, y en el caso del cemento Holcim, este aumento gradual evidencia un desempeño superior en comparación con otras mezclas, especialmente en los primeros días de fraguado y endurecimiento. La normativa permite evaluar estas diferencias, proporcionando una base para comparar y asegurar la calidad del material conforme avanza el tiempo de prueba.



Ilustración 15: Recolección de datos en el ensayo de compresión de cilindros f'_c de 210 kg/cm².

Fuente: Propia

La siguiente tabla presenta los resultados del ensayo de compresión de cilindros de concreto a las edades de 7, 14 y 28 días, utilizando dos tipos diferentes de cemento.

Tabla 18: Resistencia de las muestras sometidas a prueba de compresión a los 7, 14 y 21 días.

Edades	Cemento Holcim (Kg/cm ²)	Cemento Selva Alegre (Kg/cm ²)
7	150.8	145.1
14	190.8	187.3
28	220.7	217.3

Fuente: Propia

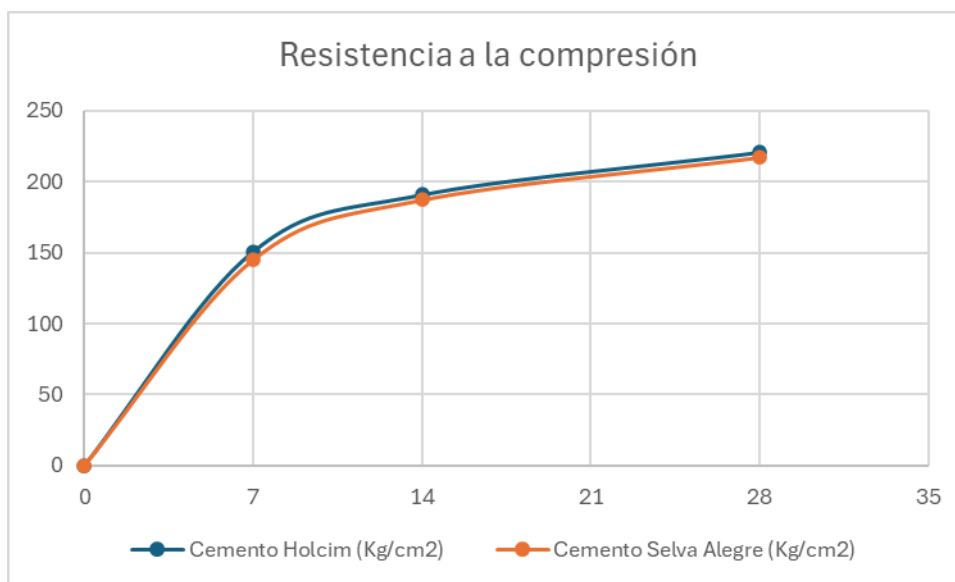


Ilustración 16: Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: Propia

4.12. Tipos de falla

En los ensayos de compresión realizados a cilindros de concreto elaborados con cemento Holcim, se obtuvieron los siguientes resultados a los siete días: el primer cilindro presentó una resistencia a la compresión de 150 kg/cm², evidenciando un patrón de falla tipo 2. Por su parte, el segundo cilindro mostró una resistencia ligeramente superior, alcanzando los 150.8 kg/cm² y exhibiendo un patrón de falla tipo 5. Este tipo de falla sugiere que, si bien el concreto resistió bien la compresión, hubo una distribución de carga no perfectamente uniforme o una ligera diferencia en la colocación del cilindro entre las placas de compresión. Esto pudo haber generado una mayor concentración de esfuerzos en un extremo, provocando una fractura menos controlada en el otro. Este tipo de falla también puede estar influenciado por la forma en que se compactó la mezcla o las condiciones de curado.

En los ensayos de compresión realizados a cilindros de concreto elaborados con cemento Selva Alegre, se obtuvieron resultados similares en términos de resistencia a los 14 días: un cilindro presentó una resistencia de 185.3 kg/cm², mientras que el otro alcanzó los 187.3 kg/cm². Sin embargo, se observó una diferencia significativa en los patrones de falla,

siendo tipo 5 en el primer caso y tipo 3 en el segundo, La Falla Tipo 5 indica un problema en el contacto entre los cabezales, mientras que la Falla Tipo 3 sugiere una distribución de esfuerzos más homogénea, pero con una posible falta de uniformidad en la estructura interna del concreto. Pequeñas diferencias en la compactación, curado o alineación del ensayo pueden haber influido en los distintos patrones de fractura observados.

5. Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

El análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Mina Aguarico también indica que es adecuado para su uso en la mezcla de concreto. La arena tiene una distribución granulométrica bien calibrada, con un alto porcentaje de material que pasa por los tamices #50 y #100. Esto es importante para asegurar que el concreto tenga buena trabajabilidad y pueda compactarse adecuadamente para lograr la resistencia deseada.

En el ensayo de abrasión realizado al agregado triturado proveniente de la mina aguarico, se obtuvo un índice de desgaste del 12.83%. Este valor está considerablemente por debajo del límite máximo del 50%, que es el rango aceptable para agregados gruesos de alta resistencia, indicando que el material presenta una excelente capacidad para resistir la abrasión y el desgaste en condiciones de uso.

De acuerdo con los resultados de los ensayos de gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino, realizados de acuerdo con las normas INEN 857 y ASTM C-127, el material presenta un índice de absorción de 3% y una densidad aparente de 2,59 g/cm³. Estas propiedades indican que el agregado fino es apto para la producción de concreto, asegurando una relación agua-material óptima para el desarrollo de sus propiedades mecánicas.

La curva granulométrica del agregado fino proveniente de la mina Aguarico muestra que la arena presenta una distribución adecuada en el proceso de tamizado y se sitúa dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C-136. Por consiguiente, es adecuada para su uso en un diseño de hormigón, dado que el módulo de finura obtenido es de 2.75.

En el ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de hormigón fabricados con la dosificación de cemento Holcim, se registraron los siguientes resultados: a los 7 días, se alcanzó una resistencia de 150 kg/cm², equivalente al 71.4% de la resistencia de diseño. A los 14 días, la resistencia fue de 190.8 kg/cm², correspondiente al 90.8%, y finalmente, a los 28

días se logró una resistencia de 219.9 kg/cm², lo que representa el 104.7% de la resistencia esperada, cumpliendo con los requisitos mínimos de los diseños de hormigón. Por otro lado, en el ensayo realizado con el cemento Selva Alegre, se observó que a los 7 días se obtuvo una resistencia de 145.1 kg/cm², lo que equivale al 69.1% de la resistencia. A los 14 días, se alcanzaron 185.3 kg/cm², representando el 88.3% de la resistencia, y a los 28 días, se midió una resistencia de 217.3 kg/cm², correspondiente al 103.5%, confirmando también que cumple con los requisitos mínimos de diseño para hormigones.

Los ensayos de compresión realizados en las probetas de hormigón, siguiendo la norma ASTM C39/C39M-12a, demostraron que el material alcanzó los valores de resistencia proyectados (210 kg/cm²), incluso superándolos en algunos casos. Estos resultados positivos validan la calidad de los agregados provenientes de la parroquia Nueva Loja.

El análisis comparativo de los cementos Holcim y Selva Alegre revela una influencia significativa del tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón. Los resultados obtenidos indican que el cemento Holcim proporciona un hormigón con una resistencia ligeramente mayor (220.7 kg/cm²), comparado con el cemento Selva Alegre (217.3 kg/cm²). Esta diferencia, aunque pequeña, podría tener implicaciones importantes en el diseño y construcción de estructuras, especialmente en aquellas donde se exigen altos niveles de seguridad y durabilidad.

5.2. Recomendaciones

Los agregados provenientes de la mina Aguarico cumplen con los estándares técnicos necesarios para producir concreto de 210 kg/cm². Es recomendable continuar utilizando estos agregados en los proyectos de construcción en la Parroquia Nueva Loja, ya que su adecuada distribución granulométrica y bajo índice de desgaste aseguran una buena trabajabilidad y durabilidad en las estructuras.

Es fundamental que los procesos de compactación y curado se realicen de acuerdo con los lineamientos de las normas ASTM, esto garantizará que el concreto alcance la resistencia deseada, cumpliendo con las especificaciones de resistencia requeridas.

6. Bibliografía

Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015. (2015).

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). NTE INEN 1573: Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). NTE INEN 1578: Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). NTE INEN 856: Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del árido fino.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). NTE INEN 857: Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del árido grueso.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). NTE INEN 858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 1576: Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 860: Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm, mediante el uso de la Máquina de los Ángeles.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 862: Áridos. Para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.

Padilla, A. (2013). Materiales Básicos. Cataluña: UPC.

Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. J. (2009). Manual del concreto estructural : conforme a la norma COVENIN 1753:2003. Caracas, 3. <https://vdocuments.mx/manual-de-concreto-estructural-covenin-17532003.html>

Romo, M. 2008. TEMAS DE HORMIGÓN ARMADO. Escuela Politécnica del Ejercito. Ecuador.

UNE-EN ISO 3344. (2014). Determinación del contenido de humedad. www.aenor.es

7. Anexos

Anexo 1: Análisis granulométrico agregado grueso de la mina Aguarico.

Tabla 19: Análisis granulométrico agregado grueso

Peso ag. seco PagS (Grs)		4990.00	% de Humedad =		2.25	
Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs)	% Retenido		% Pasante	% mas grueso
Numero U.S.	(mm.)		Parcial	Acumulado		
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1"	25.40	120.00	2.40	2.40	97.60	2.40
3/4"	19.10	885.00	17.74	20.14	79.86	20.14
1/2"	12.70	2860.00	57.31	77.45	22.55	77.45
3/8"	9.52	890.00	17.84	95.29	4.71	95.29
#4	4.76	210.00	4.21	99.50	0.50	99.50
#8	2.38	0.00	0.00	99.50	0.00	99.50
#100	0.15	25.00	0.50	100.00	0.00	100.00

Fuente: Propia

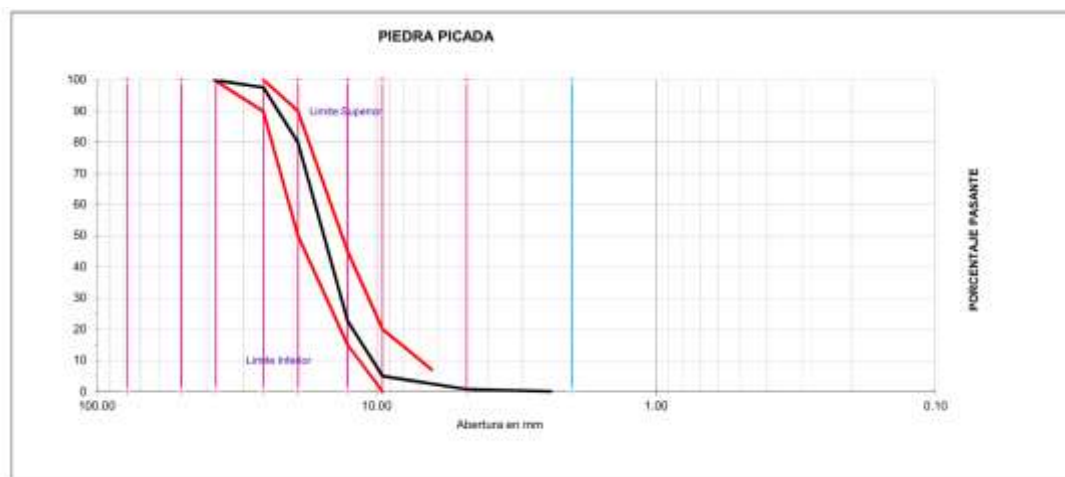


Ilustración 17: Curva Granulométrica Agregado grueso (Piedra picada)

Fuente: Propia

Anexo 2: Análisis granulométrico agregado fino de la mina Aguarico.

Tabla 20: Análisis granulométrico agregado fino.

Peso total seco PTS (Grs):			% de Humedad =			
947.33			5.67			
Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs)	% Retenido		% Pasante	% mas grueso
Numero U.S.	(mm.)		Parcial	Acumulado		
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
#4	4.760	58.0	6.1	6.1	93.9	6.1
#8	2.380	77.0	8.1	14.3	85.7	14.3
#16	1.190	66.0	7.0	21.2	78.8	21.2
#30	0.590	256.0	27.0	48.2	51.8	48.2
#50	0.297	325.0	34.3	82.5	17.5	82.5
#100	0.149	145.0	15.3	97.9	2.1	97.9
#200	0.074	2.0	0.2	98.1	1.9	98.1

Fuente: Propia

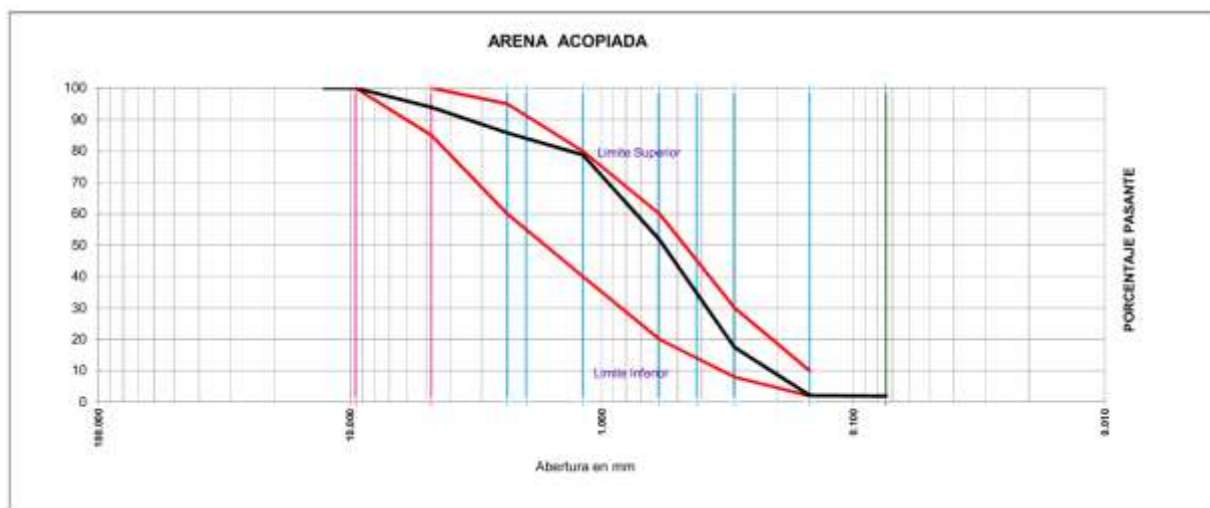


Ilustración 18: Curva Granulométrica Agregado fino.

Fuente: Propia

Anexo 3: Determinación de pesos específicos unitarios y absorción del agregado grueso.

Tabla 21: Pesos específicos unitarios agregado grueso.

Definición	Valor	Unidades
Peso del recipiente	794.00	gr
Rec + agregado SSS	3800.00	gr
Rec + agregado seco	3778.54	gr
Peso del agregado seco	1013.10	gr
Peso de la canastilla sumergida	2926.00	gr
Peso de la canastilla+ agreg. Sumergido	3006.00	gr
Peso del agregado sumergido	1912.90	gr
Volumen del agregado	1093.10	cm3
Peso del agregado seco	2984.54	gr
Densidad del agregado SSS	2.75	gr/cm3
Densidad del agregado masa	2.730	gr/cm3
Densidad del agregado Aparente	2.785	gr/cm3
Porcentaje de absorción	0.719	%

Fuente: Propia

Anexo 4: Determinación de pesos específicos unitarios y absorción del agregado fino.

Tabla 22: Pesos específicos unitarios agregado fino.

Definición	Valor	Unidades
Peso del recipiente	80.00	gr
Rec + agregado SSS	595.00	gr
Peso del agregado SSS	515.00	gr
Volumen inicial del frasco	250.00	gr
Volumen final agregado	458.00	gr
Volumen final agregado	208.00	gr
Peso del agregado seco	500.00	gr
Densidad del agregado SSS	2.48	gr/cm3
Densidad del agregado masa	2.40	gr/cm3
Densidad del agregado Aparente	2.59	gr/cm3
Porcentaje de absorción	3	%

Fuente: Propia

Anexo 5: Determinación de peso volumétrico suelto y compactado triturado.

Tabla 23: Peso volumétrico suelto y compacto triturado.

Definición	Valor	Unidades
Masa del recipiente + masa del material compactado	8753	gr
Masa del recipiente	5223	gr
Masa del material compactado	3530	gr
Volumen del recipiente	2136.69	cm3
Peso unitario compactado	1.652	gr/cm3
Masa del molde + material del suelto	8415	gr
Masa del material suelto	3192	gr
Peso unitario suelto	1.494	gr/cm3

Fuente: Propia

Anexo 6: Determinación de peso volumétrico suelto y compactado arena.

Definición	Valor	Unidades
Masa del recipiente + masa del material compactado	7954	gr
Masa del recipiente	5223	gr
Masa del material compactado	2731	gr
Volumen del recipiente	2136.69	cm3
Peso unitario compactado	1.278	gr/cm3
Masa del molde + material del suelto	7102	gr
Masa del material suelto	2754	gr
Peso unitario suelto	1.289	gr/cm3

Fuente: Propia

Anexo 7: Resistencia a la abrasión de los áridos (Maquina de los ángeles).

Tabla 24: Graduación de la muestra.

Definición	Valor	Unidades
Numero de revoluciones	500.00	-
Tiempo de revoluciones	15.00	Minutos
Peso del material antes de ensayo	5008.00	gr
Peso del material retenido tamiz #12	4328.00	gr
Peso del material que pasa tamiz #12	642.30	gr
Coeficiente de desgaste	12.83	%

Fuente: Propia

Anexo 8: Diseño de concreto con el cemento Holcim tipo GU.

Tabla 25: Dosificación para un m3.

Dosificación					
m3	Agua (Lt)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Sacos
1	228.29	378.4	805.3	1076.0	7.6

Fuente: Propia

Tabla 26: Dosificación para un saco.

Dosificación para 1 saco				
Saco	Agua (Lt)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)
1	30.17	50.0	106.4	142.2

*Fuente: Propia***Anexo 9:** Diseño de concreto con el cemento Selva Alegre tipo GU.

Tabla 27: Dosificación para un m3 con cemento Selva Alegre.

Dosificación					
m3	Agua (Lt)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Sacos
1	228.29	378.4	794.0	1076.0	7.6

Fuente: Propia

Tabla 28: Dosificación para un saco con cemento Selva Alegre.

Dosificación para 1 saco				
Saco	Agua (Lt)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)
1	30.17	50.0	104.9	140.2

*Fuente: Propia***Anexo 10:** Resistencia a la compresión con el cemento Holcim.

Tabla 29: Resistencia a la compresión a los 7 días con cemento Holcim.

Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.							
Estructura	Edades	Masa	Altura	Diámetro	Resistencia		Tipo de falla
	Días	Gr	mm	mm	Kg/cm2	Mpa	
Cilindro 1	7	12.800	300	150	150	14.7	Tipo 2
Cilindro 2	7	12.816	300	150	150.8	14.8	Tipo 5

Gráficos



Fuente: Propia

Tabla 30: Resistencia a la compresión a los 14 días con cemento Holcim.

Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.							
Estructura	Edades	Masa	Altura	Diámetro	Resistencia		Tipo de falla
	Días	Gr	mm	mm	Kg/cm2	Mpa	
Cilindro 3	14	12.828	300	150	190.8	18.7	Tipo 5
Cilindro 4	14	12.817	300	150	189.7	18.6	Tipo 2

Gráficos



Fuente: Propia

Tabla 31: Resistencia a la compresión a los 28 días con cemento Holcim.

Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.							
Estructura	Edades	Masa	Altura	Diámetro	Resistencia		Tipo de falla
	Días	Gr	mm	mm	Kg/cm2	Mpa	
Cilindro 5	28	12.809	300	150	219.9	21.6	Tipo 5
Cilindro 6	28	12.794	301	150	220.7	21.6	Tipo 5

Gráficos



Fuente: Propia

Anexo 11: Resistencia a la compresión con el cemento Selva Alegre.

Tabla 32: Resistencia a la compresión a los 7 días con cemento Selva Alegre.

Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.							
Estructura	Edades	Masa	Altura	Diámetro	Resistencia		Tipo de falla
	Días	Gr	mm	mm	Kg/cm2	Mpa	
Cilindro 7	7	12.832	300	150	145.1	14.2	Tipo 5
Cilindro 8	7	12.809	300	150	144.2	14.1	Tipo 5

Gráficos



Fuente: Propia

Tabla 33: Resistencia a la compresión a los 14 días con cemento Selva Alegre.

Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.							
Estructura	Edades	Masa	Altura	Diámetro	Resistencia		Tipo de falla
	Días	Gr	mm	mm	Kg/cm2	Mpa	
Cilindro 9	14	12.819	300	150	185.3	18.2	Tipo 5
Cilindro 10	14	12.805	301	150	187.3	18.4	Tipo 3

Gráficos



Fuente: Propia

Tabla 34: Resistencia a la compresión a los 28 días con cemento Selva Alegre.

Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.							
Estructura	Edades	Masa	Altura	Diámetro	Resistencia		Tipo de falla
	Días	Gr	mm	mm	Kg/cm2	Mpa	
Cilindro 11	28	12.823	300	150	217.3	21.3	Tipo 5
Cilindro 12	28	12.807	301	151	213.6	20.9	Tipo 5

Gráficos



Fuente: Propia

Anexo 12: Registros de campo sobre las pruebas de compresión efectuadas en los cilindros.

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRÍCAS DE HORMIGÓN.																							
NORMA ASTM C-39 / C39M-12a																							
PROYECTO: "ELABORACIÓN DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE f _c = 210 kg/cm2 UTILIZANDO AGREGADOS FINOS Y GRUESOS DE LA PARROQUIA DE NUEVA LOJA CON LA INCORPORACIÓN DE DOS TIPOS DE CEMENTO"																							
PRENSA:				ENSAYO:								ENTIDADES:				DATOS:							
Fecha calibración :		03 de mayo del 2024		Tec. Laboralista :		Lab. Rowar Molina						Fiscalización :		N/A		Fecha de entrega : 11 de septiembre de 2024							
Declarac. Conformidad :		Correcta y en tolerancia		Tec. Calculista :		Ing. Diego Vélez						Contratista :		CARLOS ANDRADE H.		Orden de trabajo : C-NL-2013							
Rango de Medición :		10 Kn a 1000 KN.		Sitio de Colado :		En Obra.										Tipo Servicios : Control de Calidad, Cilindros Cemento Selva Alegre							
Criterio de aceptación :		(±/-) 1%		Proveedor Hormigón		Concretera										Localización: Parroquia Nueva Loja							
Muestra No	Estructura	Fecha Fundición	Fecha Ensayo	Edad	Masa	Altura	Diámetro	Area	Volumen	Densidad	Asentam.	Relación L/D	Factor de Correc.	Esfuerzo (Mpa)	Carga de Falla		Resistencia Corregida		Tipo de Falla Promedio	% Resistencia		Evaluación	Resistencia Especif.
				Días	Gr	mm	mm	mm	cm3	gr/cm3	cm				Kg	kN	kg/cm2	Mpa		Especif.	Real		Kg/cm2
007	Cilindro 7	12-jul-24	19-jul-24	7	12,832	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	14.2	25,627	251.3	145.1	14.2	TIPO 5	65%-70%	69.1 %	Cumple	210
008	Cilindro 8	12-jul-24	19-jul-24	7	12,809	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	14.1	25,472	249.8	144.2	14.1	TIPO 5	65%-70%	68.7 %	Cumple	
009	Cilindro 9	12-jul-24	26-jul-24	14	12,819	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	18.2	32,743	321.1	185.3	18.2	TIPO 5	85%-90%	88.3 %	Cumple	
010	Cilindro 10	12-jul-24	26-jul-24	14	12,805	301	150	17671.5	5319.1	2.41	-	2.01	1.00	18.4	33,089	324.5	187.3	18.4	TIPO 3	85%-90%	89.2 %	Cumple	
011	Cilindro 11	12-jul-24	09-ago-24	28	12,823	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	21.3	38,392	376.5	217.3	21.3	TIPO 5	100%-110%	103.5 %	Cumple	
012	Cilindro 12	12-jul-24	09-ago-24	28	12,807	301	151	17907.9	5390.3	2.38	-	1.99	1.00	20.9	38,239	375.0	213.6	20.9	TIPO 5	100%-110%	101.7 %	Cumple	

OBSERVACIONES :

MUESTRAS TOMADAS Y TRANSPORTADAS POR EL CLIENTE.

Tipo 1
Grietas en ambos extremos, formando una X en cada extremo. Grietas a través de la cabeza o hasta a 25 mm.

Tipo 2
Grietas formadas en uno de los extremos. Grietas radiales que recorren el tronco de la cabeza o, como no está definido en el tipo anterior.

Tipo 3
Falla vertical, extendiéndose a través de ambos extremos, como no está definido.

Tipo 4
Falla diagonal en la parte superior de la cabeza, formando un triángulo con un lado de la parte superior del TIPO 1.

ING. DIEGO VÉLEZ
TÉCNICO DE LABORATORIO

CARLOS PINARGOTE
GERENTE GENERAL

Conversiones

Nota	Unidades	
	1 Mpa =	10.2 kg/cm2
	1 kg =	101.97 kg

Ilustración 19: Resistencia a la compresión de probetas de hormigón.

Ilustración 19: Resistencia a la compresión de probetas de hormigón.
Fuente: Propia

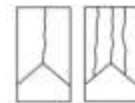
RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRÍCAS DE HORMIGÓN.																							
NORMA ASTM C-39 / C39M-12a																							
PROYECTO: "ELABORACIÓN DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE f _c = 210 kg/cm2 UTILIZANDO AGREGADOS FINOS Y GRUESOS DE LA PARROQUIA DE NUEVA LOJA CON LA INCORPORACIÓN DE DOS TIPOS DE CEMENTO"																							
PRENSA:				ENSAYO:								ENTIDADES:				DATOS:							
Fecha calibración :		03 de mayo del 2024		Tec. Laboratorista :		Lab. Rowar Molina						Fiscalización :		N/A		Fecha de entrega : 11 de septiembre de 2024							
Declarac. Conformidad :		Correcta y en tolerancia		Tec. Calculista :		Ing. Diego Vélez						Contratista :		CARLOS ANDRADE H.		Orden de trabajo : C-NL-2012							
Rango de Medición :		10 Kn a 1000 KN.		Sitio de Colado :		En Obra.										Tipo Servicios : Control de Calidad, Cilindros Cemento Holcim							
Criterio de aceptación :		(±/-) 1%		Proveedor Hormigón		Concretera										Localización: Parroquia Nueva Loja							
Muestra No	Estructura	Fecha Fundición	Fecha Ensayo	Edad	Masa	Altura	Diámetro	Area	Volumen	Densidad	Asentam.	Relación L/D	Factor de Correc.	Esfuerzo (Mpa)	Carga de Falla Kg	Carga de Falla kN	Resistencia Corregida		Tipo de Falla Promedio	% Resistencia		Evaluación	Resistencia Especif. Kg/cm2
				Días	Gr	mm	mm	mm	cm3	gr/cm3	cm						kg/cm2	Mpa		Especif.	Real		
001	Cilindro 1	12-jul-24	19-jul-24	7	12,800	300	150	17671.5	5301.4	2.41	-	2.00	1.00	14.7	26,492	259.8	150.0	14.7	TIPO 2	65%-70%	71.4 %	Cumple	210
002	Cilindro 2	12-jul-24	19-jul-24	7	12,816	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	14.8	26,635	261.2	150.8	14.8	TIPO 5	65%-70%	71.8 %	Cumple	
003	Cilindro 3	12-jul-24	26-jul-24	14	12,828	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	18.7	33,701	330.5	190.8	18.7	TIPO 5	85%-90%	90.8 %	Cumple	
004	Cilindro 4	12-jul-24	26-jul-24	14	12,817	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	18.6	33,507	328.6	189.7	18.6	TIPO 2	85%-90%	90.3 %	Cumple	
005	Cilindro 5	12-jul-24	09-ago-24	28	12,809	300	150	17671.5	5301.4	2.42	-	2.00	1.00	21.6	38,840	380.9	219.9	21.6	TIPO 5	100%-110%	104.7 %	Cumple	
006	Cilindro 6	12-jul-24	09-ago-24	28	12,794	301	150	17671.5	5319.1	2.41	-	2.01	1.00	21.6	38,983	382.3	220.7	21.6	TIPO 5	100%-110%	105.1 %	Cumple	
OBSERVACIONES : HUESTRAS TOMADAS Y TRANSPORTADAS POR EL CLIENTE.  Tipo 1 Cilindro con marcas de medición en la parte superior y inferior.  Tipo 2 Cilindro con marcas de medición en la parte superior y inferior, con una línea diagonal.  Tipo 3 Cilindro con marcas de medición en la parte superior y inferior, con una línea diagonal y una línea horizontal.  Tipo 4 Cilindro con marcas de medición en la parte superior y inferior, con una línea diagonal y una línea horizontal, y una línea vertical.  Tipo 5 Cilindro con marcas de medición en la parte superior y inferior, con una línea diagonal y una línea horizontal, y una línea vertical, y una línea horizontal.  Tipo 6 Cilindro con marcas de medición en la parte superior y inferior, con una línea diagonal y una línea horizontal, y una línea vertical, y una línea horizontal, y una línea vertical.  ING. DIEGO VÉLEZ TÉCNICO DE LABORATORIO  CARLOS PINARGOTE GERENTE GENERAL Conversiones Unidades 1 Mpa = 10.2 kg/cm2 1 kg/cm2 = 0.098 MPa Nota																							

Ilustración 20: Resistencia a la compresión de probetas.

Fuente: Propia