

**DOI:** <https://doi.org/10.46296/ig.v6i11edespmar.0091>

## ADICIÓN DE PUZOLANA NATURAL (DIATOMITA) PARA MEJORAR LA RESISTENCIA EN MORTERO ESTRUCTURAL

### ADDITION OF NATURAL POZZOLANA (DIATOMITE) TO IMPROVE RESISTANCE IN STRUCTURAL MORTAR

Álvarez-Cedeño Félix Jhoel <sup>1</sup>; Zambrano-Chavarría Jonathan David <sup>2</sup>;  
Eguez-Álava Hugo Ernesto <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.  
Correo: falvarez4064@utm.edu.ec.

<sup>2</sup> Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.  
Correo: jzambrano1317@utm.edu.ec.

<sup>3</sup> Director de trabajo investigativo, Profesor Ocasional del Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador. Profesor Principal Facultad de Ciencias de la Tierra (FICT), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador.  
Correo: hugo.eguez@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7454-712X>

#### Resumen

El trabajo investigativo realizado consistió en la evaluación de morteros estructurales tipo (M), según la norma (ASTM C109/C109 M-99), en función de la resistencia a la compresión. Los ensayos se realizaron con materiales específicos como: cemento Portland tipo I, Puzolana diatomita, arena triturada de (Megarok S.A.) y agua. Las mezclas fueron trabajadas a un mismo nivel de fluidez obteniendo mezclas homogéneas y de gran trabajabilidad. El moldeo de los especímenes se realizó en cubos de 50mm por cada lado. La diatomita fue adicionada proporcionalmente en el 15% y 20% como remplazo del cemento Portland. Los ensayos de rotura se realizaron a los 7, 14, 28, y 91 días de curado, los cuales resultaron exitosos, creando un mortero tipo M (estructural). La diatomita resulto muy eficiente gracias a su alto contenido de sílice amorfa, la que reacciona con los productos de hidratación del cemento ( $Ca(OH)_2$  y los álcalis NaOH y KOH entre otros) para producir un mortero estructural con el fin de obtener el nivel de resistencia requerido y mejorar su durabilidad.

**Palabras clave:** Puzolana, Diatomita, Resistencia, Mortero, Estructural.

#### Abstract

The investigative work carried out consisted in the evaluation of type (M) structural mortars, according to the standard (ASTM C109/C109 M-99), depending on the compressive strength. The tests were carried out with specific materials such as: Type I Portland cement, diatomite Pozzolana, crushed sand from (Megarok S.A.) and water. The mixtures were worked at the same fluidity level, obtaining homogeneous mixtures with great workability. The molding of the specimens was carried out in cubes of 50mm on each side. Diatomite was added proportionally at 15% and 20% as a replacement for Portland cement. Breakage tests were performed at 7, 14, 28, and 91 days of curing, which were successful, creating a type M (structural) mortar. The diatomite was very efficient thanks to its high amorphous silica content, which reacts with the hydration products of the cement ( $Ca(OH)_2$  and the alkalis NaOH and KOH among others) to produce a structural mortar in order to obtain the required level of resistance and improve its durability.

**Keywords:** Pozzolan, Diatomite, Resistance, Mortar, Structural.

#### Información del manuscrito:

**Fecha de recepción:** 09 de enero de 2023.

**Fecha de aceptación:** 23 de marzo de 2023.

**Fecha de publicación:** 28 de marzo de 2023.



## 1. Introducción

La historia registra que yeso calcinado y morteros de arena fueron utilizados en Egipto por lo menos desde 2690 A.C. Más tarde, en la antigua Grecia y Roma, los morteros fueron producidos con diversos materiales, tales como cal calcinada, toba volcánica, y arena. Cuando se realizaron los primeros asentamientos en América, un producto relativamente débil seguía siendo fabricado con cal y arena. El uso común del cemento portland en morteros empezó a principios del siglo XX y condujo a un mortero altamente resistente, ya sea cuando se utiliza cemento portland solo o en combinación con cal. El mortero moderno sigue siendo fabricado con cemento para mampostería o cemento para mortero.

El cumplimiento de especificaciones para el empleo de la diatomita natural como aditivo es regulado por normas internacionales. La clasificación de la diatomita se determinó de acuerdo a la norma ASTM C 618-01 (ASTM, C618-01). Dando como resultado una puzolana de clase N, ya que el material utilizando es la diatomita que es una puzolana natural.

El objetivo fundamental de nuestra investigación, es precisamente desarrollar y optimizar morteros estructurales tipo M con la aplicación de la diatomita natural como un componente opcional de la mezcla de morteros. Utilizando un material con componentes inorgánicos como lo es la diatomita, e incorporarla al cemento para obtener un cemento para mortero puzolánico, reemplazando porcentajes del 15% y 20% necesarios para reaccionar como puzolana y sustituir en el peso del diseño patrón al cemento Portland tipo I brindando resistencia y otras características importantes para el mortero tipo M, con una dosificación tecnificada, de acuerdo a la norma INEN 1806, este mortero deberá cumplir a los 7 días 12,4 MPa, y a los 28 días 20,0 MPa, como citaremos

## Discusión

El proceso de nuestra investigación fue de tipo experimental, investigativo y descriptivo, buscando el mejoramiento de la resistencia a la compresión y durabilidad del mortero estructural tipo (M), el desarrollo de nuestro ensayo se llevó a cabo mediante la creación de 36 cubos de 50 mm de arista, los cuales se

distribuyeron en 3 muestras para cada dosificación y edad de curado: Muestra patrón, muestra diatomita al 15%, muestra diatomita al 20%.

Las siguientes normas fueron aplicadas para ensayos y evaluación de la investigación:

INEN 1806 (INEN, NTE 1806, 2015),  
INEN 2518 (INEN, NTE 2518, 2010),  
INEN 490 (INEN, NTE 490, 2011)  
INEN 488 (INEN, NTE 488, 2009).

Las muestras se realizaron con agregados específicos como: cemento portland tipo I, diatomita, arena homogenizada (Megarok S.A.), agua, colocados y mezclados en cantidades calculadas, y con una resistencia de diseño de 20 MPa. La puzolana natural (diatomita) se extrajo en estado natural de un yacimiento ubicado en el sector el Anegado del cantón Jipijapa, procesándola mediante equipos de trituración, luego se tamizó por el tamiz #4 y la fracción pasante fue molida en un molino de bolas de laboratorio, obteniendo así la muestra de puzolana (Diatomita) con la finura adecuada para garantizar su reactividad. La diatomita fue adicionada proporcionalmente en el

15% y 20% como reemplazo del cemento Portland.

Según la norma INEN 488 (INEN, NTE 488, 2009) realizamos una comparación de resultados a la compresión, desmoldando los cubos, realizamos los ensayos de rotura ensayándolos a los 7, 14, 28, y 91 días de curado (INEN, NTE 490, 2011).

La adición de diatomita a morteros estructurales tipo (M) se obtuvieron muy buenos resultados gracias al alto contenido de sílice de la diatomita, esta reacciona con el cemento Portland tipo I, para producir junto a la arena homogenizada y el agua un mortero estructural que cumple con los estándares de resistencia a la compresión, durabilidad y economía.

## **2. Metodología**

### **2.1. Materiales**

#### **Recolección de los materiales**

##### ***Diatomita:***

Para el muestreo, la diatomita se la obtuvo extrayéndola en estado natural de un banco consolidado ubicado en las coordenadas UTM:

550994.037E 9834813.759N 17M, dentro del sector el Anegado en el cantón Jipijapa, Provincia de Manabí.

**Imagen 1.** Banco de Diatomita



**Fuente:** Elaboración propia

### **Arena homogenizada Megarok S.A:**

La arena homogenizada se la obtuvo de la cantera Megarok S.A. ubicada a Km 7.5 de Portoviejo referente a la vía Picoazá. Producido el material nos dirigimos al stock a recoger la muestra de arena homogenizada que utilizamos.

**Imagen 2.** Recolección de material en Megarok



**Fuente:** Elaboración propia  
**Cemento Portland tipo I:**

El cemento Portland tipo I fue facilitado por la planta de Cemento Holcim, Matriz Guayaquil.

### **2.1.1 Métodos**

#### **Fase 1: Caracterización de los materiales.**

##### **La arena homogenizada.**

Según (Megarok S.A, 2015), es una combinación de cisco (Material fino obtenido por trituración) y arena de banco (ambos lavados), que se obtiene a partir de un proceso de explotación, trituración y cribado de materiales, se encuentra libre de impurezas, posee una excelente graduación, se utiliza en los diseños de hormigón, el tamaño oscila entre 0.015 a 5mm.

##### **Caracterización de la arena homogenizada:**

Análisis granulométrico en los áridos finos y gruesos (INEN, NTE 696, 2010).

**Tabla 1. Análisis granulométrico en los áridos finos y gruesos**



Material más fino que 75µm NTE INEN 697 / ASTM C 117

KMAT-H00-RC10

Planta:	Picoazá					
Fecha	Muestra	Origen	Masa Seca g		Pasante 75µm	Hecho Por
			Antes del Lavado	Después del Lavado	%	
18/01/2022	Arena Homogénizada	Producción	1000	994.3	0.57	CESAR MORA

**Fuente:** (Cesar, 2022)

**Tabla 2. Agregado Fino Densidad y Absorción de Agua**

**Gravedad Específica y Absorción** (INEN, NTE 856, 2010).



Agregado Fino Densidad y Absorción de Agua

KMAT-H00-RC07

Planta: Picoazá											
Fecha	Muestra	Origen	A	B	S	C	Ds	Dss	D	P	Hecho Por
			g	G	g	g	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	%	
20/8/2022	Arena Homogénizada	Picoazá	462.8	651.6	50.0	95.6	236.0	255.0	291.4	8.0	Ing. Cèsar M

**Fuente:** (Cesar, 2022)

Nomenclatura Según (INEN, NTE 856, 2010):

A: Masa en el aire de la muestra secado al horno

B: Masa del matraz lleno de agua hasta la marca de calibración-

S: Masa en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco

C: Masa del matraz con la muestra lleno de agua hasta la marca de calibración

Ds: Densidad de Volumen a 23 C del árido fino seco

Dsss: Densidad de Volumen a 23 C del arido fino en estado saturado superficialmente seco.

D: Densidad aparente del árido a 23  
 C; Po: Porcentaje de absorción del  
 agua del árido fino.

**Tabla 3. Granulometría de la arena homogenizada**

**Granulometría de la arena homogenizada (INEN, NTE 872, 2011):**



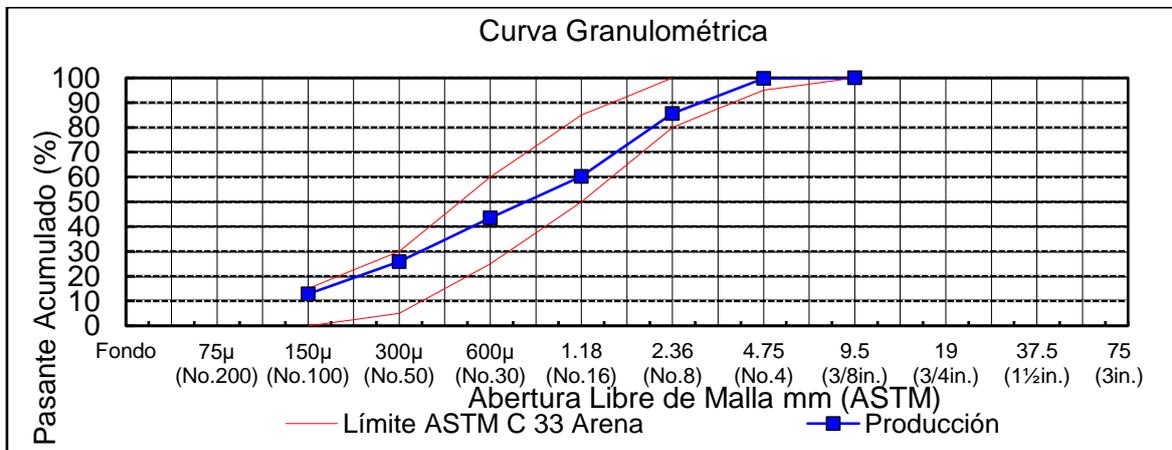
Granulometría de agregado  
 fino

KMAT-H00-  
 RC04

Planta:	Picoazá			Muestreo fecha:	19/01/2022
Agregado:	Arena Homogenizada			Ensayo fecha:	19/01/2022
Fuente:	Producción			Realizado por:	César Mora
Masa inicial (g):	977.7				
Tamiz	891	Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
INEN	ASTM				
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	1.4	0	0.14	99.86
2,36 mm	No. 8	138.6	14	14	86
1,18 mm	No. 16	248.7	25	40	60
600 µm	No. 30	163.9	17	57	43
300 µm	No. 50	172.1	18	74	26
150 µm	No. 100	127.4	13	87	13
Bandeja		125.6	13	100	0
Masa final (g):	977.7	Módulo de Finura:		2.72	
Pérdida ≤0.3%	Ensayo válido				

Fuente: (Cesar, 2022)

**Gráfico 1. Curva Granulométrica**



Fuente: (Cesar, 2022)

### **Cemento Portland tipo I.**

Es un aglomerante hidráulico, es otras palabras es una materia inorgánica producto de la mezcla de Clinker de cemento Portland y sulfato de calcio, INEN 152 (INEN, NTE 152, 2010), consiste esencialmente de silicatos cálcicos

hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso o adiciones de proceso como indica la norma INEN 1 504 (INEN, NTE 1504, 1987), Adiciones incorporadores de aire ASTM C 226.

**Tabla 4. Ficha técnica de cemento Portland tipo I**

	Unidades	10A	Especificación API
<b>Requisitos Químicos</b>			
MgO, Óxido de Magnesio	%		6.0 máx.
SO <sub>3</sub> , Trióxido de Azufre	%		3.0 máx.
LoI, Pérdida por ignición	%		3.0 máx.
IR, Residuo Insoluble	%		0.75 máx.
Silicato tricálcico (C <sub>3</sub> S)	%		48 a 65
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A)	%		3 máx.
Ferritoaluminato tetracálcico (C <sub>4</sub> AF) más dos veces Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A)	%		24 máx.
Álcalis total, expresado como Óxido de Sódio (Na <sub>2</sub> O) equivalente	%		0.75 máx.
<b>Requisitos Físicos</b>			
Densidad Cemento	g/cm <sup>3</sup>		3.14 a 3.22
Densidad de la lechada	g/cm <sup>3</sup>		1,91
Requerimiento de agua, fracción de masa de cemento	%		44
Agua libre	%		5.9 máx.
<b>Tiempo de espesamiento (schedule 5):</b>			
Consistencia máx. (15 a 30 min)	Bc		30
Tiempo E. 100 B <sub>c</sub>	Min		90 a 120
<b>Resistencia a la compresión:</b>			
8 h (38 °C)	MPa		2.1 mín.
8 h (60 °C)	MPa		10.3 mín.
Cemento a granel se debe contar en obra con silos de al menos 30 toneladas (capacidad promedio de camiones graneleros)			
Planta Guayaquil	Vía a Salinas km 18.5	Servicio al cliente:	1700 - HOLCIM

Dirección	Guayaquil, Ecuador		Teléfono:	593 4 3709000
<a href="http://www.holcim.com.ec">www.holcim.com.ec</a>				
Planta Guayaquil				
Holcim Ecuador S.A.				

**Fuente:** (Holcim Ecuador S.A, 2022)

## La diatomita

### Trituración

La primera etapa de la trituración y molienda de esta roca se la realizó en el laboratorio de la FICT (Facultad de ingeniería en ciencias de la tierra, ESPOL), pasando la roca por la trituradora de quijada, y luego fue pasado por el molino de rodillos, con esto se obtuvo un material mucho más pequeño, sin embargo, aún falta por realizar la siguiente etapa.

**Imagen 3.** Trituración y molienda de diatomita



**Fuente:** Elaboración Propia

### Molienda

En el laboratorio de Mineralurgia de la ESPOL, se tomaron las medidas del tambor del molino para calcular el material que se podría triturar en una

molienda. Una vez determinada la cantidad, se colocó la diatomita en el horno para ser secada a 100oC durante 24 horas. Ya con el material seco, se lo puso en el molino de bolas para empezar el proceso de pulverización. La diatomita estuvo en el molino hasta que alcanzó la finura deseada (aproximadamente 2.0 horas).

**Imagen 4.** Molienda de Diatomita



**Fuente:** Elaboración Propia

**Imagen 5.** Resultado de molienda



**Fuente:** Elaboración Propia

## Fluidez de la Diatomita

Todos los morteros en estudio, se ajustaron a una fluidez de trabajo para un flujo en la mesa de fluidez equivalente a  $110 \pm 5\%$ . La finalidad fue trabajar los morteros en las mismas condiciones de trabajabilidad (fluidez), independiente de las relaciones a/c respectivas para cada condición de adición. Obviamente, debido a que la diatomita es un material muy fino y muy hidrofílico, los morteros con adición de diatomita requirieron mayores niveles de agua para tener un flujo equivalente al mortero patrón. Bajo estas condiciones, cada mortero obtuvo las siguientes relaciones para a/c y flujo F: Patrón=  $0.55$  F=112 %, diatomita (15%) =  $0.75$  F=110%, diatomita (20%) =  $0.77$  F= 109%

**Imagen 6.** Mesa de flujo



**Fuente:** Elaboración propia

## Análisis Químico Diatomita

Para el análisis químico se tomó una muestra del material ya molido y fue enviada al laboratorio de Holcim Ecuador- Planta Guayaquil mediante un espectrómetro de rayos. Una vez terminada la prueba, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla # 1 a continuación.

**Tabla 5.** Análisis químico diatomita

Holcim Ecuador		
Reporte De Análisis		
Fecha: 23/09/2022		
Muestra		Diatomita
P.Fuego	%	6,41
SiO <sub>2</sub>	%	77,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	7,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	3,22
CaO	%	1,17
MgO	%	0,95
SO <sub>3</sub>	%	0,00
K <sub>2</sub> O	%	1,05
Na <sub>2</sub> O	%	1,02
TiO <sub>2</sub>	%	0,22
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,07
Otros		0,78
Humedad	%	0
Total	%	100

**Fuente:** (Alcívar Véliz & Loor Cobeña, 2022)

### Caracterización:

Para la caracterización de este material se realizaron diversas pruebas según la norma ASTM C 311-98b "Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland – Cement Concrete".

## Fase 2: Preparación de materiales.

### 2.2.1 Preparación del Cemento Portland:

La cantidad de cemento que vamos a utilizar se toma de la norma (INEN, NTE 1806, 2015), donde para el tipo de mortero tipo M se necesitan 540g de cemento para el diseño patrón, teniendo en cuenta que estamos trabajando con un cemento Portland tipo I (INEN, NTE 152, 2010).

Las cantidades de cemento Portland tipo I fueron las siguientes:

Muestra cemento Portland tipo I Patrón: 540g, muestra cemento Portland tipo I 15%: 459g, muestra cemento Portland tipo I al 20%: 432g.

### 2.2.2 Preparación de la Diatomita:

Nuestra puzolana natural (Diatomita) la aplicamos al 15 % y 20 % de acuerdo al peso del diseño patrón con cemento Portland Tipo I con respecto a la norma (INEN, NTE 490, 2011), Mediante la norma (INEN, NTE 490, 2011) creando así un tipo de cemento compuesto binario, pero con diferentes porcentajes de puzolana y cemento denominándose (IP 15) -(IP 20).

El primer cemento (IP 15): con 85 % de cemento portland tipo I y 15 % de puzolana natural (Diatomita) Tipo N.

El segundo cemento (IP 20): con 80 % cemento portland tipo I y 20 % de puzolana natural (Diatomita) Tipo N.

Las cantidades de Puzolana natural (Diatomita) fueron las siguientes:

Ensayo Diatomita al 15%: 81g,  
Ensayo Diatomita al 20%: 108 g.

*Imagen 7. Peso de la diatomita*



*Fuente: Elaboración propia*

### 2.2.3 Preparación de la Arena Homogenizada:

La preparación del árido se dio mediante las proporciones para cada muestra con la norma (INEN, NTE 2518, 2010), previo a establecer la cantidad de arena homogenizada, primero utilizamos 1620g de arena, lo que vendría hacer 3 veces la cantidad del cemento portland tipo I utilizado, realizamos la corrección de humedad obteniendo una humedad

en la arena homogenizada recogida en el stock de 226.8g de agua, utilizando finalmente 1393.2g de arena homogenizada. Bajo especificaciones indicadas en la norma (INEN, NTE 1806, 2015, pág. 5) la masa del cemento para mampostería Tipo M en 28 litros es de 36 kg indicando una relación R: A/C: 0.78, nuestras dosificaciones están por debajo de la que especifica esta nota.

**Imagen 8.** Peso de muestra de arena



**Fuente:** Elaboración propia

### **Fase 3: Preparación de muestras para ensayos de resistencia a la compresión simple.**

Una vez preparados los materiales comenzamos con cada uno de los ensayos: Patrón, Diatomita al 15% y Diatomita al 20%.

El método de ensayo: Para determinar la resistencia a la compresión de morteros elaborados

con cemento hidráulico, usando cubos de 50 mm de arista se realizan de acuerdo a la norma (INEN, NTE 488, 2009)

Procedimiento para la mezcla de morteros: Ya que tenemos las tablas con las dosificaciones, se debe pesar la cantidad requerida de agua, diatomita, cemento y arena, para proceder a la preparación de la pasta. La preparación de mezcla de morteros se realiza de acuerdo a la norma (INEN, NTE 155, 2009).

**Imagen 9.** Mezcla de materiales según la norma INEN 155



**Fuente:** Elaboración propia

### **Colocación y compactación de las**

**muestras:** al aplicar la masa se llena hasta la mitad los cubos para compactar cada mezcla 32 veces. Luego se toman los cubos y se los llena totalmente, volviendo a compactar la mezcla 32 veces. Una vez compactados se debe enrasar la

capa superior y son llevados a la cámara húmeda durante 24 horas.

**Imagen 10.** Colocación y compactación de las muestras



**Fuente:** Elaboración propia

Desmolde y curado de los cubos: Luego estos cubos son desmoldados y enumerados para guardarlos en las piscinas de agua para luego proceder al ensayo de compresión a los 7 días, 14 días, 28 días y 91 días tiempo de su rotura (INEN, NTE 490, 2011, pág. 8). Es importante

mencionar que los cubos deben ser desmoldados y colocados en recipientes de metal cubiertos por una toalla húmeda al momento de su rotura para que no pierdan humedad.

### 2.4 Metodología de calculo

Para la obtención de Resultados de resistencia a la compresión de cada muestra, se consideró la ecuación que se plantea en la normativa (NTE INEN 488, 2009).

$$f_m = \frac{P}{A}$$

$f_m$  = Resistencia a la compresión en MPa.

$P$  = Carga total máxima de la falla, en N.

$A$  = Área de la sección transversal del cubo a la que se aplica la carga, en mm<sup>2</sup>.

## 3. Resultados

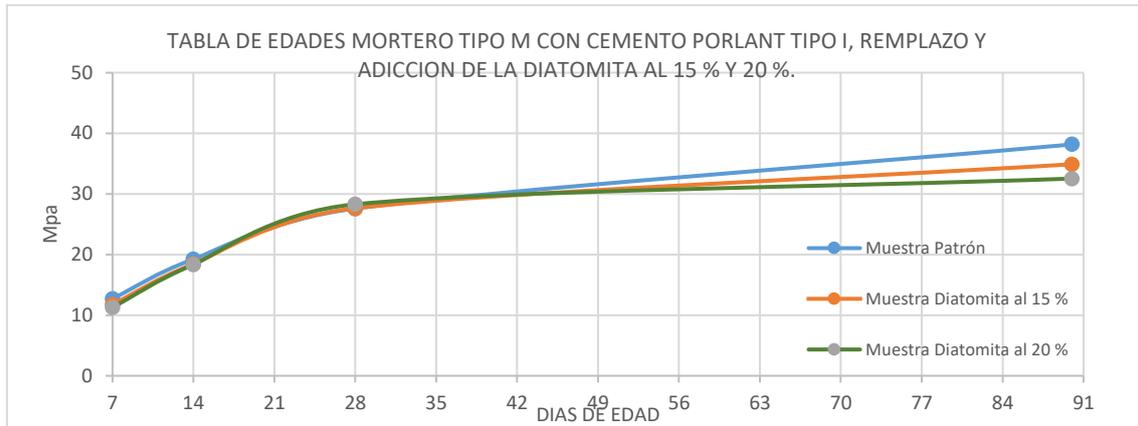
### Resultados de ensayos a compresión de las distintas muestras

**Tabla 6.** Resultados de resistencias a la compresión (INEN, NTE 1806, 2015, pág. 8)

Resultados de resistencias a la compresión (promedio de 3 cubos)			
	Patrón	Diatomita al 15 %	Diatomita al 20 %
Edad (días)	MPa	MPa	MPa
7	12,7	11,9	11,3
14	19,2	18,4	18,3
28	27,6	27,6	28,3
91	38,2	34,9	32,5

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 2. Resultados de Compresión**



**Fuente:** Elaboración propia.

Los cubos elaborados con las diferentes adiciones de diatomita, fueron sometidos a esfuerzos a la compresión para obtener su resistencia a diferentes edades. Para esto se utilizó la prensa, y con esto se obtuvieron los valores de la tabla 5.

**Imagen 11. Compresión de muestras**



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4. Conclusiones

Se obtuvieron como resultados de los ensayos realizados de los morteros tipo M, resultados que cumplen con la normativa INEN 1806, se demostró mediante ensayos de compresión que los morteros con adición de diatomita tanto al 15 como al 20% cumplieron con lo que nos indica la norma dando como resultados a los 28 días valores que sobrepasan 20 MPA, por lo tanto esta investigación concluye que es factible el uso de diatomita en sustitución de entre 15 y 20% de cemento de portland, dado que la diatomita como material es conocido como un material ecológico lo que permitiría reducir la contaminación ambiental que ocasiona la elaboración de cementos.

## Bibliografía

- Alcívar Véliz, M. L., & Loor Cobeña, H. P. (2022). La diatomita como adición mineral a un mortero de cemento portland. tabla 3. Análisis Químico de la diatomita.
- ASTM C109/C109 M-99. (s.f.). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars.
- ASTM, C618-01. (s.f.). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Concrete. C 618-01. ASTM.
- Cesar, M. (2022). Agregado fino densidad y absorción de agua. Portoviejo: Laboratorio técnico Megarok.
- Holcim Ecuador S.A. (2022). Cemento hidráulico para pozo petrolero Clase G - HSR. Guayaquil.
- INEN, NTE 1504. (1987). Cemento Hidráulicos. Aditivos De Porceso. Requisitos, NTE 1504, 1987. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1504.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1504.pdf)
- INEN, NTE 151. (2010). Cemento Hidráulico. Definición De Términos. NTE 151: 2010. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/151.pdf>
- INEN, NTE 152. (2010). Cemento Portaln. Requisitos. NTE 152: 2010, Cuarta revisión. Quito: Instituto Ecuatoriano de normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/152.pdf>
- INEN, NTE 155. (2009). Cemento Hidráulico. Mezclado Mecánico De Pastas y Morteros De Consistencia Plástica. NTE 155: 2009. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/155.pdf>
- INEN, NTE 1806. (2015). Cemento Para Mampostería. Requisitos. NTE 1806. INEN. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1806.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1806.pdf)
- INEN, NTE 2502. (2009-08). Cemento Hidráulico. Determinación del Flujo En Morteros. NTE 2502: 2009. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2502.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2502.pdf)
- INEN, NTE 2518. (2010). Morteros para unidades de mampostería requisitos NTE INEN 2 518:2010. Quito: Instituto Ecuatoriano de

- Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2518.pdf>
- INEN, NTE 2518. (2010). Morteros para unidades de mampostería requisitos. NTE 2518: 2010. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2518.pdf>
- INEN, NTE 488. (2009). Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista. NTE 488: 2009. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/488.pdf>
- INEN, NTE 488. (2009, julio). NTE INEN 488: 2009, Segunda revisión. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- INEN, NTE 490. (2011). Cementos Hidráulicos compuesto. Requisitos. NTE 490: 2011. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/490.pdf>
- INEN, NTE 696. (2010). Áridos. Análisis Granulométrico En Los Áridos, Fino y Grueso. NTE 696: 2010. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
- INEN, NTE 856. (2010). Áridos. Determinación De La Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Fino. NTE 856: 2010. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE\\_INEN\\_856.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_856.pdf)
- INEN, NTE 862. (2011). Áridos Para Hormigón. Determinación Del Contenido Total De Humedad. NTE 862: 2011. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/862.pdf>
- INEN, NTE 872. (2011). Áridos Para Hormigón. Requisitos. NTE 872: 2011. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- INEN, NTE 957. (2012). Cemento hidráulico. Determinación de la finura mediante el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  No. 325. NTE 957: 2012. Quito: Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_957-3.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_957-3.pdf)
- Megarok S.A. (22 de Febrero de 2015). Megarok.com.ec. Obtenido de <https://megarok.com.ec/web/>

portfolio-item/arena-  
homogenizada/

NTE INEN 488. (2009). STANDARD  
TEST METHOD FOR  
COMPRESSIVE STRENGTH  
OF HYDRAULIC CEMENT  
MORTARS (USING 50 – mm  
CUBE.

Valdiviezo A, R. J. (2009). En  
Geología Económica (pág.  
141). Perú: INGEMMET.