

Facultad de Tecnología de la Construcción

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO PROCEDENTES DE LOS BANCOS DE MATERIALES XILOÁ, XOLOTLÁN Y LA VETA PARA SER UTILIZADO COMO ELEMENTO CONSTITUYENTE DE MEZCLA DE MORTERO PARA ALBAÑILERÍA.

Trabajo del Taller Monográfico para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Svetlana Carolina
Baltodano
Carnet: 2017-05061

Br. Jubel Javier
Rocha Castro
Carnet: 2016-07891

Br. Leonardo David
Paiz Arana
Carnet: 2017-04821

MSC. Silvia Lindo
O'connors

25 de abril de 2023
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

El siguiente trabajo monográfico se lo dedicó primeramente a Dios por darme sabiduría y conocimiento por concluir esta etapa de formación académica, a mi madre que ha sido mi apoyo incondicional en todos estos años.

De igual manera le dedico este gran esfuerzo a mis demás familiares, a mi novio quien me acompañó en esta etapa, mis maestros de la facultad de tecnología de la construcción por compartir su sabiduría conmigo, especialmente nuestra tutora Ing. Silvia Lindo.

A mis compañeros quienes hicieron un excelente trabajo y amistades que compartieron sus conocimientos conmigo

Br. Svetlana Carolina Baltodano

DEDICATORIA

Primeramente, gracias a Dios por brindarme mucha salud, por guiarme en este proceso, por darme la sabiduría, el entendimiento y las fuerzas de continuar siempre hacia adelante para lograr culminar mis estudios.

Así también a mis padres Francisco Javier Rocha Padilla y Bertha del Carmen Castro por ser la base fundamental de mi vida, por el esfuerzo, por la perseverancia y por el apoyo incondicional hacia mis metas.

A mis compañeros de monografía Leonardo Paiz y Svetlana Baltodano por el arduo trabajo en equipo y a nuestra tutora Ing. Silvia Isabel Lindo O'connors por su ayuda, compromiso, tiempo y paciencia que hizo que esto fuera posible.

Br. Jubel Javier Rocha Castro

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por haberme dado la sabiduría y el conocimiento para poder lograr el propósito de ser Ingeniero Civil, sé que sin Él nada de esto sería posible.

A mi papá Leonardo Paiz y a mi mamá Guadalupe Arana que me han formado con grandes principios y valores, siempre me han dado todo su amor, apoyo, comprensión y educación durante esta hermosa carrera, esto va por ustedes papá y mamá los admiro y respeto mucho.

A mis hermanos porque gracias a ellos me han enseñado a dar lo mejor de mí y también por acompañarme en este gran paso de vida.

A mis amistades que siempre estuvieron para darme apoyo y ánimo, a los que han estado incondicionalmente para mí.

A todos los docentes que transmitieron su conocimiento para ser un gran profesional, en especial a la Ing. Silvia Lindo O'connors que fue nuestra tutora y nos acompañó en todo este proceso.

Br. Leonardo David Paiz Arana

AGRADECIMIENTOS

A Dios por iluminarnos y guiarnos hasta este gran momento de nuestras vidas, a nuestros familiares por apoyarnos incondicionalmente en todos estos años.

A nuestra tutora la Ing. Silvia Lindo O'connors que nos regaló de su tiempo y ayuda en el proceso de este trabajo para que todo haya sido posible.

A la Universidad Nacional de Ingeniería que nos abrió las puertas para poder trabajar en el laboratorio de materiales y suelos para poder desarrollar este trabajo.

A todas las personas que nos apoyaron, nos dieron su tiempo y sus conocimientos de forma desinteresada para que pudiéramos desarrollar esta monografía.

A todos los antes mencionados muchas gracias.

Br. Svetlana Carolina Baltodano

Br. Jubel Javier Rocha Castro

Br. Leonardo David Paiz Arana

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Agregados.....	3
3.1.1 Agregados finos	3
3.1.2 Clasificación del agregado fino según su procedencia.....	3
3.1.3 Clasificación del agregado fino según su tamaño	3
3.1.4 Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino.....	4
3.1.4.1 Peso Volumétrico (ASTM C - 29)	4
3.1.4.2 Gravedad Específica (ASTM C - 128)	4
3.1.4.3 Absorción (ASTM C - 128).....	5
3.1.4.4 Contenido de humedad (ASTM C - 566)	5
3.1.4.5 Análisis Granulométrico (ASTM C - 136).....	5
3.1.4.6 Módulo de Finura (ASTM C - 33).....	7
3.1.4.7 Colorimetría (ASTM C - 40)	7
3.2 Cemento.....	7
3.2.1 Tipos de cemento según la normativa NTON.....	7
3.2.2 Cemento de tipo GU.....	8
3.2.3 Uso y aplicaciones del Cemento tipo GU	8
3.2.4 Propiedades físicas del cemento	8
3.2.4.1 Determinación de la gravedad específica del cemento (ASTM C - 188).....	8

3.2.4.2	Determinación de la consistencia normal del cemento hidráulico (ASTM C - 197)	9
3.2.4.3	Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico (ASTM C - 191)	9
3.3	Aglomerados	9
3.3.1	Morteros	9
3.3.1.1	Clasificación de los morteros (ASTM C - 91)	10
3.3.1.2	Características generales del mortero.....	10
3.3.2	Propiedades mecánicas del mortero.....	12
3.3.2.1	Resistencia del mortero	12
3.3.2.2	Dosificación para la elaboración de morteros (ASTM C – 270, C – 100).....	12
4.	DISEÑO METODOLÓGICO	15
4.1	Tipo de investigación	15
4.2	Área de estudio	15
4.2.1	Descripción del universo de estudio	15
4.3	Fuentes de información	15
4.4	Ensayos que se realizaron a los materiales	15
4.5	Dosificación de mortero	16
4.6	Diseño de las mezclas de mortero	16
4.7	Resistencia a la compresión del mortero.....	16
4.8	Análisis de resultados	17
5.	DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLÓGICO	18
5.1	Selección y ubicación de los bancos de agregado fino.....	18
5.2	Ensayos de laboratorio	21
5.2.1	Ensayos realizados al agregado fino	21

5.2.1.1	Determinación de muestras de agregados a tamaños de ensayos ASTM C – 702.....	21
5.2.1.2	Determinación del contenido de humedad de los agregados ASTM C – 566	22
5.2.1.3	Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128.....	25
5.2.1.4	Determinación de los pesos unitarios seco sueltos y seco compacto de los agregados finos ASTM C – 29	32
5.2.1.4.1	Determinación del peso unitario seco suelto (PVSS).....	32
5.2.1.4.2	Determinación del peso unitario seco compacto (PVSC)	35
5.2.1.5	Determinación del análisis granulométrico de los agregados finos ASTM C – 136.....	38
5.2.1.6	Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40.....	44
5.2.2	Ensayos realizados al cemento	45
5.2.2.1	Determinación de la consistencia normal de pastas de cemento hidráulico ASTM C – 187	45
5.2.2.2	Determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat ASTM C – 191	48
5.2.2.3	Determinación del peso específico relativo del cemento hidráulico ASTM C – 188.....	51
5.3	Diseño de mezclas para mortero y resultados obtenidos de resistencia a la compresión	52
5.3.1	Diseño de mortero.....	52
5.3.1.1	Tipo de mortero a diseñar.....	53
5.3.1.2	Relación agua/cemento y método de diseño de mortero	54
5.3.1.3	Diseño de mortero con el banco de agregado fino Xiloá	55

5.3.1.4	Diseño de mortero con el banco de agregado fino Xolotlán	64
5.3.1.5	Diseño de mortero con el banco de agregado fino La Veta	65
5.3.2	Resultados de pruebas de resistencia a la compresión	68
5.3.3	Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de mortero...	69
5.3.3.1	Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días del agregado fino del banco Xiloá.....	69
5.3.3.2	Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días del agregado fino del banco Xolotlán.....	73
5.3.3.3	Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días del agregado fino del banco La Veta	75
6.	COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	77
6.1	Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino de los bancos de materiales	77
6.1.1	Contenido de humedad del agregado fino ASTM C – 566.....	77
	Ilustración 22. Contenido de humedad de los tres bancos de agregado fino .	77
6.1.2	Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128.....	78
6.1.3	Peso unitario seco suelto y seco compacto del agregado fino ASTM C – 29.....	80
6.1.4	Análisis granulométrico del agregado fino ASTM C - 136.....	82
6.1.5	Impurezas orgánicas del agregado fino ASTM C – 40	83
6.2	Análisis de mezclas de mortero	85
7.	CONCLUSIONES	87
8.	RECOMENDACIONES.....	88
9.	BIBLIOGRAFÍA	89
10.	ANEXOS.....	90

10.1	Visitas a bancos de agregado fino	90
10.2	Ensayos de laboratorio y resultados de resistencia a la compresión	93

1. INTRODUCCIÓN

La arena es una materia prima muy utilizada en la construcción por su fácil extracción y su aporte en resistencia, este agregado fino dependiendo de sus características es de vital importancia en la elaboración, calidad y desempeño de mortero.

El mortero es un producto compuesto de cemento, arena y agua, por lo que estamos en presencia de un material de construcción extremadamente firme, que es utilizado en unidades de mampostería dentro de un elemento estructural como material de agarre o para rellenar vacíos entre bloques de distintos materiales.

Existen normas que determinan y cuantifican la calidad de estos materiales (cemento, Agua y arena) bajo ciertos efectos físicos y mecánicos. Dentro de estas normas se encuentran las Pruebas Estándar Americanas para Materiales (ASTM por sus siglas en inglés), que se han venido desarrollando desde hace muchas décadas para estandarizar resultados y establecer límites de calidad.

El presente documento está basado en la importancia del agregado fino, en la fabricación de mortero comparando las resistencias de los agregados de tres bancos de materiales de la ciudad de Managua, procedentes de Xiloá, Xolotlán, y la Veta con el fin de identificar si estos materiales locales pueden emplearse en la fabricación de mortero y su aplicación en la albañilería. Para lograr nuestros objetivos realizaremos la caracterización física de los agregados e identificaremos su comportamiento mecánico al ser incluido en una mezcla de mortero.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar un estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino procedentes de los bancos de Xiloá, Xolotlán y La Veta para ser utilizado como material constituyente de mezcla de mortero para albañilería.

Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas del agregado fino proveniente de los bancos en estudio por medio de ensayos de laboratorio según normativas ASTM.
- Realizar un diseño de mortero de albañilería y determinar sus propiedades físicas-mecánicas.
- Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bancos de materiales en estudio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Agregados

En construcción se denominan agregados o áridos al conjunto de gránulos, granos o partículas inertes que por su origen, tamaño y naturaleza están destinados a ser aglomerantes, y que en presencia del agua y el cemento forman el llamado mortero y concreto.

Comúnmente los agregados se dividen, según el tamaño de sus partículas, en agregado fino y agregado grueso. También existen agregados muy finos como limos y arcillas.

3.1.1 Agregados finos

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural, extraída de los ríos, lagos o piedra triturada, siendo la mayoría de sus partículas menores de 5 mm, estos agregados abarcan normalmente partículas entre 4.75 y 0.075 mm.

3.1.2 Clasificación del agregado fino según su procedencia

Áridos naturales: Son materiales granulares que se obtienen a partir de distintas técnicas mineras, utilizadas en la construcción y en diversas aplicaciones industriales.

Áridos reciclados: Son aquellos que provienen de áridos aprovechados de residuos de la construcción y demolición.

Áridos artificiales: Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

3.1.3 Clasificación del agregado fino según su tamaño

Arena fina: Es aquella que sus granos pasan una malla de 1 mm de diámetro y son retenidas por otra de 0.25 mm.

Arena media: Es aquella que sus granos pasan una malla de 2.5 mm de diámetro y son retenidas por otra de 1 mm.

Arena gruesa: Es aquella que sus granos pasan una malla de 5mm de diámetro y son retenidas por otra de 2.5 mm.

3.1.4 Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino

Los agregados y sus características se deben en gran parte al tipo de roca natural de donde se extraen, por lo cual estos deben ser evaluados por la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) mediante ensayos de laboratorios que permiten determinar sus propiedades físicas y mecánicas que se definen a continuación.

3.1.4.1 Peso Volumétrico (ASTM C - 29)

Es el estado natural del material en relación a su peso entre su unidad de volumen a contenido natural, es decir el espacio existente entre las partículas del agregado.

- **Peso volumétrico seco suelto:** La determinación de la masa volumétrica seca del material en estado suelto, consiste en obtener la relación entre la masa de los sólidos del material y el volumen total del mismo.
- **Peso volumétrico seco compacto:** Es para el conocimiento del volumen de materiales aplicados y que están sujetos a acomodamientos o asentamiento provocados por el tránsito o por la acción del tiempo. El valor del peso volumétrico, para ambos casos, deberá obtenerse con agregados secos a la intemperie.

3.1.4.2 Gravedad Específica (ASTM C - 128)

La gravedad específica se expresa como la relación de la densidad de las partículas de agregado a la densidad del agua y se utiliza para calcular el volumen que ocupa el agregado, incluyendo concreto de cemento hidráulico, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto.

3.1.4.3 Absorción (ASTM C - 128)

La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material, y por diferencias de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.

3.1.4.4 Contenido de humedad (ASTM C - 566)

Se expresa la cantidad de agua en un material sólido y se puede representar en términos de una base de masa seca o de una base de masa húmeda, Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas.

3.1.4.5 Análisis Granulométrico (ASTM C - 136)

Es el procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total.

Tabla 1. Abertura de tamices para granulometría del agregado fino

Tamices	Abertura libre del tamiz	
	Pulgadas	Milímetros
3/8"	0.3748	9.72
N° 4	0.1870	4.75
N° 8	0.0937	2.38
N° 16	0.0468	1.19
N° 30	0.0232	0.59
N° 50	0.0116	0.297
N° 100	0.0058	0.149
N° 200	0.00295	0.075

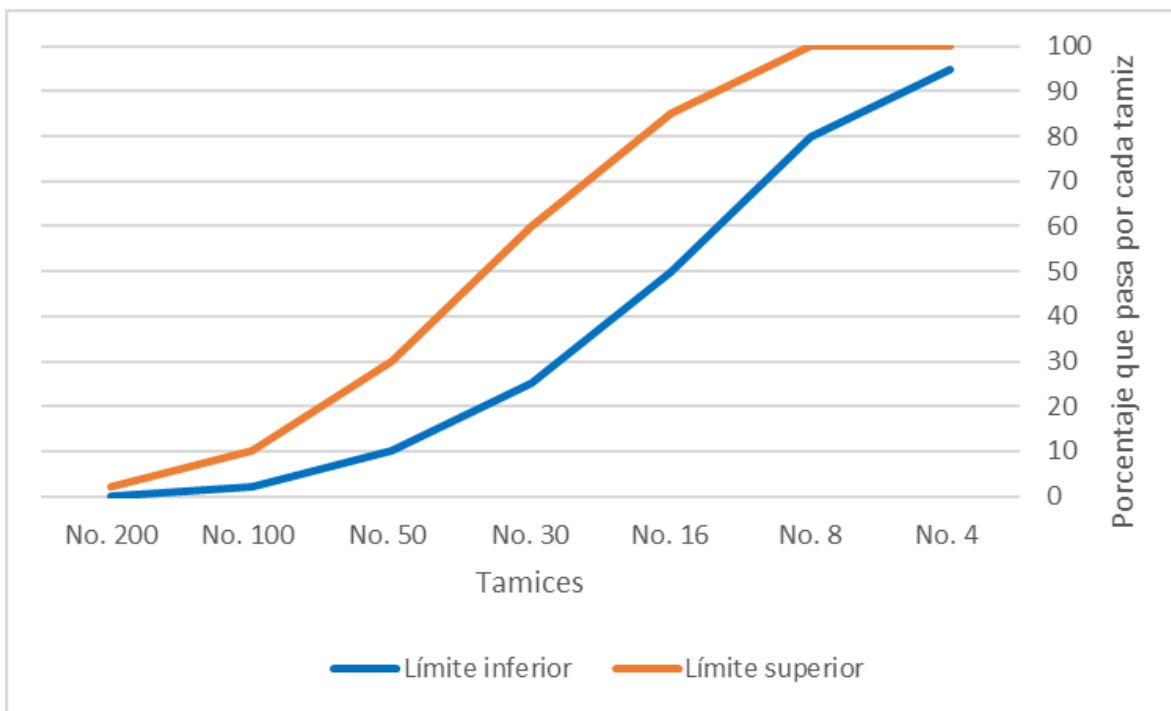
Fuente: Guías de laboratorio de materiales de construcción – UNI

Tabla 2. Especificaciones correspondientes al agregado fino

Tamices	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N° 4	95 a 100
N° 8	80 a 100
N° 16	50 a 85
N° 30	25 a 60
N° 50	10 a 30
N° 100	2 a 10
N° 200	0 a 2

Fuente: Guías de laboratorio de materiales de construcción – UNI

Ilustración 1. Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.6 Módulo de Finura (ASTM C - 33)

El módulo granulométrico recibe el nombre de “módulo de finura” cuando lo empleamos en nuestro árido. El módulo granulométrico cuantifica el área limitada por la curva granulométrica, el eje de ordenadas y la horizontal trazada por la altura del 100%.

3.1.4.7 Colorimetría (ASTM C - 40)

Al trabajar con diversos tipos de agregados especialmente con los agregados finos (arena) es común encontrar materia orgánica, debido a este de materia es frecuente que presente alto riesgo para las propiedades del mortero, como la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso del fraguado.

Este ensayo se utiliza para llevar a cabo una determinación preliminar de la aceptabilidad de agregados finos relacionados con impurezas orgánicas.

3.2 Cemento

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad.

3.2.1 Tipos de cemento según la normativa NTON

La Normativa Técnica obligatoria nicaragüense “Fabricación, Uso y Manejo del cemento” **NTON 12006 – 11** establece los requisitos químicos, físicos y desempeño de los tipos de cementos que se comercialicen en el país, así como los requerimientos para el empaque, transporte, almacenamientos y uso de los mismos

Cementos Hidráulicos:

- Tipo GU: De uso general en la construcción.
- Tipo HE: De alta resistencia inicial o temprana.

- Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos.
- Tipo MH: De moderado calor de hidratación.
- Tipo LH: De bajo calor de hidratación.

3.2.2 Cemento de tipo GU

Es aquel tipo de cemento que puede ser utilizado en todo tipo de construcciones siempre y cuando éstas no requieran las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento. Los usos de este tipo de cemento son principalmente obras de albañilería y estructuras.

3.2.3 Uso y aplicaciones del Cemento tipo GU

- Preparación de mezcla para concretos y morteros
- Diferentes tipos de elementos prefabricados: bloques, adoquines, tuberías de concreto, postes, lozas.
- Estabilización de suelos.
- Solidificación de desechos
- Acabados
- Pega de ladrillos y mampostería.

3.2.4 Propiedades físicas del cemento

3.2.4.1 Determinación de la gravedad específica del cemento (ASTM C - 188)

La determinación del peso específico relativo de los cementos consiste en establecer la relación entre una masa de cemento (g) y el volumen (ml) de líquido que esta masa desplaza en el matraz de Le Chatelier.

3.2.4.2 Determinación de la consistencia normal del cemento hidráulico (ASTM C - 197)

Con este método se determina la fluidez y manejabilidad de la pasta de cemento en relación con la cantidad de agua. Es decir que en este método de prueba se determina la cantidad de agua requerida para preparar pastas de cemento hidráulico con consistencia normal, mismas que se define por una penetración de 10 ± 1 mm con el aparato de Vicat.

3.2.4.3 Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico (ASTM C - 191)

Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final.

3.3 Aglomerados

Son sustancias simples o compuestas que tienen propiedades adhesivas y que, amasadas con agua, pueden formar una mezcla con otros materiales y brindar cohesión al conjunto mediante procesos de naturaleza física, como por ejemplo cemento, yeso, asfalto, alquitrán, etc.

Son ampliamente utilizados en la construcción y en la ingeniería civil, tanto en la confección de edificaciones, carreteras y todo tipo de estructuras, así como en la mampostería y la cerámica.

3.3.1 Morteros

El mortero es una mezcla homogénea producto de la unión de arena, agua y un conglomerante inorgánico, el cual puede ser cal, yeso o cemento.

Desde una óptica general, los morteros pueden desempeñar una función estructural, por lo que pueden ser empleados en las construcciones de elementos estructurales, o pueden efectuar funciones de mampostería, sirviendo de pega o de relleno.

3.3.1.1 Clasificación de los morteros (ASTM C - 91)

Mortero tipo N: La mezcla de mortero de laboratorio Tipo N tiene una resistencia a la compresión media y está compuesta de una parte de cemento_Pórtland, una parte de cal y seis partes de arena.

Mortero tipo O: tiene una resistencia a la compresión relativamente baja, sólo 350 psi. Es utilizado principalmente para paredes interiores, sobre rasantes y sin carga. En algunas aplicaciones interiores se puede utilizar el tipo O como alternativa al tipo N, pero su uso exterior es limitado debido a su baja capacidad estructural.

Mortero tipo S: Este tipo ofrece una alta resistencia a la compresión demás de 1,800 psi y una gran resistencia a la adhesión, tiene un rendimiento excelente para soportar la presión del suelo y las cargas sísmicas y de viento.

Mortero tipo M: Tiene la mayor cantidad de cemento Pórtland y es recomendado para cargas pesadas y para aplicaciones por debajo del nivel de suelo, incluyendo cimientos, muros de contención y caminos de entrada.

Mortero tipo K: Este tipo se utiliza raramente en construcciones nuevas, pero puede ser especificado para restauraciones u otras aplicaciones especiales. Tiene una resistencia a la compresión muy baja de solo 75 psi.

3.3.1.2 Características generales del mortero

Un mortero debe tener una consistencia adecuada, que sea fácilmente trabajable con una buena retención de agua, para que no se rigidice al contacto con la base y no tenga peso excesivo.

- **Consistencia:**

La consistencia de un mortero define la manejabilidad o trabajabilidad del mismo, se consigue en obra mediante la adición de cierta cantidad de agua que varía en función de la granulometría del mortero, cantidad de finos, empleo de aditivos, absorción del agua de la base sobre la que se aplica, así como las condiciones ambientales etc.

- **Trabajabilidad:**

Se logra con morteros de consistencia plástica, que permiten a la pasta conglomerante bañar la superficie del árido. En los otros casos se forman morteros excesivamente secos no trabajables; o bien, muy fluidos con tendencia a la segregación.

Puesto que la consistencia se adquiere mediante adición de agua a la masa de arena y conglomerante, esta propiedad se relaciona directamente con la proporción agua/cemento, crucial para el completo desarrollo de las propiedades resistentes del mortero.

Otro tipo de consistencia es la plástica donde se dispone de una cantidad de agua mayor sin perjudicar la resistencia.

- **Densidad:**

La densidad del mortero está directamente relacionada con la de sus materiales componentes, así como con su contenido en aire.

En la consistencia fluida es la resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes del mortero, principalmente cuando se le utiliza como componente de elementos de naturaleza estructural, por ejemplo, como mortero de junta en albañilerías, para relleno de albañilerías armadas o como mortero proyectado.

- **Retención de agua:**

La capacidad del mortero para mantener su plasticidad en contacto con materiales absorbentes, de manera tal que el albañil pueda alinear y nivelar los mampuestos sin romper la adherencia.

Un mortero con alta retención de agua impide que los mampuestos absorban demasiado líquido, manteniendo la humedad para un apropiado curado. Por el contrario, los morteros con baja retención producen exudación: el agua, en su camino hacia la superficie del mortero, forma capilares creando una fina capa líquida entre el mortero y el mampuesto, lo que disminuye sustancialmente la fuerza de adherencia.

- **Adherencia:**

La adherencia se basa en la resistencia a tracción de la unión entre un mortero y un soporte definido. En el caso de los morteros, ya se utilicen para colocación de mampuestos como para revoques, la propiedad más importante es su adherencia. Es el mortero el que provee la adherencia entre los mampuestos (bloques, ladrillos, etc.), unificando la pared como un sistema, otorgándole resistencia y sellándola contra la penetración de humedad.

La fuerza y la extensión de la adherencia dependen de muchas variables, pero lo fundamental es que haya un completo e íntimo contacto entre el mortero y el mampuesto.

3.3.2 Propiedades mecánicas del mortero

3.3.2.1 Resistencia del mortero

El mortero debe actuar como unión resistente y debe tener una resistencia semejante a la de las unidades, ya que no se obtendría ninguna ventaja si la resistencia del mortero es muy elevada con respecto a los elementos, puesto que la falla se produciría en ellos, aumentando además el costo de la obra.

3.3.2.2 Dosificación para la elaboración de morteros (ASTM C – 270, C – 100)

Conociendo las propiedades más importantes del mortero y su aporte a la mampostería, le permite al constructor aprovecharlas al máximo, además de dar a

conocer que el mortero premezclado es una alternativa confiable para ser utilizado en sitio.

Tabla 3. Especificación por proporción ASTM C – 270 – 100

Mortero	Tipo	Cemento Portland o mezcla de Cemento	Proporciones por Volumen (materiales Cementantes)						Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)	
			Mortero de cemento			Cemento de Mampostería				Cal hidratada o apagada
			M	S	N	M	S	N		
Cemento - cal	M	1							1/4	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 sume los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1							1/4 a 1/2	
	N	1							1/2 a 1/4	
	O	1							1 1/4 a 2 1/2	
Mortero de cemento	M	1						1		
	M		1							
	S	1/2						1		
	S			1						
	N							1		
	O							1		
Cemento de Mampostería	M	1						1		
	M									
	S	1/2				1		1		
	S									
	N							1		
	O							1		

Fuente: Norma ASTM C - 270.

Donde:

Los tipos de morteros M, S, N y O son los descritos anteriormente en el apartado 3.3.1.1 en donde se describe la clasificación de los morteros.

Tabla 4. Especificaciones por propiedades ASTM C - 270

Mortero	Tipo	Resistencia mínima a compresión a 28 días en (PSI)	Retención mínima de agua	Contenido máximo de aire	Relación de agregados (Condición húmeda y suelta)
Cemento - cal	M	2500	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1800	75	12	
	N	750	75	14 ^C	
	O	350	75	14 ^C	
Mortero de Cemento	M	2500	75	12	
	S	1800	75	12	
	N	750	75	14 ^C	
	O	350	75	14 ^C	
Cemento de Mampostería	M	2500	75	18	
	S	1800	75	18	
	N	750	75	20 ^D	
	O	350	75	20 ^D	

Fuente: Norma ASTM C – 270.

Donde:

C: Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento-cal, o en un mortero de cemento para mortero de pega, el máximo contenido de aire debe ser 12%.

D: Cuando el estructural está embebido en un mortero de cemento de mampostería, el máximo contenido de aire debe ser 18%.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

La investigación que se realizó es de tipo descriptiva y experimental ya que se estudiaron las características de los bancos de materiales de agregado fino, posteriormente se realizaron ensayos de laboratorio para comparar y analizar las resistencias de mortero.

4.2 Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el departamento de Managua, municipio de Ciudad Sandino.

4.2.1 Descripción del universo de estudio

Se seleccionó tres bancos de materiales: Xiloá, Xolotlán y La Veta, ubicados los tres a 12.5 km al oeste del departamento de Managua, municipio de Ciudad Sandino.

4.3 Fuentes de información

Se trabajó con dos fuentes de información: Primarias y secundarias.

Fuentes primarias: Está relacionado con los ensayos de laboratorio realizados para el agregado fino, provenientes de los tres bancos de materiales y también los ensayos establecidos para el cemento.

Fuentes secundarias: Se consultaron las normas establecidas nacionales e internacionales, así como otras fuentes especializadas que contribuyen a la dosificación de mezclas de mortero.

4.4 Ensayos que se realizaron a los materiales

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino como también del cemento a utilizar, se tuvieron que realizar algunos ensayos de laboratorio que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Ensayos de laboratorio a realizar

Ensayos	Designación
Determinación del PVSS y PVSC del agregado fino	ASTM C – 29
Contenido de Humedad del agregado fino	ASTM C – 566
Colorimetría del agregado fino	ASTM C – 40
Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino	ASTM C – 128
Análisis granulométrico del agregado fino	ASTM C – 136
Determinación de la consistencia normal del cemento hidráulico	ASTM C – 197 – 86
Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico	ASTM C – 191 – 82
Determinación de la gravedad específica del cemento hidráulico	ASTM C – 188 – 84

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Dosificación de mortero

La dosificación de las mezclas de mortero a utilizarse se elaboró partiendo de las resistencias a la compresión recomendadas por la norma ASTM C – 270.

4.6 Diseño de las mezclas de mortero

El diseño de mortero determina que proporciones de agregados, cemento y agua se necesitan en una determinada mezcla de mortero para obtener una adecuada resistencia a la compresión, con el objetivo de que esta sea económicamente favorable y óptima para la construcción.

4.7 Resistencia a la compresión del mortero

El ensayo se realizó aplicando el procedimiento establecido en el apéndice 7 de la norma ASTM C – 780.

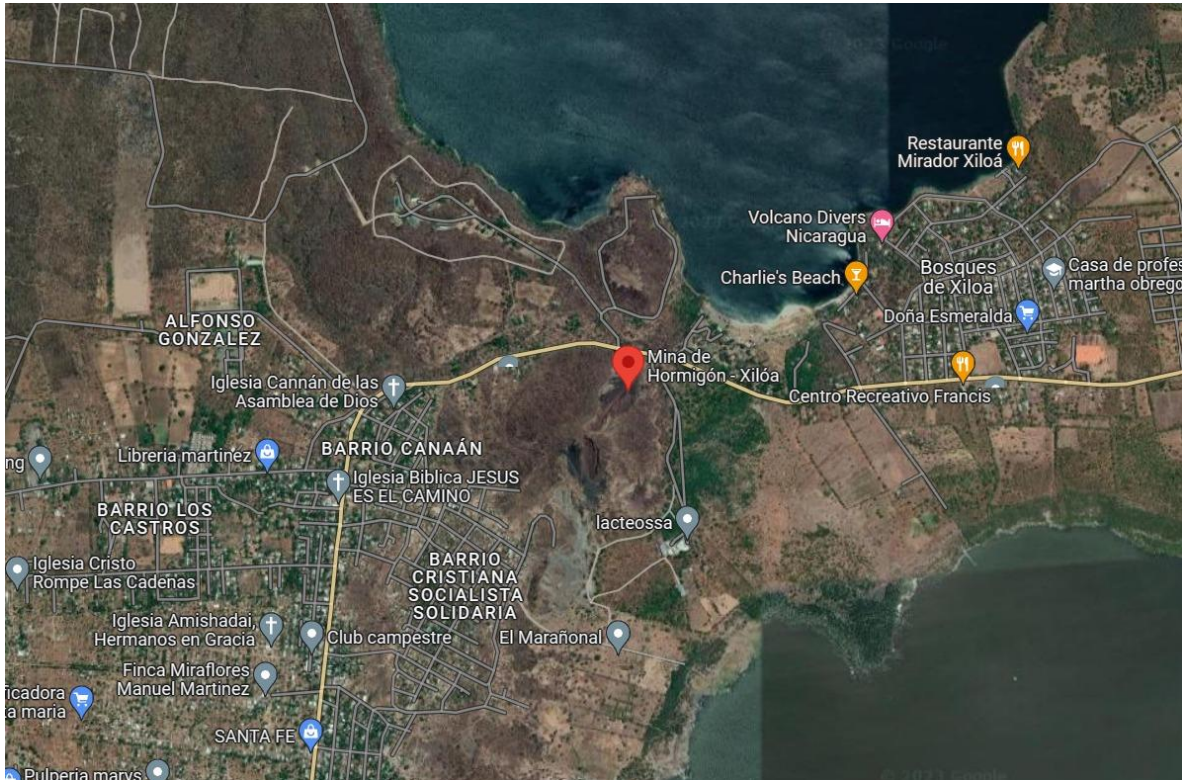
4.8 Análisis de resultados

Una vez obtenidos los resultados de todos los ensayos anteriormente realizados se compararon para identificar las diferentes características del agregado fino de cada banco de materiales. También una vez realizadas las resistencias del mortero, se analizaron los diferentes resultados para ver si cumplen con la resistencia deseada.

5. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Selección y ubicación de los bancos de agregado fino

Ilustración 2. Ubicación del banco de agregado fino Xiloá

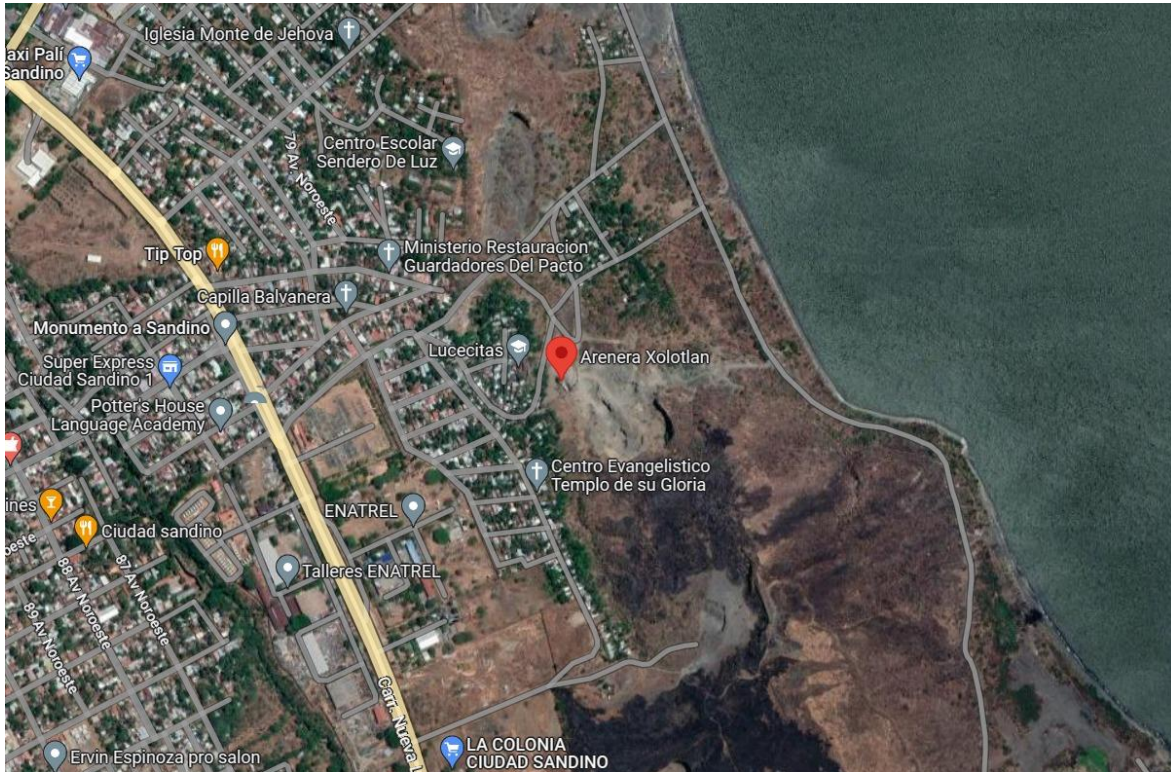


Fuente: Google Maps.

En la imagen se puede observar la ubicación exacta del banco de agregado fino Xiloá, con coordenadas 12°12'08" N y 86°19'36" W.

Este banco es de propiedad privada, los sectores de alrededor de Xiloá acuden a este banco de material regularmente para sus construcciones. (Ver Anexos, Ilustración A – 1)

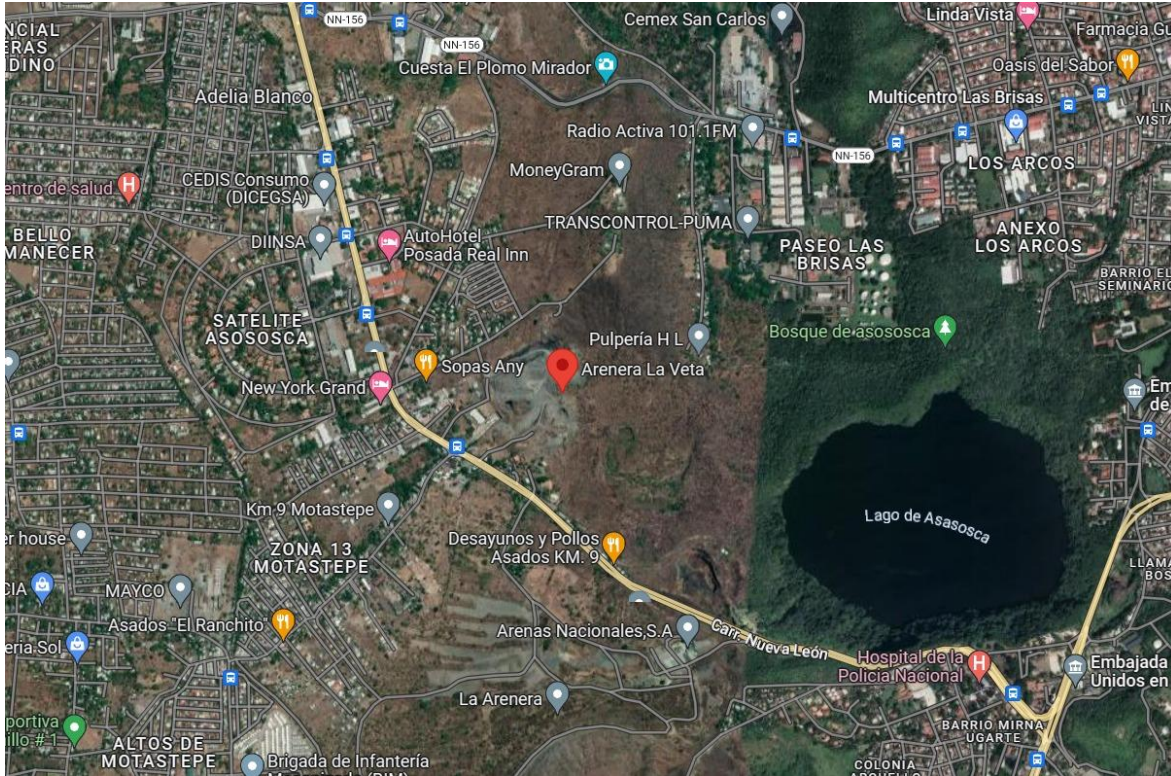
Ilustración 3. Ubicación del banco de agregado fino Xolotlán



Fuente: Google Maps.

En la imagen se puede observar la ubicación exacta del banco de agregado fino Xolotlán, la dirección es de ENATREL Ciudad Sandino 100 mts al norte, 400 mts al este, siendo este también un banco de agregado privado. (Ver Anexos, Ilustración A – 2)

Ilustración 4. Ubicación del banco de agregado fino La Veta



Fuente: Google Maps.

En la imagen se puede observar la ubicación exacta del banco de agregado fino La Veta, con coordenadas 12°08'22" N y 86°19'42" W, siendo este un banco de agregado de propiedad privada. (Ver Anexos, Ilustración A – 3)

5.2 Ensayos de laboratorio

Se realizaron ensayos de laboratorio al agregado fino de los bancos de materiales Xiloá, Xolotlán y La Veta para poder determinar sus propiedades físicas y mecánicas, como también se le realizaron ensayos de laboratorio al cemento a utilizar en este estudio, el cual es cemento canal, tipo GU, distribuido por Cemex Nicaragua.

5.2.1 Ensayos realizados al agregado fino

5.2.1.1 Determinación de muestras de agregados a tamaños de ensayos ASTM C – 702

Se seleccionó una muestra representativa para el agregado fino y se colocó el cuarteador mecánico, apoyándonos del método que establece la norma ASTM C – 702.

Ilustración 5. Cuarteo de agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Determinación del contenido de humedad de los agregados ASTM C – 566

Primero se tomó un recipiente (tara), se anotó su identificación y peso, después se seleccionó la muestra del material y se depositó en la tara previamente identificada.

Luego se pesó la muestra más la tara y se dejó secar completamente mediante un horno con temperatura controlada por un período de 24 horas, para finalmente tomar el peso de la muestra ya seco más la tara.

Ilustración 6. Determinación del contenido de humedad del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

- Contenido de humedad (%w)

Ecuación N°1:

$$\%w = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$

- Cálculo de contenido de humedad para el agregado fino del banco Xiloá

Peso de la muestra húmeda = 500 gramos

Peso de la muestra seca = 495.4 gramos

$$\%w = \frac{500 \text{ gramos} - 495.4 \text{ gramos}}{495.4 \text{ gramos}} * 100$$

$$\%w = 0.93$$

Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para el resto de bancos de materiales.

Tabla 6. Contenido de humedad del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xiloá		
Tara N°	X-2	ML-63	IC -31D
Ensaye N°	1	2	3
Peso de tara (grs)	132.0	135.8	136.0
Peso de tara más agregado húmedo (grs)	632.0	635.8	636.0
Peso de agregado húmedo (grs)	500	500	500
Peso de tara más agregado seco (grs)	627.4	631.0	631.2
Peso de agregado seco (grs)	495.4	495.2	495.2
Contenido de humedad (%)	0.93	0.97	0.97
Contenido de humedad promedio (%)	0.96		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Contenido de humedad del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xolotlán		
Tara N°	W-S	B-12	S-12
Ensaye N°	1	2	3
Peso de tara (grs)	124.5	115.4	130.9
Peso de tara más agregado húmedo (grs)	624.5	615.4	630.9
Peso de agregado húmedo (grs)	500	500	500
Peso de tara más agregado seco (grs)	589.9	580.9	596.3
Peso de agregado seco (grs)	465.4	465.5	465.4
Contenido de humedad (%)	7.43	7.41	7.43
Contenido de humedad promedio (%)	7.43		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Contenido de humedad del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: La Veta		
Tara N°	MR-1	M-114	A-1
Ensaye N°	1	2	3
Peso de tara (grs)	132.2	127.7	131.1
Peso de tara más agregado húmedo (grs)	632.2	627.7	631.1
Peso de agregado húmedo (grs)	500	500	500
Peso de tara más agregado seco (grs)	606.7	602.1	605.8
Peso de agregado seco (grs)	474.5	474.4	474.7
Contenido de humedad (%)	5.37	5.40	5.33
Contenido de humedad promedio (%)	5.37		

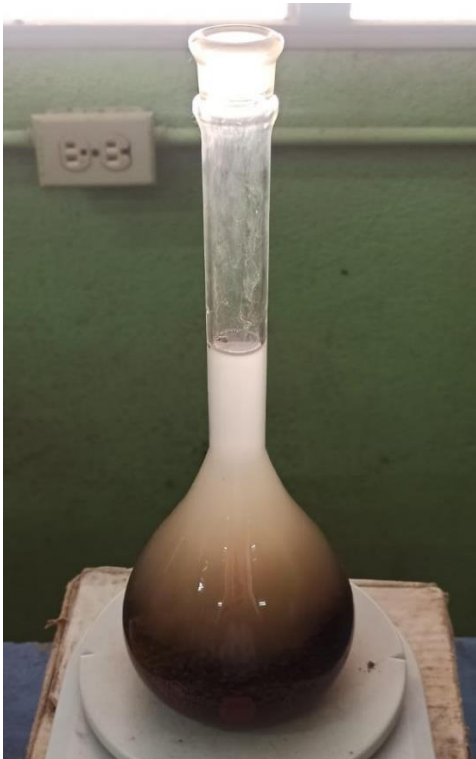
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3 Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128

Para determinar la gravedad específica se seleccionó la muestra del agregado fino y se eligió el método gravimétrico, luego se llenó el picnómetro con agua y se introdujo la muestra de agregado fino, una vez ya eliminadas todas las burbujas de aire se llevó el nivel del agua en el picnómetro a su capacidad de calibración.

Después se introdujo el contenido del picnómetro a una tara al horno, se dejó a una temperatura constante, luego se pesó la tara más el contenido y para finalizar también se pesó el picnómetro lleno de agua al punto de calibración y se tomó la temperatura.

Ilustración 7. Determinación de la gravedad específica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

- Gravedad específica (G_e)

Ecuación N°2:

$$G_e = \frac{A}{D + B - C}$$

Donde:

G_e : Gravedad específica

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr).

- Gravedad específica saturada superficialmente seca (G_{eSSS})

Ecuación N°3:

$$G_{eSSS} = \frac{B}{D + B - C}$$

Donde:

G_{eSSS} : Gravedad específica saturada superficialmente seca

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr).

- Gravedad específica aparente (G_{eap})

Ecuación N°4:

$$G_{eap} = \frac{A}{D + A - C}$$

Donde:

G_{eap} : Gravedad específica aparente

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

C: Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (gr)

D: Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (gr).

- Porcentaje de absorción ($\%Abs$)

Ecuación N°5:

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (gr)

- Cálculo de gravedad específica para el agregado fino del banco Xiloá

Peso de la muestra secada al horno (A) = 483.8 gramos

Peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca (B) = 500 gramos

Peso del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de calibración (C) = 986.8 gramos

Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración (D) = 687.0872 gramos

$$G_e = \frac{483.8 \text{ gramos}}{687.0872 \text{ gramos} + 500 \text{ gramos} - 986.8 \text{ gramos}}$$

$$G_e = 2.42$$

$$G_{esss} = \frac{500 \text{ gramos}}{687.0872 \text{ gramos} + 500 \text{ gramos} - 986.8 \text{ gramos}}$$

$$G_{esss} = 2.50$$

$$G_{eap} = \frac{483.8 \text{ gramos}}{687.0872 \text{ gramos} + 483.8 \text{ gramos} - 986.8 \text{ gramos}}$$

$$G_{eap} = 2.63$$

$$\%Abs = \frac{500 \text{ gramos} - 483.8 \text{ gramos}}{483.8 \text{ gramos}} * 100$$

$$\%Abs = 3.35$$

Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para el resto de bancos de materiales.

Tabla 9. Gravedad específica por el método gravimétrico

Agregado: Fino	Procedencia: Xiloá
Frasco N°	5
Peso de la arena SSS (B) gramos	500
Peso del frasco + agua + arena (C) gramos	986.8
Peso del frasco + agua (D) gramos	687.0872
Temperatura de ensaye °C	28.6
Tara No.	LSM-01
Peso de tara (gramos)	166.6
Peso agregado fino seco más tara (gramos)	650.4
Peso de agregado fino seco (A) gramos	483.8
Gravedad específica (Ge)	2.42
Gravedad específica SSS (Gsss)	2.50
Gravedad específica aparente (Ga)	2.63
Porcentaje de absorción (Abs)	3.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Gravedad específica por el método gravimétrico

Agregado: Fino	Procedencia: Xolotlán
Frasco N°	5
Peso de la arena SSS (B) gramos	500
Peso del frasco + agua + arena (C) gramos	977.1
Peso del frasco + agua (D) gramos	687.1068
Temperatura de ensaye °C	28.4
Tara No.	IA-21N
Peso de tara (gramos)	162.5
Peso agregado fino seco más tara (gramos)	624.6
Peso de agregado fino seco (A) gramos	462.1
Gravedad específica (Ge)	2.20
Gravedad específica SSS (Gsss)	2.38
Gravedad específica aparente (Ga)	2.68
Porcentaje de absorción (Abs)	8.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Gravedad específica por el método gravimétrico

Agregado: Fino	Procedencia: La Veta
Frasco N°	5
Peso de la arena SSS (B) gramos	500
Peso del frasco + agua + arena (C) gramos	987.5
Peso del frasco + agua (D) gramos	686.9304
Temperatura de ensaye °C	30.2
Tara No.	J-3
Peso de tara (gramos)	164.7
Peso agregado fino seco más tara (gramos)	643.3
Peso de agregado fino seco (A) gramos	478.6
Gravedad específica (Ge)	2.40
Gravedad específica SSS (Gsss)	2.51
Gravedad específica aparente (Ga)	2.69
Porcentaje de absorción (Abs)	4.47

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4 Determinación de los pesos unitarios seco sueltos y seco compacto de los agregados finos ASTM C – 29

5.2.1.4.1 Determinación del peso unitario seco suelto (PVSS)

Primeramente, se seleccionó el recipiente volumétrico adecuado y se determinó su peso. Luego se depositó el material en el recipiente con ayuda de un cucharón utilizando una altura constante sobre la parte superior del molde que no exceda de cinco centímetros (el puño de la mano). Una vez llenado el recipiente se enrasó y finalmente se pesó el recipiente con el material contenido.

Ilustración 8. Determinación del PVSS del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

- Material seco contenido en el recipiente (W_s)

Ecuación N°6:

$$W_s = (W_m + W_{mat}) - W_m$$

Donde:

W_s : Peso del material seco contenido en el recipiente

$W_m + W_{mat}$: Peso del molde más material seco

W_m : Peso del molde

➤ Peso volumétrico seco suelto (PVSS)

Ecuación N°7:

$$PVSS = \frac{W_s}{Vol}$$

Donde:

PVSS: Peso volumétrico seco suelto, en Kg/m³

W_s : Peso del material seco suelto contenido en el recipiente

Vol : Volumen del recipiente (m³)

- Cálculo del peso volumétrico seco suelto (PVSS) para el agregado fino del banco Xiloá

Peso del molde más material seco ($W_m + W_{mat}$) = 7.3193 kg

Peso del molde (W_m) = 2.867 kg

$W_s = (7.3193 \text{ kg}) - 2.867 \text{ kg}$

$W_s = 4.4523 \text{ kg}$

Peso del material seco suelto contenido en el recipiente (W_s) = 4.4523 kg

Volumen del recipiente = 0.00325 m³

$$PVSS = \frac{4.4523 \text{ kg}}{0.00325 \text{ m}^3}$$

$$PVSS = 1369.94 \text{ kg/m}^3$$

Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para el resto de bancos de materiales.

Tabla 12. Peso volumétrico seco suelto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xiloá		
Ensaye N°	1	2	3
Molde N°	M-B	M-B	M-B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del molde más material suelto (Kg)	7.3193	7.3875	7.3943
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.4523	4.5205	4.5273
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1369.94	1390.92	1393.02
Peso volumétrico seco suelto promedio (Kg/m ³)	1384.63		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Peso volumétrico seco suelto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xolotlán		
Ensaye N°	1	2	3
Molde N°	M-B	M-B	M-B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del molde más material suelto (Kg)	7.0076	7.0883	7.0467
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.1406	4.2213	4.1797
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1274.03	1298.86	1286.06
Peso volumétrico seco suelto promedio (Kg/m ³)	1286.32		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Peso volumétrico seco suelto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: La Veta		
	1	2	3
Ensaye N°			
Molde N°	M-B	M-B	M-B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del molde más material suelto (Kg)	7.533	7.5861	7.6135
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.666	4.7191	4.7465
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1435.69	1452.03	1460.46
Peso volumétrico seco suelto promedio (Kg/m ³)	1449.40		

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4.2 Determinación del peso unitario seco compacto (PVSC)

Con la ayuda de un cucharón a una altura no mayor a cinco centímetros y a cada tres capas de un tercio cada una de la altura del recipiente se depositó el material.

Donde a cada capa se le aplicó veinticinco golpes con una varilla en toda su área sin tocar el fondo del recipiente para finalmente enrasarlo y tomar el peso del recipiente con la muestra del material ensayado.

Ilustración 9. Determinación del PVSC del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

- Peso volumétrico seco compacto (PVSC)

Ecuación N°8:

$$PVSC = \frac{W_s}{Vol}$$

Donde:

PVSC: Peso volumétrico seco compacto, en Kg/m³

W_s : Peso del material seco compacto contenido en el recipiente

Vol : Volumen del recipiente (m³)

- Cálculo del peso volumétrico seco compacto (PVSC) para el agregado fino del banco Xiloá

Peso del material seco compacto contenido en el recipiente (W_s) = 4.7859 kg

Volumen del recipiente = 0.00325 m³

$$PVSS = \frac{4.7859 \text{ kg}}{0.00325 \text{ m}^3}$$

$$PVSS = 1472.59 \text{ kg/m}^3$$

Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para el resto de bancos de materiales.

Tabla 15. Peso volumétrico seco compacto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xiloá		
Ensaye N°	1	2	3
Molde N°	M-B	M-B	M-B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del molde más material compacto (Kg)	7.6529	7.6367	7.66
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	4.7859	4.7697	4.80
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1472.59	1467.6	1475.82
Peso volumétrico seco compacto promedio (Kg/m ³)	1472.00		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Peso volumétrico seco compacto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xolotlán		
Ensaye N°	1	2	3
Molde N°	M-B	M-B	M-B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del molde más material compacto (Kg)	7.4842	7.4921	7.5607
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	4.6172	4.6251	4.6937
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1420.68	1423.11	1444.22
Peso volumétrico seco compacto promedio (Kg/m ³)	1429.33		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Peso volumétrico seco compacto del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: La Veta		
	1	2	3
Ensaye N°			
Molde N°	M-B	M-B	M-B
Volumen del molde (m ³)	0.00325	0.00325	0.00325
Peso del molde (Kg)	2.867	2.867	2.867
Peso del molde más material compacto (Kg)	7.533	7.5861	7.6135
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	4.666	4.7191	4.7465
Peso volumétrico seco compacto (kg/m ³)	1435.70	1452.03	1460.46
Peso volumétrico seco compacto promedio (Kg/m ³)	1449.39		

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.5 Determinación del análisis granulométrico de los agregados finos ASTM C – 136

Se tomó una muestra representativa de arena que se dejó saturar por 24 horas, luego a esto utilizando y colocando tamices de mayor a menor diámetro: No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 y un fondo se depositó y cribó el material durante unos minutos, para finalmente pesar el material retenido en cada tamiz.

Ilustración 10. Análisis granulométrico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

- Peso retenido parcial (%*RP*)

Ecuación N°9:

$$\%RP = \frac{\text{Peso retenido en cada tamiz}}{\text{Peso seco total}} * 100$$

- Peso retenido acumulado (%*RA*)

Ecuación N°10:

$$\%RA = \%RA_i + \%RP_{i+1}$$

Donde:

%RA: Porcentaje retenido acumulado

%RA_i: Porcentaje retenido acumulado inicial

%RP_{i+1}: Porcentaje retenido parcial siguiente al acumulado que se está calculando

- Porcentaje que pasa (% *que pasa*)

Ecuación N°11:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%RA$$

Donde:

%RA: Porcentaje retenido acumulado

- Módulo de finura (*MF*)

Ecuación N°12:

$$MF = \frac{\sum \%RA \text{ (desde \#4 hasta \#100)}}{100}$$

Donde:

MF: Modulo de finura

%RA: Porcentaje retenido acumulado

- Cálculo del análisis granulométrico para el agregado fino del banco Xiloá

Peso retenido en tamiz No. 16 = 49 gramos

Peso seco total = 500 gramos

Peso retenido parcial en tamiz No. 16

$$\%RP \text{ No. 16} = \frac{49 \text{ gramos}}{500 \text{ gramos}} * 100 = 9.8$$

Peso retenido acumulado en tamiz No.16

$$\%RA \text{ No. 16} = 4.1 + 9.8 = 13.9$$

Porcentaje que pasa en tamiz No.16

$$\% \text{ que pasa No. 16} = 100 - 13.9 = 86.1$$

Módulo de finura

$$MF = \frac{4.1 + 13.9 + 33.62 + 63.92 + 87.34}{100} = 2.03$$

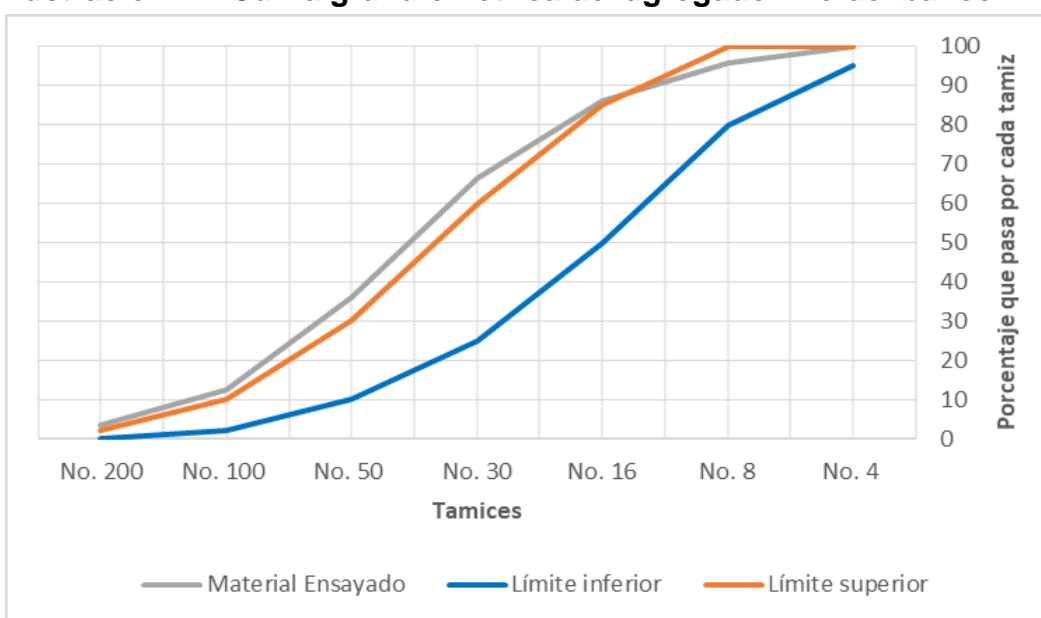
Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para el resto de bancos de materiales.

Tabla 18. Análisis granulométrico del agregado fino

Agregado: Fino		Procedencia: Xiloá				
Tamiz	Peso retenido parcial (gramos)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Límite inferior	Límite superior
No. 4	0.0	0	0	100	95	100
No. 8	20.5	4.1	4.1	95.9	80	100
No. 16	49.0	9.8	13.9	86.1	50	85
No. 30	98.6	19.72	33.62	66.38	25	60
No. 50	151.5	30.3	63.92	36.08	10	30
No. 100	117.1	23.42	87.34	12.66	2	10
No. 200	44.8	8.96	96.3	3.7	0	2
Pasa No. 200	18.5	3.7	100			
Suma	500	100				
Módulo de finura	2.03					

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 11. Curva granulométrica del agregado fino del banco Xiloá



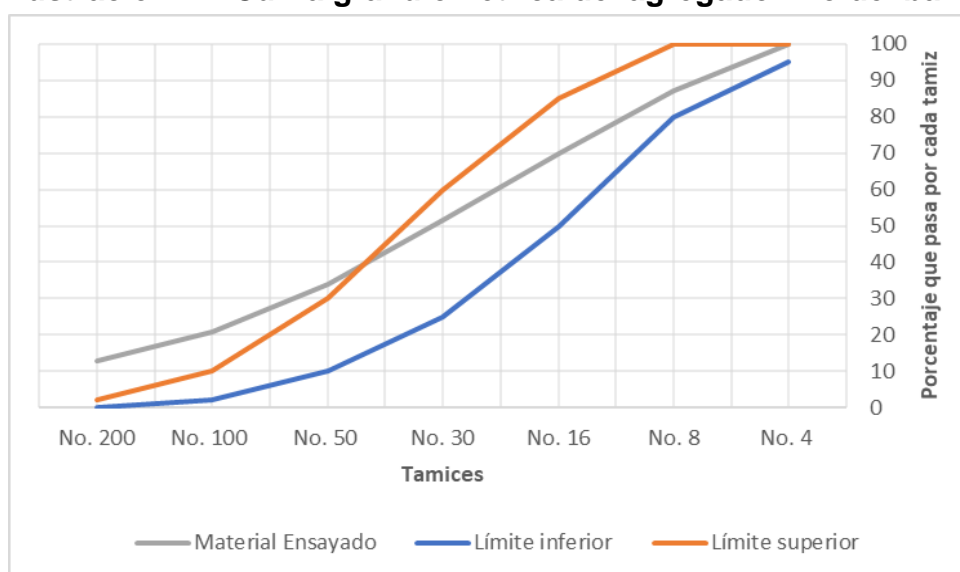
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Análisis granulométrico del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: Xolotlán					
Tamiz	Peso retenido parcial (gramos)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Límite inferior	Límite superior
No. 4	0.0	0	0	100	95	100
No. 8	64.3	12.86	12.86	87.14	80	100
No. 16	86.4	17.28	30.14	69.86	50	85
No. 30	91.1	18.22	48.36	51.64	25	60
No. 50	88.3	17.66	66.02	33.98	10	30
No. 100	66.5	13.3	79.32	20.68	2	10
No. 200	39.0	7.8	87.12	12.88	0	2
Pasa No. 200	64.4	12.88	100			
Suma	500	100				
Módulo de finura	2.37					

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 12. Curva granulométrica del agregado fino del banco Xolotlán



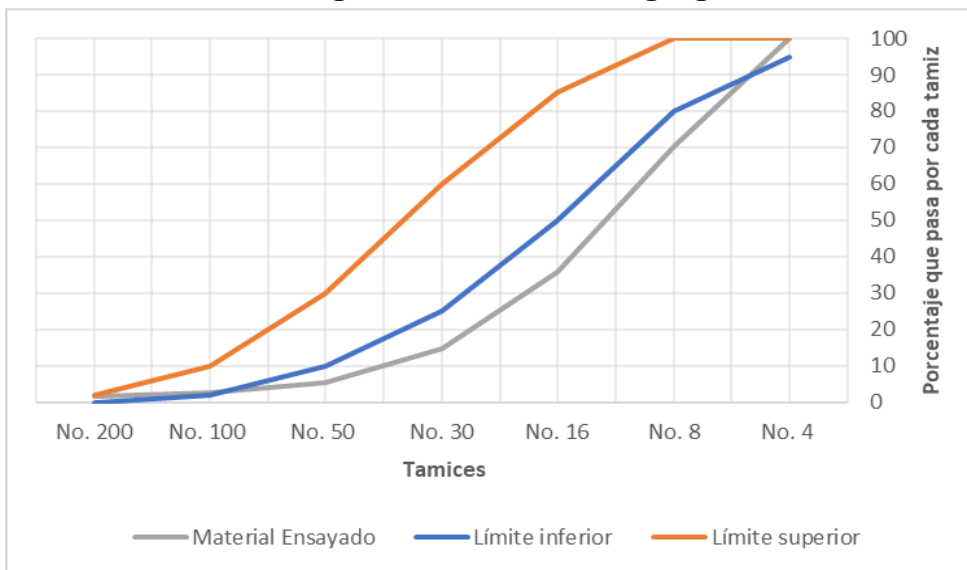
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Análisis granulométrico del agregado fino

Agregado: Fino	Procedencia: La Veta					
Tamiz	Peso retenido parcial (gramos)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	Límite inferior	Límite superior
No. 4	0.0	0	0	100	95	100
No. 8	149.3	29.86	29.86	70.14	80	100
No. 16	171.6	34.32	64.18	35.82	50	85
No. 30	106.2	21.24	85.42	14.58	25	60
No. 50	46.2	9.24	94.66	5.34	10	30
No. 100	14.6	2.92	97.58	2.42	2	10
No. 200	4.0	0.8	98.38	1.62	0	2
Pasa No. 200	8.1	1.62	100			
Suma	500	100				
Módulo de finura	3.72					

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 13. Curva granulométrica del agregado fino del banco La Veta



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.6 Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para mezclas de concreto ASTM C – 40

Se tomó una muestra de ensayo, se llenó una botella de vidrio hasta el nivel de 4 ½ onzas con la muestra de agregado fino a ser ensayado.

Luego se agregó la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen de agregado fino y líquido, indicado después de agitarse, sea 7 onzas, a continuación, se tapó la botella, se agitó y entonces se permitió reposar por 24 horas.

Al final del período de reposo de 24 horas, se sostuvo la botella con la muestra de ensayo y la tarjeta de colores de referencia, lado a lado y se comparó el color del líquido a través de la muestra de ensayo con el color de los cinco vidrios de color estándar.

Ilustración 14. Determinación de impurezas orgánicas del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Determinación de impurezas orgánicas del agregado fino

Placa Orgánica No.	Banco		
	Xiloá	Xolotlán	La Veta
1			<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3 (Estándar)			
4			
5			

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Ensayos realizados al cemento

5.2.2.1 Determinación de la consistencia normal de pastas de cemento hidráulico ASTM C – 187

Se pesó 650 gramos de cemento, se calculó la cantidad de agua que oscila entre el 20 y 33 % del peso del cemento. Luego se preparó la pasta de cemento según la norma ASTM C – 305 y una vez terminado el proceso de mezcla se procedió a determinar la consistencia normal del cemento con ayuda del aparato de Vicat.

Ilustración 15. Determinación de la consistencia normal de pasta de cemento



Fuente: Elaboración propia.

- Cantidad de agua (W_w)

Ecuación N°13:

$$W_w = \%Agua * W_c$$

Donde:

W_w : Peso de agua a añadir

W_c : Peso de la muestra de cemento

- Penetración de la pasta (P)

Ecuación N°14:

$$P = L_f - L_o$$

Donde:

P : penetración

L_o : Lectura inicial

L_f : Lectura final

- Cálculo de la consistencia normal de pastas de cemento

Peso de la muestra de cemento (W_c) = 650 gramos

$$W_w = (0.26)(650 \text{ gramos}) = 169 \text{ ml}$$

Lectura inicial (L_o) = 0 mm

Lectura final (L_f) = 8 mm

$$P = 8 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

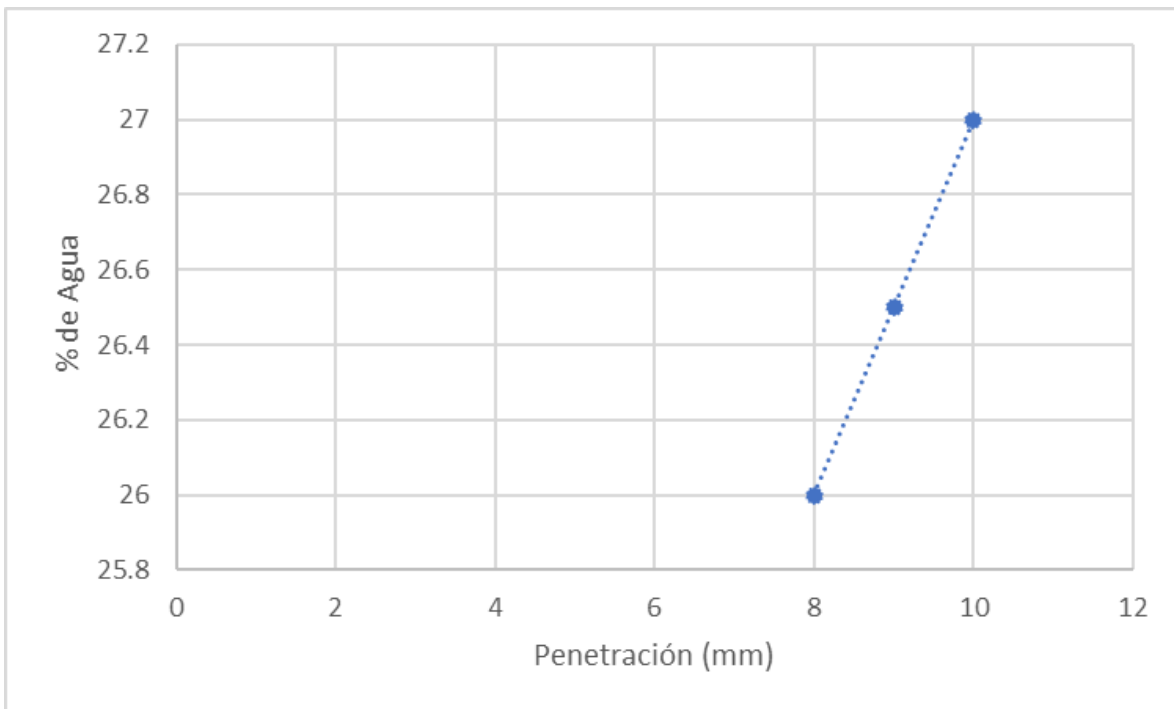
Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para el ensayo 2 y 3.

Tabla 22. Consistencia normal del cemento

Ensayo No.	Peso de muestra (gramos)	Cantidad de agua (ml)	Penetración (mm)	% de Agua
1	650	169	8	26
2	650	172.3	9	26.5
3	650	175.5	10	27

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 16. Consistencia normal del cemento



Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el gráfico, se determinó que el porcentaje de agua para obtener la consistencia normal del cemento es de 27%.

5.2.2.2 Determinación del tiempo de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat ASTM C – 191

Se pesó 650 gramos de cemento y el porcentaje de agua a emplear fue el que se obtuvo del ensayo ASTM C – 187.

La pasta de cemento se colocó en el molde cónico y después de 30 minutos se puso en contacto con la aguja de Vicat, descendiendo esta libremente durante 30 segundos y anotando su penetración. Este proceso se realizó cada quince minutos, hasta que la aguja de Vicat no penetró.

Ilustración 17. Determinación de tiempo de fraguado del cemento



Fuente: Elaboración propia.

- Tiempo de fraguado inicial (minutos)

Ecuación N°15:

$$\text{Tiempo de fraguado inicial (minutos)} = \left[\left(\frac{H - E}{C - D} \right) * (C - 25) \right] + E$$

Donde:

E: Tiempo en minutos de la última penetración superior a 25 mm

H: Tiempo en minutos de la primera penetración inferior a 25 mm

C: Lectura de penetración en el tiempo E

D: Lectura de penetración en el tiempo H

- Cálculo del tiempo de fraguado del cemento

Tiempo en minutos de la última penetración superior a 25 mm (E) = 105 minutos

Tiempo en minutos de la primera penetración inferior a 25 mm (H) = 135 minutos

Lectura de penetración en el tiempo E (C) = 32

Lectura de penetración en el tiempo H (D) = 12

$$\text{Tiempo de fraguado inicial (minutos)} = \left[\left(\frac{135 - 105}{32 - 12} \right) * (32 - 25) \right] + 105$$

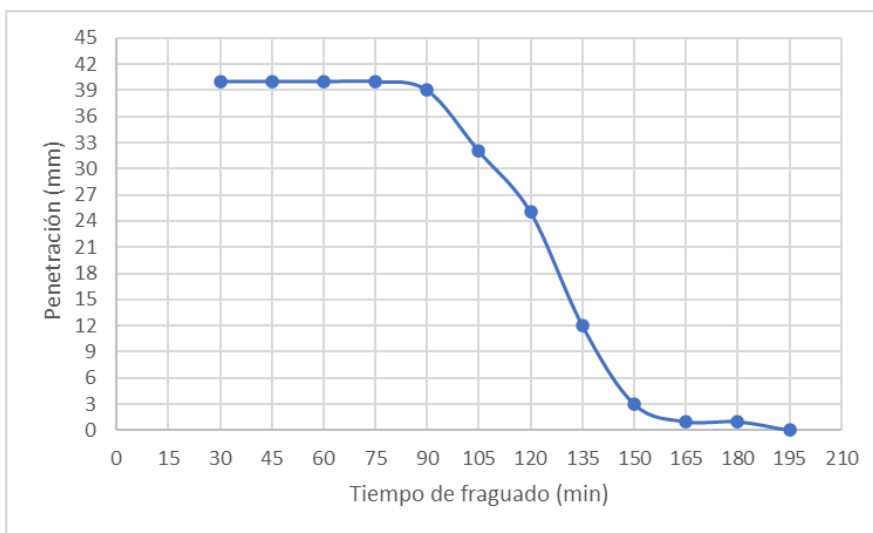
$$\text{Tiempo de fraguado inicial (minutos)} = 115 \text{ minutos}$$

Tabla 23. Tiempo de fraguado inicial y final del cemento

Tipo de cemento:	GU		Procedencia:	Cemex
Lectura No.	Tiempo transcurrido		Penetración (mm)	Observaciones
	Hora	Minutos		
1	08:30	0	0	
2	09:00	30	40	
3	09:15	45	40	
4	09:30	60	40	
5	09:45	75	40	
6	10:00	90	39	
7	10:15	105	32	
8	10:30	120	25	
9	10:45	135	12	
10	11:00	150	3	
11	11:15	165	1	
12	11:30	180	1	
13	11:45	195	0	

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 18. Tiempo de fraguado del cemento



Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 115 minutos y un tiempo de fraguado final de 3 horas y 15 minutos, estos datos fueron comparados con los datos facilitados por el fabricante, obteniendo algunas diferencias.

Tabla 24. Comparación de los tiempos de fraguado

Tipo de cemento	GU	Ensayo realizado
Tiempo de fraguado		
Fraguado inicial	45 min	115 min
Fraguado final	420 min	195 min

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.3 Determinación del peso específico relativo del cemento hidráulico ASTM C – 188

Se llenó el frasco Le Chatelier con Kerosene entre las marcas de 0 y 1 ml como volumen inicial, luego se pesó una cantidad de cemento de 64 gramos y se depositó en el frasco, posterior se colocó el tapón en el frasco y se hizo girar para eliminar burbujas.

La temperatura finalmente se ajustó mediante un baño maría, tomando así su volumen final.

- Gravedad específica del cemento (Ge_c)

Ecuación N°16:

$$Ge_c = \frac{W_c}{V_o - V_f}$$

Donde:

Ge_c : Gravedad específica del cemento

W_c : Peso del cemento

V_o : Volumen inicial

V_f : Volumen final

Tabla 25. Gravedad específica del cemento

Tipo de cemento:	GU	Procedencia:	Cemex	
Peso de cemento (grs):	64	Tipo de líquido:	Kerosene	
Lectura inicial (ml)	Lectura final (ml)	Temperatura inicial (C°)	Temperatura final (C°)	Gravedad específica
0	20.7	28.1	28.3	3.09
0	20.9	28.2	28.4	3.06
Gravedad específica promedio:				3.08

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Diseño de mezclas para mortero y resultados obtenidos de resistencia a la compresión

5.3.1 Diseño de mortero

El diseño de mezclas de mortero es el cálculo de las cantidades de materiales por unidad de volumen que se requieren para fabricar un mortero que tenga las características especificadas.

Primeramente, se debe de definir el tipo de mortero a diseñar y elaborar para así tener previsto la resistencia a la compresión deseada, con este documento lo que se estudia es cuál de los tres bancos de agregado fino en comparación tiene la mejor resistencia y cuál es la más óptima para la elaboración de morteros en la construcción.

5.3.1.1 Tipo de mortero a diseñar

Existen diferentes tipos de morteros. De acuerdo con las normas ASTM, estos se clasifican de la manera siguiente:

Tabla 26. Resistencia a la compresión del mortero a los 28 días de curado

Tipo de mortero	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)	Resistencia a los 28 días (PSI)
O	25	350
N	53	750
S	127	1800
M	176	2500

Fuente: Elaboración de morteros según las normas ASTM C – 270.

Se estableció que el mortero a diseñar es un mortero tipo M, ya que esta mezcla es de alta resistencia usada en mampostería con o sin reforzar sujeta a grandes cargas de compresión y tiene diversos usos en la construcción.

Con este tipo de mortero seleccionado se debe obtener una resistencia mínima de 2500 PSI a los 28 días de curado.

La norma ASTM C – 270 recomienda los siguientes usos para los morteros tipo M, S, N y O en el pegamento de unidades de mampostería:

Tabla 27. Guía para seleccionar mezclas de mampostería

Localización	Segmento constructivo	Tipo de mezcla	
		Recomendado	Alternativo
Exterior	-Paredes de carga	N	S o M
	-Paredes sin carga	O	N o S
	-Parapetos	N	S
Exterior, bajo el terreno	-Muros de cimentación -Muros de contención -Pozos, descarga de aguas negras, pavimentos, aceras y patios.	S	M o N
Interior	-Paredes de carga	N	S o M
	-Paredes sin carga	O	N

Fuente: Cartilla de la construcción, Capítulo 3.

Nota: El mortero tipo "M" es el de mayor resistencia de los incluidos en la norma y puede ser usado en todas las aplicaciones mencionadas en la tabla anterior.

5.3.1.2 Relación agua/cemento y método de diseño de mortero

Se propuso una relación agua/cemento de 0.60, queriendo obtener la resistencia a la compresión de 2500 PSI a los 28 días de curado, así también una fluidez adecuada del mortero para poder trabajarlo.

Antes del diseño de mortero es necesario mencionar que vamos a partir de proporciones y relación agua/cemento antes mencionado. Usaremos una proporción de 1:3 ya que esta es muy utilizada para repello y pegamento de acuerdo a la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 28. Tipo de mortero y sus usos

Tipo de mortero	Usos
1:1 1:2	Afinados
1:3 1:4 1:5	Repello Y Pegamento

Fuente: Guía de Construcciones a base de cemento.

A continuación, se planteará el diseño de mortero con relación agua/cemento de 0.60 del banco de agregado fino Xiloá.

5.3.1.3 Diseño de mortero con el banco de agregado fino Xiloá

Tabla 29. Propiedades de los materiales para mezcla de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	Ga	%Abs	%w
Cemento	1250	3.1	-	-
Arena	1384.63	2.63	3.35	0.96

Ra/c =	0.6	
γ_w =	1000	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

A) Cálculo de volumen suelto de los materiales a partir de las proporciones

$$V_{cemento} = 1 \text{ m}^3$$

$$V_{arena} = 3 \text{ m}^3$$

B) Cálculo de los pesos de materiales a partir de las proporciones

- Peso del cemento (W_c)

Ecuación N°17:

$$W_c = (PVSS)(V_c)$$

$$W_c = (1250 \text{ kg/m}^3)(1 \text{ m}^3)$$

$$W_c = 1250 \text{ kg}$$

- Peso de la arena (W_a)

Ecuación N°18:

$$W_a = (PVSS)(V_a)$$

$$W_a = (1384.63 \text{ kg/m}^3)(3 \text{ m}^3)$$

$$W_a = 4153.88 \text{ kg}$$

- Relación agua/cemento ($R_{a/c}$)

Ecuación N°19:

$$R_{a/c} = \frac{W_w}{W_c}$$

Despejando, tenemos que:

- Peso del agua (W_w)

Ecuación N°20:

$$W_w = (R_{a/c})(W_c)$$

$$W_w = (0.60)(1250 \text{ kg})$$

$$W_w = 750 \text{ kg}$$

C) Cálculo del volumen sólido de los materiales

- Volumen del cemento (V_c)

Ecuación N°21:

$$V_c = \frac{W_c}{(G_e)(\gamma_w)}$$

$$V_c = \frac{1250 \text{ kg}}{(3.1)(1000 \text{ kg/m}^3)}$$

$$V_c = 0.40 \text{ m}^3$$

- Volumen de arena (V_a)

Ecuación N°22:

$$V_a = \frac{W_a}{(G_e)(\gamma_w)}$$

$$V_a = \frac{4153.88 \text{ kg}}{(2.63)(1000 \text{ kg/m}^3)}$$

$$V_a = 1.58 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua (V_w)

Ecuación N°23:

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{750 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_w = 0.75 \text{ m}^3$$

D) Volumen de mezclas para las proporciones

- Volumen de mezcla (V_{mezcla})

Ecuación N°24:

$$V_{mezcla} = V_c + V_a + V_w$$

$$V_{mezcla} = 0.40 \text{ m}^3 + 1.58 \text{ m}^3 + 0.75 \text{ m}^3$$

$$V_{mezcla} = 2.73 \text{ m}^3$$

E) Cálculo del volumen de materiales para 1 m³ de mortero

- Volumen de cemento para 1 m³ de mortero (V_c)

Ecuación N°25:

$$\frac{V_c}{1 \text{ m}^3} = \frac{0.40 \text{ m}^3}{2.73 \text{ m}^3}$$

Despejando, obtenemos:

$$V_c = 0.15 \text{ m}^3$$

- Volumen de arena para 1 m³ de mortero (V_a)

Ecuación N°26:

$$\frac{V_a}{1 \text{ m}^3} = \frac{1.58 \text{ m}^3}{2.73 \text{ m}^3}$$

Despejando, obtenemos:

$$V_a = 0.58 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua para 1 m³ de mortero (V_w)

Ecuación N°27:

$$\frac{V_w}{1 \text{ m}^3} = \frac{0.75 \text{ m}^3}{2.73 \text{ m}^3}$$

Despejando, obtenemos:

$$V_w = 0.27 \text{ m}^3$$

F) Cálculo de los pesos de materiales para 1 m³ de mezcla

➤ Peso del cemento para 1 m³ de mortero (W_c)

Ecuación N°28:

$$W_c = (V_c)(G_e)(\gamma_w)$$

$$W_c = (0.15 \text{ m}^3)(3.1)(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$W_c = 457.24 \text{ kg}$$

➤ Peso de arena para 1 m³ de mortero (W_a)

Ecuación N°29:

$$W_a = (V_a)(G_e)(\gamma_w)$$

$$W_a = (0.58 \text{ m}^3)(2.63)(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$W_a = 1519.46 \text{ kg}$$

➤ Peso de agua para 1 m³ de mortero (W_w)

Ecuación N°30:

$$W_w = (V_w)(\gamma_w)$$

$$W_w = (0.27 \text{ m}^3)(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$W_w = 274.34 \text{ kg}$$

G) Corrección por absorción y humedad

- Corrección por absorción (W_{abs})

Ecuación N°31:

$$W_{abs} = (W_a) \left(\frac{\%Abs}{100} \right)$$

$$W_{abs} = (1519.46 \text{ kg}) \left(\frac{3.35}{100} \right)$$

$$W_{abs} = 50.88 \text{ kg}$$

- Corrección por humedad (W_{cont})

Ecuación N°32:

$$W_{cont} = (W_a) \left(\frac{\%w}{100} \right)$$

$$W_{cont} = (1519.46 \text{ kg}) \left(\frac{0.96}{100} \right)$$

$$W_{cont} = 14.52 \text{ kg}$$

- Peso de agua para la mezcla de 1 m³ de mortero (W_{mez})

Ecuación N°33:

$$W_{mez} = W_d + W_{abs} - W_{con}$$

$$W_{mez} = 274.34 \text{ kg} + 50.88 \text{ kg} - 14.52 \text{ kg}$$

$$W_{mez} = 310.70 \text{ kg}$$

H) Volumen de cubos a usar

Se diseñó para llenar 12 cubos de mortero en total, aplicando también un desperdicio del 15%, entonces tenemos que:

$$\text{Arista del cubo} = 2 \text{ in}$$

- Volumen de un cubo (V_{cubo})

Ecuación N°34:

$$V_{cubo} = L^3$$

$$V_{cubo} = (2 \text{ in})^3$$

$$V_{cubo} = 8 \text{ in}^3$$

- Volumen total de cubos (V_{tcubos})

$$V_{tcubos} = V_{cubo} * 12$$

$$V_{tcubos} = 8 \text{ in}^3 * 12$$

$$V_{tcubos} = 96 \text{ in}^3$$

- Volumen total de cubos más desperdicio ($V_{tcubos} + d$)

Ecuación N°35:

$$V_{tcubos} + d = V_{tcubos} + ((V_{tcubos})(0.15))$$

$$V_{tcubos} + d = 96 \text{ in}^3 + ((96 \text{ in}^3)(0.15))$$

$$V_{tcubos} + d = 110.4 \text{ in}^3$$

$$V_{tcubos} + d = 0.0018091319 \text{ m}^3$$

Ahora este volumen total de cubos con el desperdicio lo multiplicamos con cada peso de cemento, arena y agua respectivamente que se calculó para 1m^3 de mortero para así obtener el peso de cada uno de estos para llenar 12 cubos de mortero.

- Peso del cemento para llenar 12 cubos de mortero ($W_{c12cubos}$)

Ecuación N°36:

$$W_{c12cubos} = (V_{tcubos} + d)(W_c)$$

$$W_{c12cubos} = (0.0018091319 \text{ m}^3)(457.24 \text{ kg})$$

$$W_{c12cubos} = 0.8272 \text{ kg}$$

- Peso de arena para llenar 12 cubos de mortero ($W_{a12cubos}$)

Ecuación N°37:

$$W_{a12cubos} = (V_{tcubos} + d)(W_a)$$

$$W_{a12cubos} = (0.0018091319 \text{ m}^3)(1519.46 \text{ kg})$$

$$W_{a12cubos} = 2.7489 \text{ kg}$$

- Peso de agua para llenar 12 cubos de mortero ($W_{w12cubos}$)

Ecuación N°38:

$$W_{w12cubos} = (V_{tcubos} + d)(W_{mez})$$

$$W_{w12cubos} = (0.0018091319 \text{ m}^3)(310.70 \text{ kg})$$

$$W_{w12cubos} = 0.5621 \text{ kg}$$

Cuando se elaboró el mortero para el banco de agregado Xiloá se realizó el ensayo de fluidez obteniéndose una muy baja, lo que se hizo fue únicamente aumentar el porcentaje de lechada un 30% manteniendo la relación agua/cemento obteniéndose una fluidez de 114.

En el cálculo lo que se hizo fue tomar el dato del peso del cemento para 1m³ de mortero y se multiplica por el porcentaje, obteniendo un nuevo peso de cemento,

- Peso del cemento para 1 m³ de mortero (W_c)

$$W_c = 457.24 \text{ kg}$$

- Peso del cemento para 1 m³ de mortero con el 30% más de la relación agua/cemento (W_c)

$$W_c = (457.24 \text{ kg})(1.30)$$

$$W_c = (457.24 \text{ kg})(1.30)$$

$$W_c = 594.41 \text{ kg}$$

de acá solo se toma la Ecuación N°20 para el nuevo cálculo del peso del agua para 1 m³ de mortero

$$W_w = (R_{a/c})(W_c)$$

$$W_w = (0.60)(594.41 \text{ kg})$$

$$W_w = 356.65 \text{ kg}$$

A continuación, se presentan los pesos de los materiales para elaborar mezcla de mortero para 1 m³ y para el llenado de 12 cubos.

Tabla 30. Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.60 para 1 m³ y para 12 cubos del banco Xiloá

Material	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Peso de material para 12 cubos (kg)
Cemento	594.41	1.0754
Arena	1519.46	2.7489
Agua	393.01	0.711

Fuente: Elaboración propia.

Se continuó con el mismo procedimiento de cálculo para los bancos Xolotlán y La Veta, encontrando los siguientes pesos para cada material.

5.3.1.4 Diseño de mortero con el banco de agregado fino Xolotlán

Tabla 31. Propiedades de los materiales para mezcla de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	Gap	%Abs	%w
Cemento	1250	3.1	-	-
Arena	1286.32	2.69	8.20	7.43

Ra/c =	0.6	
γ_w =	1000	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se elaboró el mortero para el banco de agregado Xolotlán se realizó el ensayo de fluidez obteniéndose una muy baja, lo que se hizo fue únicamente aumentar el porcentaje de lechada un 30% manteniendo la relación agua/cemento obteniéndose una fluidez de 113.

Tabla 32. Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.60 para 1 m³ y para 12 cubos del banco Xolotlán

Material	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Peso de material para 12 cubos (kg)
Cemento	627.3	1.1349
Arena	1489.68	2.695
Agua	387.88	0.7017

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.5 Diseño de mortero con el banco de agregado fino La Veta

Tabla 33. Propiedades de los materiales para mezcla de mortero

Material	PVSS (kg/m ³)	Gap	%Abs	%w
Cemento	1250	3.1	-	-
Arena	1449.3949	2.6883	4.4714	5.3667

Ra/c =	0.6	
γ_w =	1000	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se elaboró el mortero para el banco de agregado La Veta se realizó el ensayo de fluidez obteniéndose una muy baja, lo que se hizo fue únicamente aumentar el porcentaje de lechada un 35% manteniendo la relación agua/cemento obteniéndose una fluidez de 107.

Tabla 34. Diseño de mezcla de mortero con relación agua/cemento de 0.60 para 1 m³ y para 12 cubos del banco La Veta

Material	Peso de material para 1 m ³ (kg)	Peso de material para 12 cubos (kg)
Cemento	609.06	1.1019
Arena	1569.36	2.8392
Agua	351.38	0.6357

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Dosificación y fluidez del diseño de mezcla de mortero para el banco Xiloá

Dosificación					
Proporción			Peso de los materiales para 12 cubos de 2" X 2" de lado		
Cemento	Arena	R a/c	Cemento (gramos)	Arena (gramos)	Agua (ml)
1	3	0.6	1075.37	2748.9	710.1
Fluidez (Flujo)					
Diámetro		Porcentaje de fluidez			
Inicial (cm)	10.16	114			
Final No.1 (cm)	22				
Final No.2 (cm)	22				
Final No.3 (cm)	21.5				
Final No.4 (cm)	21.5				
Promedio (cm)	21.75				

Fuente: Elaboración propia.

Ecuación N°39:

$$\%de\ fluidez = \frac{Diámetro\ promedio\ final - Diámetro\ inicial}{Diámetro\ inicial} * 100$$

Tabla 36. Clasificación del mortero según su fluidez

Consistencia	Fluidez	Condiciones de colocación
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración

Fuente: Guías de laboratorio de materiales de construcción – UNI

Los morteros utilizados en construcción normalmente requieren un valor de fluidez mayor que los morteros de laboratorio, y consecuentemente poseen mayor cantidad de agua. Morteros estándar se hacen con una fluidez de 110 ± 5 .

Tabla 37. Dosificación y fluidez del diseño de mezcla de mortero para el banco Xolotlán

Dosificación					
Proporción			Peso de los materiales para 12 cubos de 2" X 2" de lado		
Cemento	Arena	R a/c	Cemento (gramos)	Arena (gramos)	Agua (ml)
1	3	0.6	1134.87	2695.03	701.72
Fluidez (Flujo)					
Diámetro		Porcentaje de fluidez			
Inicial (cm)	10.16	113			
Final No.1 (cm)	21.5				
Final No.2 (cm)	22				
Final No.3 (cm)	21.5				
Final No.4 (cm)	21.5				
Promedio (cm)	21.63				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Dosificación y fluidez del diseño de mezcla de mortero para el banco La Veta

Dosificación					
Proporción			Peso de los materiales para 12 cubos de 2" X 2" de lado		
Cemento	Arena	R a/c	Cemento (gramos)	Arena (gramos)	Agua (ml)
1	3	0.6	1101.87	2839.18	635.7
Fluidez (Flujo)					
Diámetro		Porcentaje de fluidez			
Inicial (cm)	10.16	107			
Final No.1 (cm)	21.5				
Final No.2 (cm)	20.5				
Final No.3 (cm)	20.5				
Final No.4 (cm)	21.5				
Promedio (cm)	21.00				

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Resultados de pruebas de resistencia a la compresión

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos al ensayar los cubos de mortero elaborados anteriormente para cada uno de los bancos de agregado fino en estudio.

Este ensayo de resistencia a la compresión se realizó siguiendo el método establecido por la norma ASTM C – 780.

Para el mortero se fabricaron doce cubos de 2" X 2" para el ensayo de 7, 14 y 28 días, tres cubos a ensayar para cada uno de esos días.

5.3.3 Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de mortero

5.3.3.1 Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días del agregado fino del banco Xiloá

Tabla 39. Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de especímenes cúbicos

Resistencia a la compresión								
Cubo No.	Edad (días)	Área del cubo		Carga de rotura		Esfuerzo a la compresión		Promedio de esfuerzo a la compresión
		cm ²	pulg. ²	Kilogramos	Libras	Kg/cm ²	PSI	PSI
MB1-1	7	25.8064	4	3052.73	6730	118.29	1682.52*	2752.54
MB1-5	7	25.8064	4	4957.85	10930	192.12	2732.54	
MB1-9	7	25.8064	4	5030.42	11090	194.93	2772.54	
MB1-2	14	25.8064	4	6159.89	13580	238.70	3395.05	3344.21
MB1-6	14	25.8064	4	5810.62	12810	225.16	3202.54	
MB1-10	14	25.8064	4	6232.46	13740	241.51	3435.05	
MB1-3	28	25.8064	4	8632.01	19030	334.49	4757.57	4651.31
MB1-7	28	25.8064	4	9652.61	21280	374.04	5320.07**	
MB1-11	28	25.8064	4	8246.45	18180	319.55	4545.06	

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

(*) Se determinó como resistencia descartada debido a que la probeta estaba deteriorada y la prueba de compresión se ejecutó erróneamente.

(**) Se determinó como resistencia fallida a través de cálculo.

$$\text{Resistencia promedio a los 7 días} = \frac{2732.54 \text{ PSI} + 2772.54 \text{ PSI}}{2}$$

$$\text{Resistencia promedio a los 7 días} = 2752.54 \text{ PSI}$$

A esta resistencia promedio a los 7 días se le aplica un 8.7% cuando son tres cubos y 7.6% cuando son dos cubos, el resultado se le suma y resta a la resistencia promedio a los 7 días para obtener un valor máximo y mínimo de resistencia respectivamente.

Nota: De acuerdo a la sección 13 de la Norma ATM C – 109 nos dice que el rango máximo permitido entre especímenes del mismo lote de mortero, a la misma edad de prueba es el 8,7% del promedio cuando tres cubos representan una edad de prueba y 7.6% cuando dos cubos representan una edad de prueba.

$$\text{Resistencia promedio a los 7 días} = (2752.54 \text{ PSI})(0.076)$$

$$\text{Resistencia promedio a los 7 días} = 209.19$$

$$\text{Valor máximo de resistencia promedio a los 7 días} = 2752.54 \text{ PSI} + 209.19$$

$$\text{Valor máximo de resistencia promedio a los 7 días} = 2961.73 \text{ PSI}$$

$$\text{Valor mínimo de resistencia promedio a los 7 días} = 2752.54 \text{ PSI} - 209.19$$

$$\text{Valor mínimo de resistencia promedio a los 7 días} = 2543.35 \text{ PSI}$$

Se observó que las resistencias a la compresión se encuentran dentro del valor máximo y mínimo entonces se determinan como resistencia exitosa.

$$\text{Resistencia promedio a los 14 días} = \frac{3395.05 \text{ PSI} + 3202.54 \text{ PSI} + 3435.05 \text{ PSI}}{3}$$

$$\text{Resistencia promedio a los 14 días} = 3344.21 \text{ PSI}$$

A esta resistencia promedio a los 14 días se le aplica un 8.7%, el resultado se le suma y resta a la resistencia promedio a los 14 días para obtener un valor máximo y mínimo de resistencia respectivamente.

$$\text{Resistencia promedio a los 14 días} = (3344.21 \text{ PSI})(0.087)$$

$$\text{Resistencia promedio a los 14 días} = 290.95$$

Valor máximo de resistencia promedio a los 14 días = 3344.21 PSI + 290.95

Valor máximo de resistencia promedio a los 14 días = 3635.16 PSI

Valor mínimo de resistencia promedio a los 14 días = 3344.21 PSI – 290.95

Valor mínimo de resistencia promedio a los 14 días = 3053.26 PSI

Se observó que todas las resistencias a la compresión de los tres cubos se encuentran dentro del valor máximo y mínimo entonces se determinan como resistencia exitosa.

$$\text{Resistencia promedio a los 28 días} = \frac{4757.57 \text{ PSI} + 5320.07 \text{ PSI} + 4545.06 \text{ PSI}}{3}$$

Resistencia promedio a los 28 días = 4874.23 PSI

A esta resistencia promedio a los 28 días se le aplica un 8.7%, el resultado se le suma y resta a la resistencia promedio a los 28 días para obtener un valor máximo y mínimo de resistencia respectivamente.

$$\text{Resistencia promedio a los 28 días} = (4874.23 \text{ PSI})(0.087)$$

Resistencia promedio a los 28 días = 424.06 PSI

Valor máximo de resistencia promedio a los 28 días = 4874.23 PSI + 424.06

Valor máximo de resistencia promedio a los 28 días = 5298.29 PSI

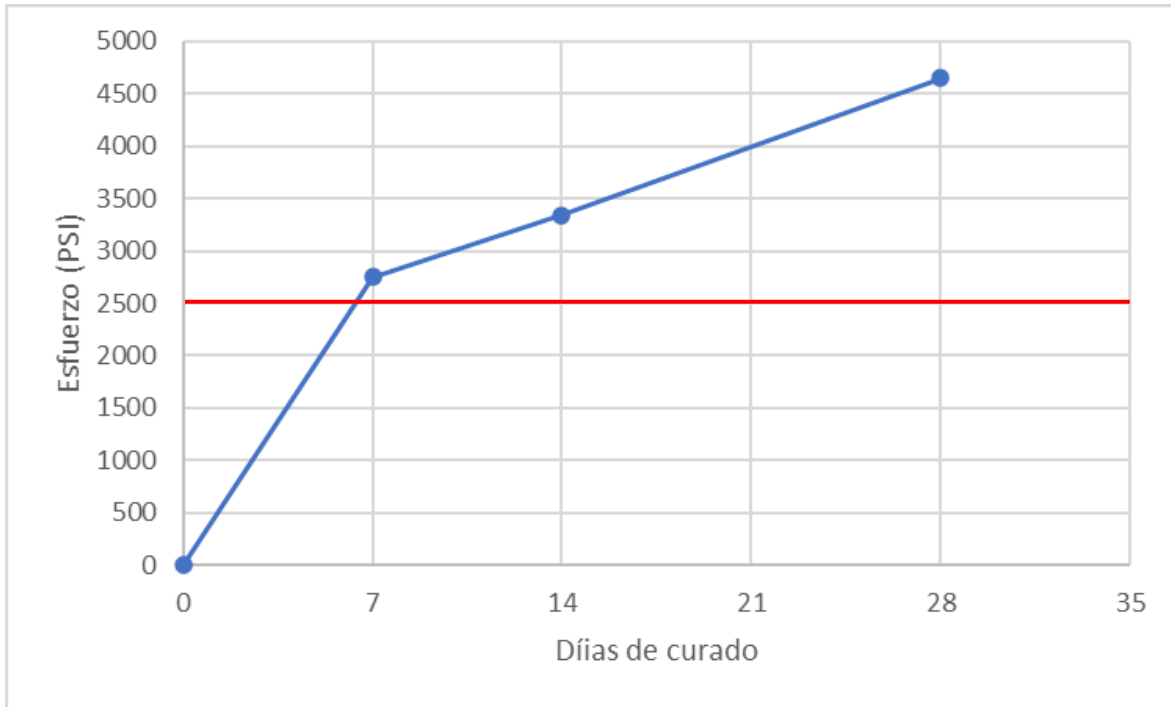
Valor mínimo de resistencia promedio a los 28 días = 4874.23 PSI – 424.06

Valor mínimo de resistencia promedio a los 28 días = 4450.18 PSI

Se observó que dos de las resistencias a la compresión de los tres cubos se encuentra dentro del valor máximo y mínimo entonces se determina como resistencia exitosa, la otra como resistencia fallida.

Se realizó el mismo procedimiento para las pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero para los otros bancos y así se determinaron algunas resistencias fallidas y exitosas.

Ilustración 19. Resistencia a la compresión del agregado fino del banco Xiloá



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico podemos observar que la resistencia a la compresión del agregado fino del banco Xiloá a los 7 días de curado es de 2752.54 PSI, a los 14 días de curado se obtuvo un valor de 3344.21 PSI y a los 28 días de curado se obtuvo un valor de 4874.23 PSI siendo esta último mayor que la resistencia a la compresión deseada para morteros de tipo M a los 28 días de curado (2500 PSI).

5.3.3.2 Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días del agregado fino del banco Xolotlán

Tabla 40. Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de especímenes cúbicos

Resistencia a la compresión								
Cubo No.	Edad (días)	Área del cubo		Carga de rotura		Esfuerzo a la compresión		Promedio de esfuerzo a la compresión
		cm ²	pulg. ²	Kilogramos	Libras	Kg/cm ²	PSI	PSI
MB2-1	7	25.8064	4	3424.68	7550	132.71	1887.53	1951.28
MB2-5	7	25.8064	4	4027.97	8880	156.08	2220.03**	
MB2-9	7	25.8064	4	3656.02	8060	141.67	2015.03	
MB2-2	14	25.8064	4	2966.54	6540	114.95	1635.02*	2637.54
MB2-6	14	25.8064	4	5093.93	11230	197.39	2807.54	
MB2-10	14	25.8064	4	4477.03	9870	173.49	2467.53	
MB2-3	28	25.8064	4	6817.61	15030	264.18	3757.55	3730.05
MB2-7	28	25.8064	4	6772.25	14930	262.43	3732.55	
MB2-11	28	25.8064	4	6713.28	14800	260.14	3700.05	

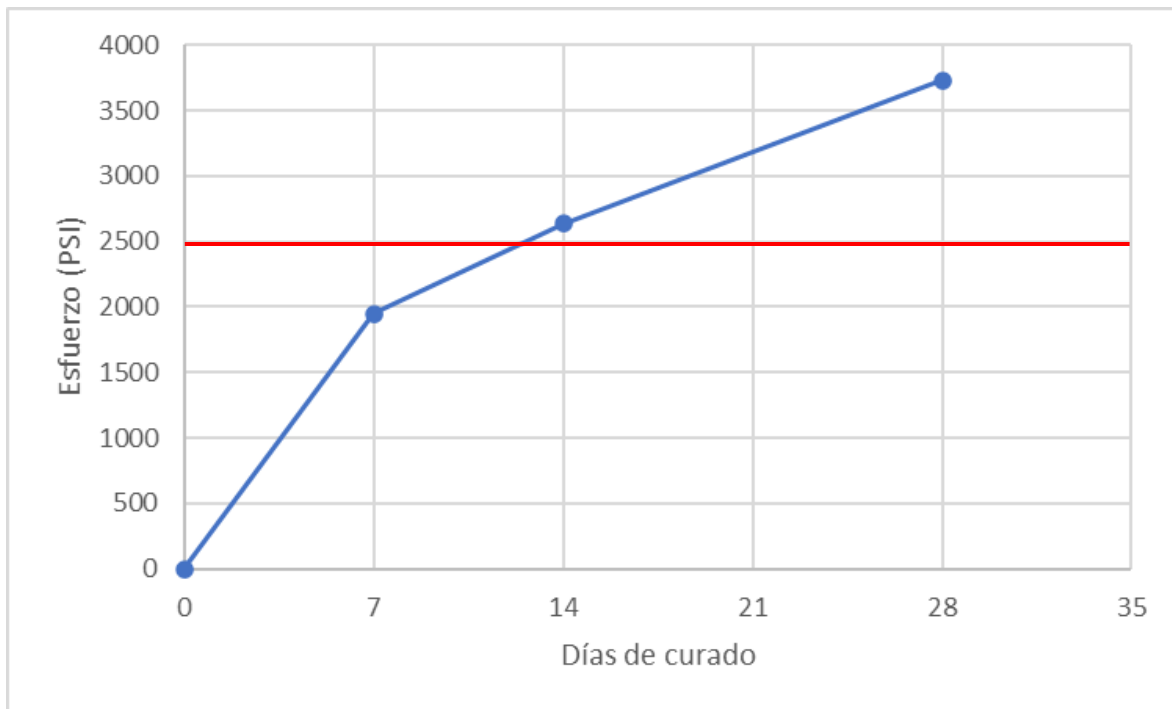
Fuente: Elaboración propia.

Nota:

(*) Se determinó como resistencia descartada debido a que la probeta estaba deteriorada y la prueba de compresión se ejecutó erróneamente.

(**) Se determinó como resistencia fallida a través de cálculo.

Ilustración 20. Resistencia a la compresión del agregado fino del banco Xolotlán



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico podemos observar que la resistencia a la compresión del agregado fino del banco Xolotlán a los 7 días de curado es de 1951.28 PSI, a los 14 días de curado se obtuvo un valor de 2637.54 PSI y a los 28 días de curado se obtuvo un valor de 3730.05 PSI siendo esta último mayor que la resistencia a la compresión deseada para morteros de tipo M a los 28 días de curado (2500 PSI).

5.3.3.3 Resultados de pruebas de resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días del agregado fino del banco La Veta

Tabla 41. Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de especímenes cúbicos

Resistencia a la compresión								
Cubo No.	Edad (días)	Área del cubo		Carga de rotura		Esfuerzo a la compresión		Promedio de esfuerzo a la compresión
		cm ²	pulg. ²	Kilogramos	Libras	Kg/cm ²	PSI	PSI
MB3-1	7	25.8064	4	6477.41	14280	251.00	3570.05	3610.42
MB3-5	7	25.8064	4	6623.92	14603	256.68	3650.80	
MB3-9	7	25.8064	4	5647.32	12450	218.83	3112.54*	
MB3-2	14	25.8064	4	5828.76	12850	225.86	3212.54*	4451.31
MB3-6	14	25.8064	4	7874.50	17360	305.14	4340.06	
MB3-10	14	25.8064	4	8278.20	18250	320.78	4562.56	
MB3-3	28	25.8064	4	10605.17	23380	410.95	5845.08	6036.75
MB3-7	28	25.8064	4	11190.31	24670	433.63	6167.58	
MB3-11	28	25.8064	4	11063.30	24390	428.70	6097.58	

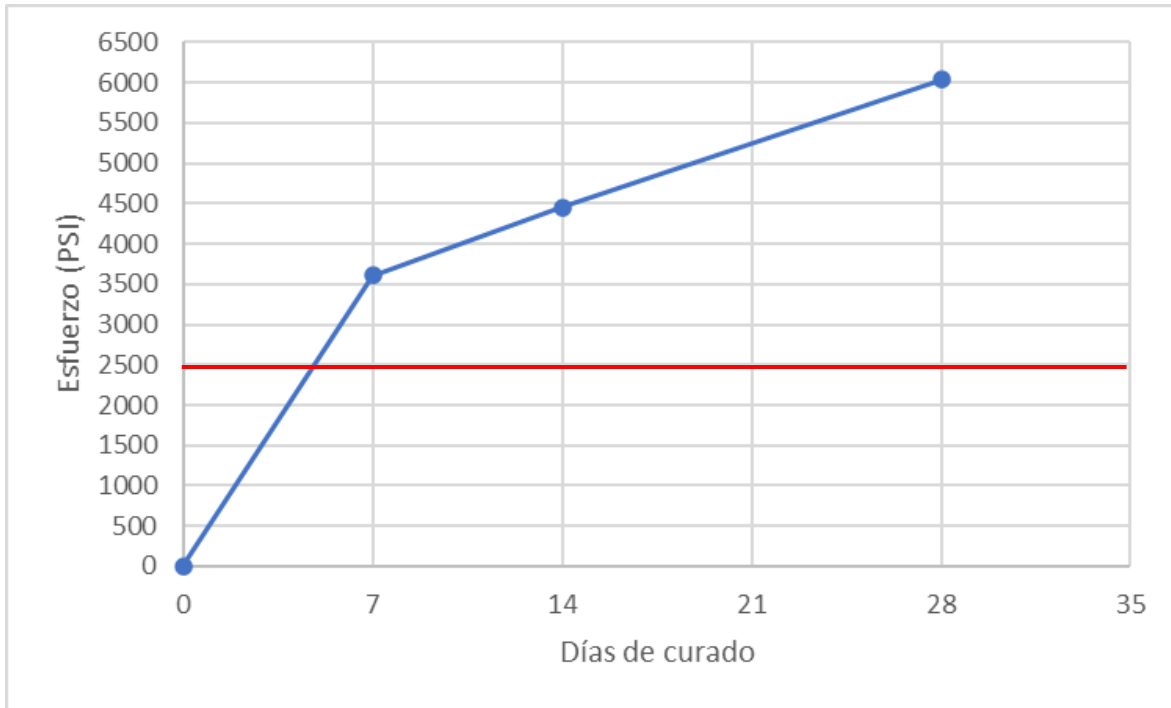
Fuente: Elaboración propia.

Nota:

(*) Se determinó como resistencia descartada debido a que la probeta estaba deteriorada y la prueba de compresión se ejecutó erróneamente.

(**) Se determinó como resistencia fallida a través de cálculo.

Ilustración 21. Resistencia a la compresión del agregado fino del banco La Veta



Fuente: Elaboración propia.

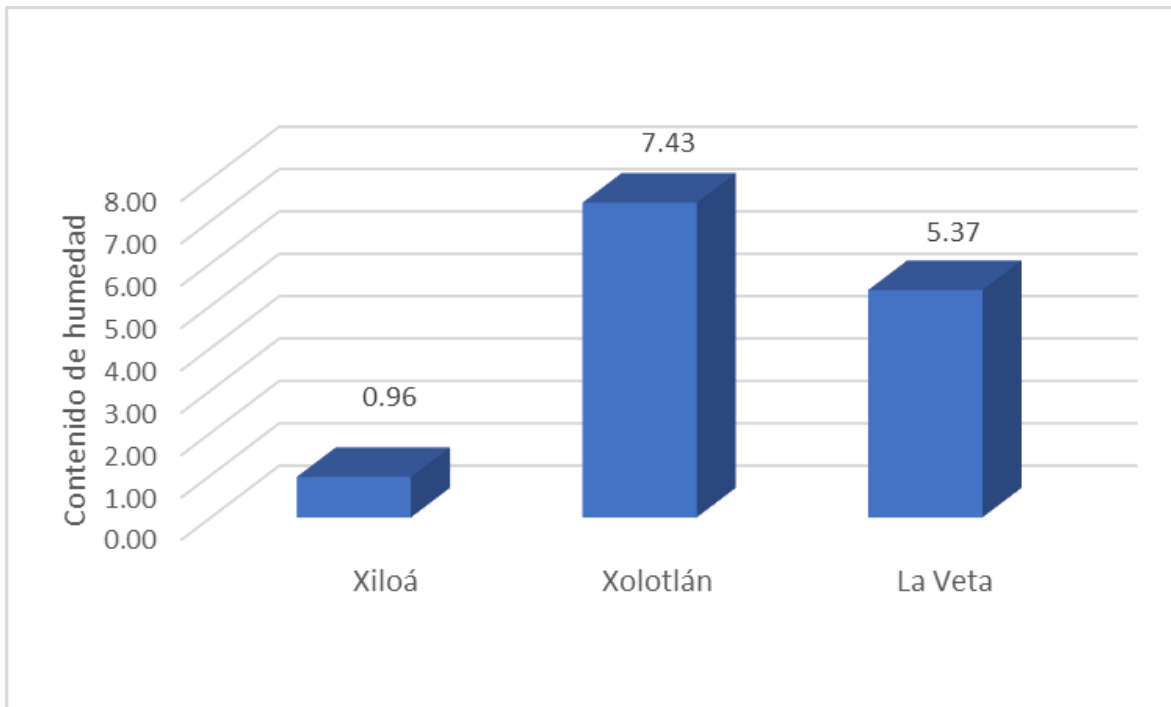
En el gráfico podemos observar que la resistencia a la compresión del agregado fino del banco La Veta a los 7 días de curado es de 3610.42 PSI, a los 14 días de curado se obtuvo un valor de 4451.31 PSI y a los 28 días de curado se obtuvo un valor de 6036.75 PSI siendo esta última mayor que la resistencia a la compresión deseada para morteros de tipo M a los 28 días de curado (2500 PSI).

6. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino de los bancos de materiales

6.1.1 Contenido de humedad del agregado fino ASTM C – 566

Ilustración 22. Contenido de humedad de los tres bancos de agregado fino



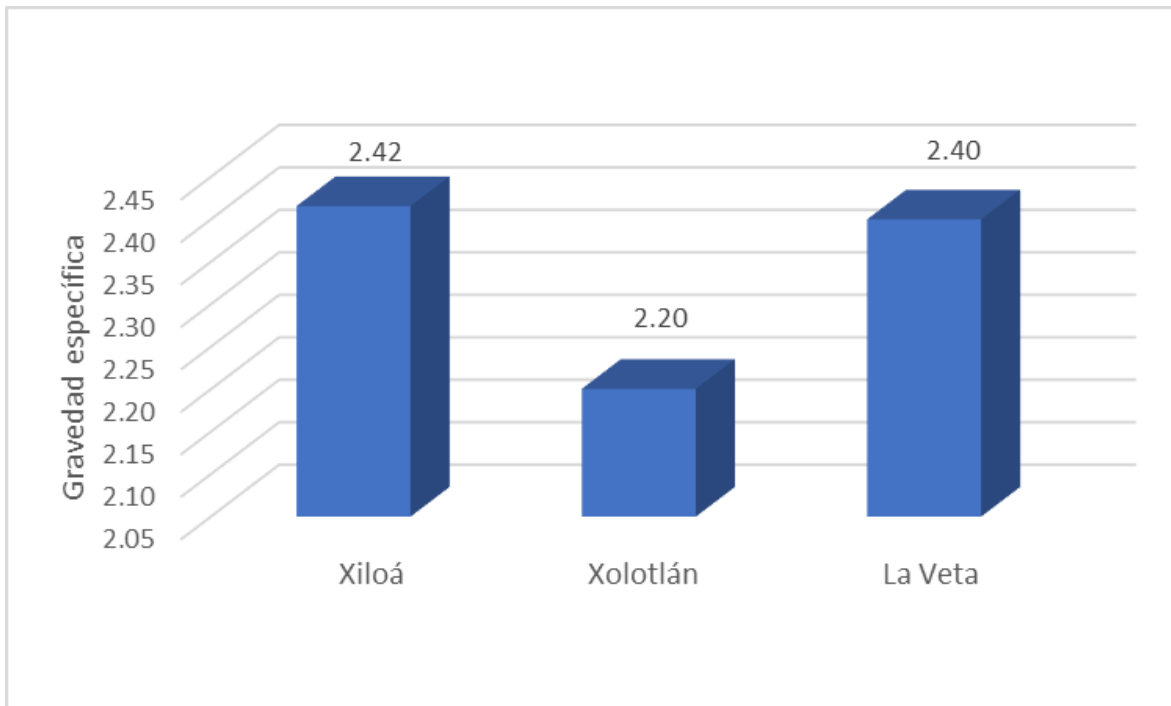
Fuente: Elaboración propia.

El contenido de humedad es una propiedad física que indica la cantidad de agua presente en los materiales, en este caso el agregado fino. Entonces podemos decir que el contenido de humedad del agregado fino del banco Xiloá con un 0.96% presenta una cantidad de agua muy baja, siendo este agregado casi en estado seco, mientras que los otros bancos presentan un contenido de humedad de 7.43% y 5.37% para Xolotlán y La Veta respectivamente, interpretando que son contenidos de humedad normales y se encuentran dentro del rango ya que la gran mayoría de los agregados finos pueden mantener un contenido de humedad de aproximadamente de 3% a 8%.

También podemos decir que los tres resultados obtenidos tienen sus diferencias porque influyen las condiciones en las que este material se encuentra almacenado como puede ser las condiciones climáticas.

6.1.2 Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino ASTM C – 128

Ilustración 23. Gravedad específica de los tres bancos de agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

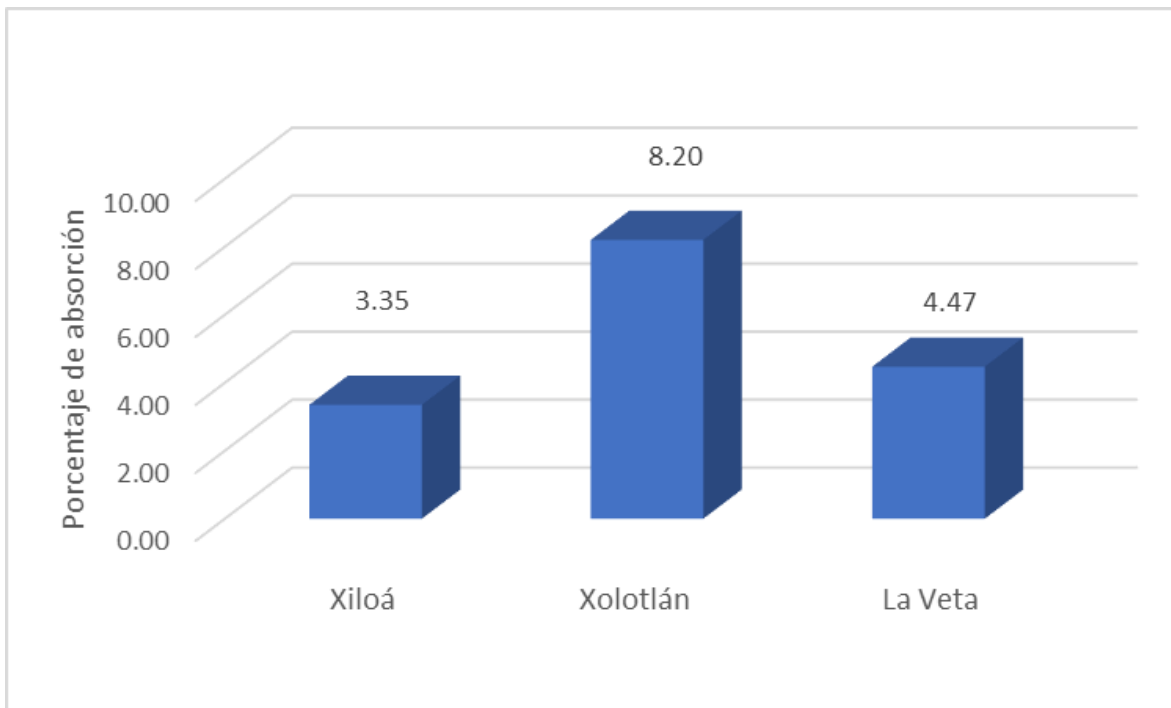
Un valor promedio de la gravedad específica se encuentra dentro de 2.3 y 2.8 por lo que podemos ver que el banco Xolotlán con una gravedad específica de 2.20 no se encuentra por poco dentro del rango, pero esto es una característica propia del banco, si es baja quiere decir que las partículas pueden ser no tan resistentes y pueden debilitar el mortero, este resultado lo podemos comprobar al ver que el banco Xolotlán fue la resistencia a la compresión más baja que se obtuvo con los otros bancos, pero cumpliendo con la resistencia propuesta.

Los bancos Xiloá con 2.42 y La Veta con 2.40 de gravedad específica se encuentran dentro del rango, interpretando que al ser gravedades específicas relativamente normal las partículas pueden proporcionar una mayor resistencia mecánica y una mayor durabilidad al mortero.

La gravedad específica del agregado fino es un factor crítico a considerar en la preparación de mortero de alta calidad. En el caso del mortero, el agregado fino, como la arena, es uno de los componentes principales y su gravedad específica puede afectar directamente las propiedades del mortero, como la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad.

Una gravedad específica más alta en el agregado fino puede mejorar la cohesión del mortero, mientras que una gravedad específica más baja puede disminuir la resistencia y aumentar la absorción de agua. Por lo tanto, es importante controlar y conocer la gravedad específica del agregado fino utilizado en la preparación del mortero para asegurar una mezcla de alta calidad y duradera.

Ilustración 24. Porcentaje de absorción de los tres bancos de agregado fino

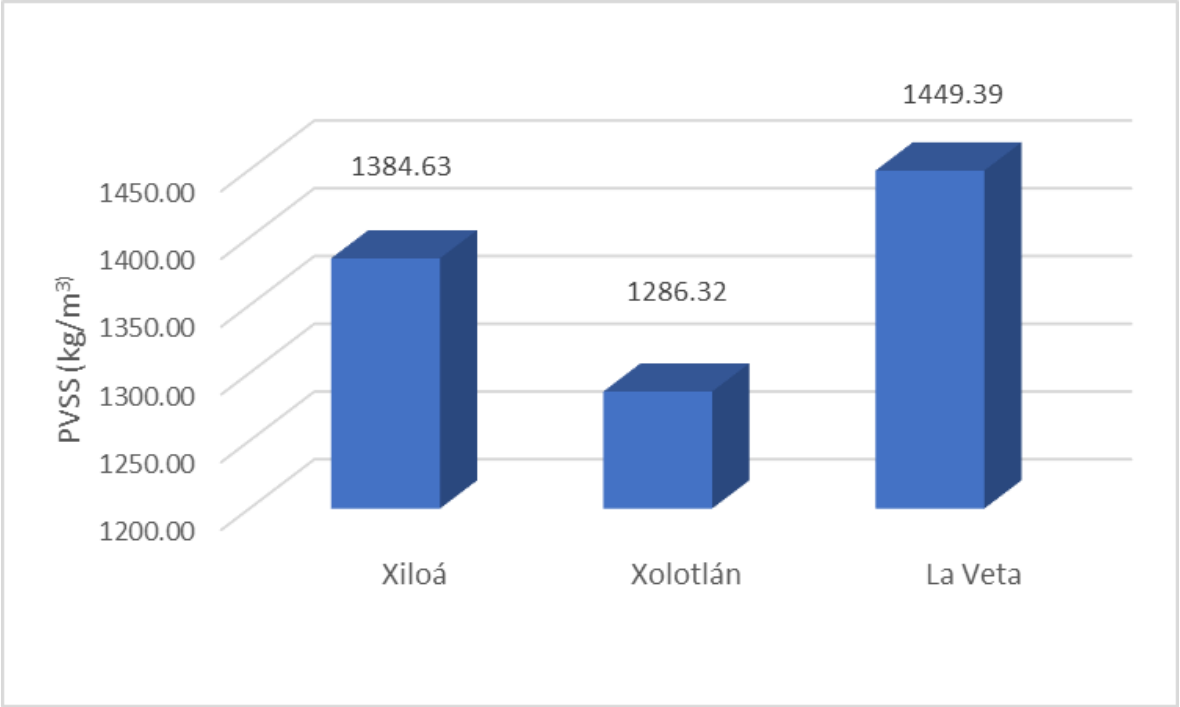


Fuente: Elaboración propia.

En el agregado fino se consideran de buena calidad aquellos que tengan un porcentaje de absorción menor al 5%, los datos nos muestran que los bancos Xiloá con 3.35% y La Veta con 4.47% se encuentran en el rango, esto nos dice que al ser porcentajes de absorción relativamente normales se les agregará una cantidad de agua moderada para la mezcla, mientras que el banco Xolotlán está por encima del rango con un 8.20% nos dice que este agregado tiene mayor presencia de espacios vacíos internamente, por lo que tiende a ser un referente de calidad, a mayor porcentaje de absorción se espera una menor resistencia.

6.1.3 Peso unitario seco suelto y seco compacto del agregado fino ASTM C – 29

Ilustración 25. Peso volumétrico seco suelto de los tres bancos de agregado fino



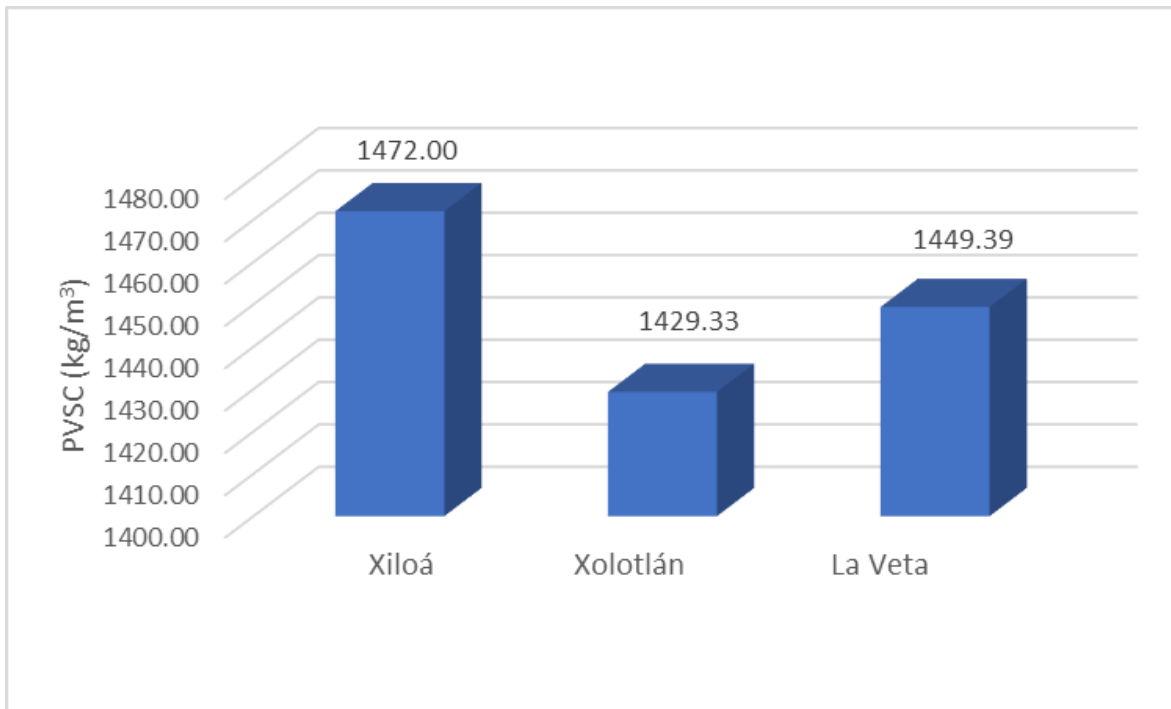
Fuente: Elaboración propia.

El peso volumétrico seco suelto del agregado fino es una medida importante para el diseño de morteros de alta calidad. Este parámetro se refiere a la masa del agregado fino por unidad de volumen en estado seco y suelto. El conocimiento del

peso volumétrico seco suelto del agregado fino permite al diseñador de morteros determinar la cantidad adecuada de agregado fino a utilizar en la mezcla de mortero.

Un peso volumétrico seco suelto alto como el del banco La Veta con 1449.39 kg/m^3 indica una mayor cantidad de aire entre las partículas del agregado fino, lo que indica que se necesita un poco más de cantidad de agregado fino para la producción de mortero. Por otro lado, un peso volumétrico seco suelto como el de los bancos Xiloá y Xoltlán con 1384.64 kg/m^3 y 1286.32 kg/m^3 respectivamente indica que el agregado fino está acorde a los parámetros para agregados de peso normal.

Ilustración 26. Peso volumétrico seco compacto de los tres bancos de agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

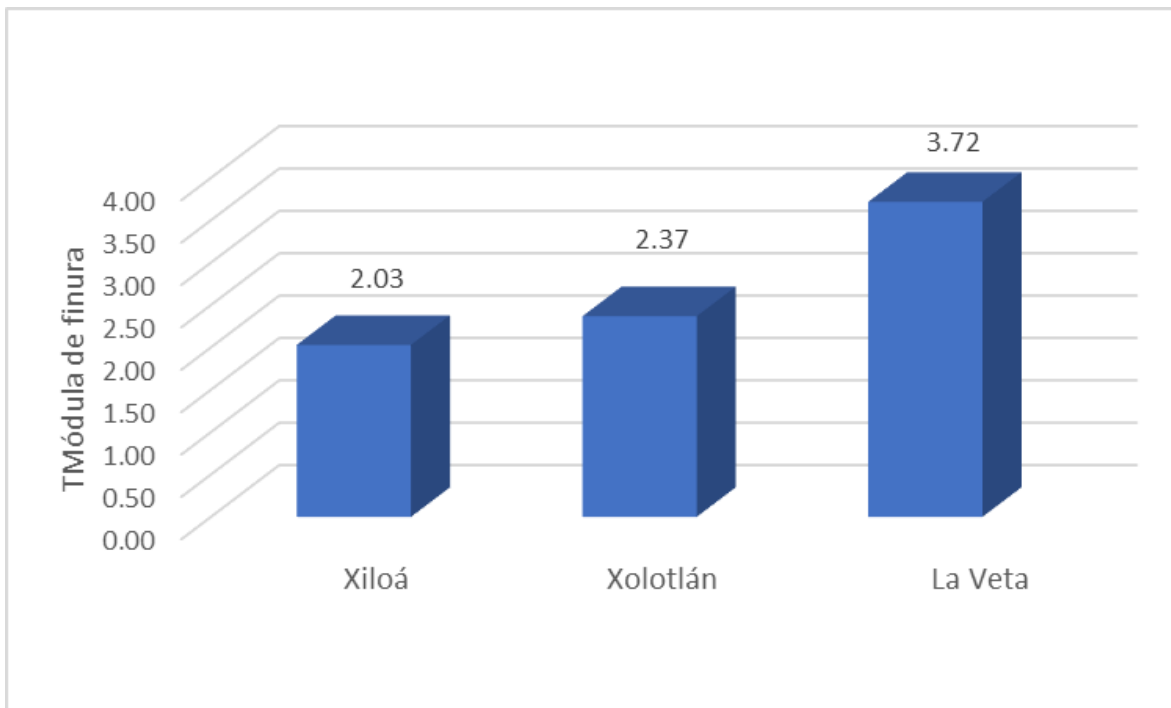
Los agregados de peso normal poseen una masa unitaria entre 1200 y 1760 kg/m^3 . Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango típico para agregados para mortero y son representativos de agregados de peso normal. El banco Xiloá con un peso volumétrico seco compacto de 1472 kg/m^3 , Xolotlán con 1429.33 kg/m^3 y La

Veta con 1449.39 kg/m^3 siendo estos muy similares lo que nos indica que poseen una densidad de agregado fino en estado seco y compactado parecida.

El peso volumétrico seco compacto del agregado fino es un parámetro fundamental para la calidad del mortero. Este parámetro se refiere a la relación entre el peso seco del agregado fino y su volumen compactado en condiciones específicas. Un peso volumétrico seco compacto alto indica que el agregado tiene una mayor densidad, lo que significa que habrá menos huecos o espacios vacíos en la mezcla de mortero, lo que resultará en un mortero más resistente y duradero. Por lo tanto, es esencial que el peso volumétrico seco compacto del agregado fino se determine y se controle cuidadosamente durante el proceso de producción de mortero para garantizar la calidad del producto final.

6.1.4 Análisis granulométrico del agregado fino ASTM C - 136

Ilustración 27. Módulo de finura de los tres bancos de agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino deberá tener no más del 45% pasando cualquier tamiz y retenido en el siguiente tamiz consecutivo de los mostrados en tabla anterior, y su módulo de finura no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. Los resultados obtenidos nos muestran que solamente el banco Xolotlán se encuentra dentro del parámetro con 2.37, siendo un módulo de finura bastante normal, el agregado no es ni muy fino ni muy grueso, mientras los otros bancos, Xiloá con 2.03 y La Veta con 3.72 están fuera del parámetro, pero es la propia característica de cada banco interpretando que el agregado fino de Xiloá es un poco grueso y el agregado fino de La Veta siendo muy fino.

El módulo de finura del agregado fino es un parámetro fundamental que se utiliza para evaluar la calidad de los agregados finos utilizados en la fabricación de mortero. El módulo de finura está directamente relacionado con la distribución de tamaño de partículas del agregado fino y, por lo tanto, afecta la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del mortero.

Un módulo de finura adecuado garantiza una mezcla homogénea y uniforme del mortero, lo que resulta en una mayor resistencia y durabilidad. Además, un módulo de finura inadecuado puede resultar en una mayor cantidad de agua requerida para lograr la trabajabilidad adecuada, lo que puede reducir la resistencia del mortero y aumentar la posibilidad de agrietamiento y deterioro.

En resumen, el módulo de finura del agregado fino es un factor crítico en la producción de mortero de alta calidad y debe ser cuidadosamente evaluado y controlado durante el proceso de fabricación.

6.1.5 Impurezas orgánicas del agregado fino ASTM C – 40

Según los datos obtenidos tenemos que el agregado fino proveniente del banco La Veta presentó un color incoloro por lo cual no presenta impurezas orgánicas, en cambio el agregado fino de los bancos Xiloá y Xolotlán presentaron un color azafranado lo que representa una pérdida de resistencia a la compresión entre el 10 al 15% en un rango comprendido entre los 7 a 28 días de curado, como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 42. Uso del agregado fino según sus impurezas orgánicas

Color	Utilización	Disminución de la resistencia del mortero de los 7 a 28 días de edad
Incoloro o amarillo claro	Mortero de buena calidad	0
Azafranado	Utilizable	10% a 15%
Rojo amarillento	Mortero sometido a tensiones reducidas	15% a 25%
Castaño marrón	No utilizable	25% a 50%
Marrón oscuro	No utilizable	50% a 100%

Fuente: Matus y Blanco, Apuntes de materiales de construcción.

Las impurezas orgánicas en el agregado fino para mortero son de gran importancia ya que pueden afectar significativamente las propiedades físicas y químicas del mortero. Estas impurezas pueden incluir materia orgánica como hojas, ramas y otros desechos vegetales que pueden afectar la capacidad de adhesión del mortero, su resistencia mecánica, su durabilidad y su capacidad para retener el agua.

Además, las impurezas orgánicas pueden actuar como un agente contaminante y promover el crecimiento de microorganismos en el mortero, lo que puede acelerar la degradación del material. Por lo tanto, es crucial controlar las impurezas orgánicas en el agregado fino para asegurar que el mortero tenga las propiedades deseadas y una larga vida útil.

6.2 Análisis de mezclas de mortero

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las mezclas de mortero a 7, 14 y 28 días de curado de los tres bancos en estudio, en el todos cumplen con la resistencia mínima que establece la norma ASTM C – 270.

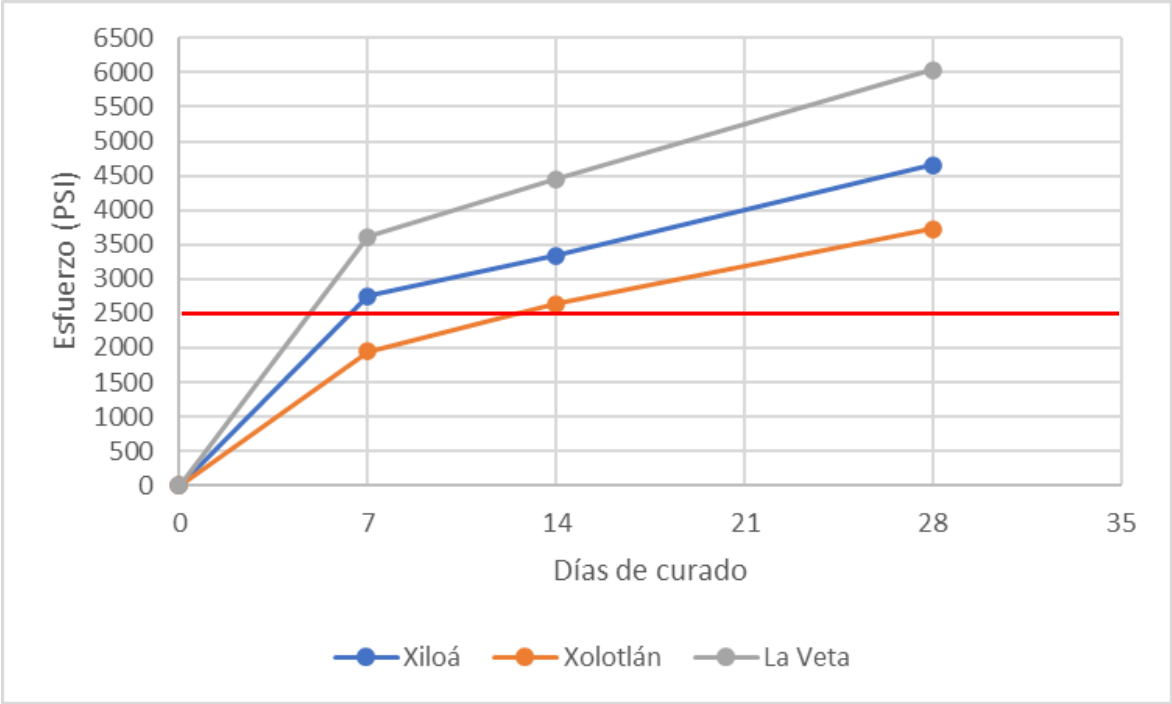
Tabla 43. Resistencia a la compresión de los tres bancos de agregado fino con relación agua/cemento de 0.60

Banco	Días de curado		
	7	14	28
Xiloá	2752.54 PSI	3344.21 PSI	4651.31 PSI
Xolotlán	1951.28 PSI	2637.54 PSI	3730.05 PSI
La Veta	3610.42 PSI	4451.31 PSI	6036.75 PSI

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 28, se muestra el comportamiento del mortero a los 7, 14 y 28 días, con una relación agua/cemento de 0.60 en la cual todos los morteros elaborados con el agregado fino del banco Xiloá, Xolotlán y La Veta cumplen con la resistencia requerida.

Ilustración 28. Comparación de la resistencia a la compresión del agregado fino de los bancos Xiloá, Xolotlán y La Veta con relación agua/cemento de 0.60



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

Al haber determinado las propiedades físicas de los tres bancos en estudio podemos decir que el agregado fino procedente del banco Xiloá tiene propiedades que se encuentran dentro del rango de los ensayos realizados, solamente el módulo de finura está por debajo del límite, lo que significa que el agregado es más fino.

El agregado fino procedente del banco Xolotlán también posee propiedades que están dentro del rango con los ensayos realizados, a excepción de la gravedad específica que es baja, esto es que las partículas pueden ser no tan resistentes y pueden debilitar el mortero, esta característica la comprobamos ya que de los tres bancos esta fue la resistencia más baja en el ensayo de resistencia a la compresión.

El agregado fino procedente del banco La Veta tiene propiedades que se encuentran dentro del rango de los ensayos realizados, excluyendo el módulo de finura que está por encima del rango, queriéndonos decir que es un agregado más grueso.

Cabe destacar que en la propiedad que los tres bancos tienen una estrecha relación es en el análisis granulométrico ya que al haber realizado la curva granulométrica de cada uno se sale de los límites inferiores y superiores, no es de preocupación ya que nos dice que es una característica de cada uno de los agregados.

Cuando se realizaron los análisis de resistencia a la compresión de los especímenes cúbicos de mortero para cada banco de material se concluyó que todos los morteros con una relación agua/cemento de 0.60 cumplen satisfactoriamente la resistencia a la compresión establecida por la norma ASTM C – 270, destacando el agregado fino del banco La Veta que obtuvo la mayor resistencia a la compresión de los tres bancos estudiados. Esto debido a que tienen una proporción adecuada de los materiales, la calidad de los mismos es muy buena y tuvieron un curado adecuado.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso del agregado fino procedente de los tres bancos de materiales en estudio ya que obtuvieron propiedades que se encuentran dentro del rango con los ensayos realizados a cada uno, a excepción de algunas propiedades que se mencionaron con anterioridad, pero esto no afecta en el uso ya que es una característica propia del agregado a utilizar.

Se sugiere evaluar el comportamiento de la mezcla para la elaboración de mortero con un incremento de la relación agua/cemento para bajar un poco la resistencia a la compresión del mortero, este incremento de la relación agua/cemento puede ser buena en términos económicos ya que se utiliza menos cemento, siempre y cuando la resistencia a la compresión se encuentre dentro de lo establecido.

9. BIBLIOGRAFÍA

American Society for Testing and materials. (s.f.). Normas ASTM. ASTM.

BECOSAN. (31 de Octubre de 2019). ¿Qué es el mortero? Obtenido de BECOSAN:
<https://www.becosan.com/es/que-es-un-mortero/>

CONSTRUMÁTICA. (2 de Diciembre de 2018). Características de los morteros.
Obtenido de CONSTRUMÁTICA:
https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADsticas_de_los_Morteros

FENARQ. (1 de Julio de 2019). Mortero Qué es? Tipos y clasificación. Obtenido de FENARQ: <https://www.fenarq.com/2019/07/mortero.html>

Instituto Nicaraguense del cemento y del concreto. (2009). Guía de construcciones a base de cemento. Managua: INCYC.

Ministerio de transporte e Infraestructura. (2011). Nueva cartilla de la construcción. Managua: PAVSA.

O'Connors, I. I. (2020). Guías de laboratorio de materiales de construcción. Managua: UNI.

10. ANEXOS

10.1 Visitas a bancos de agregado fino

Ilustración A – 1 Banco de agregado fino Xiloá



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las muestras de agregado fino para este banco se obtuvieron el 10 de enero del 2023, al día siguiente se empezaron a realizar los ensayos en el laboratorio.

Ilustración A – 2 Banco de agregado fino Xolotlán



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las muestras de agregado fino para este banco se obtuvieron el 10 de enero del 2023, al día siguiente se empezaron a realizar los ensayos en el laboratorio.

Ilustración A – 3 Banco de agregado fino La Veta



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las muestras de agregado fino para este banco se obtuvieron el 11 de enero del 2023, al día siguiente se empezaron a realizar los ensayos en el laboratorio.

10.2 Ensayos de laboratorio y resultados de resistencia a la compresión

Ilustración A - 4 Elaboración de mezclas de mortero



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración A - 5 Especímenes de mortero



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración A - 6 Ensayos a compresión del mortero



Fuente: Elaboración propia.