

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MORTERO ELABORADO CON  
CEMENTO PORTLAND TIPO I Y HE, INCLUIDO BICARBONATO DE  
SODIO.**

**Autor:**

**JONATHAN DAVID LÓPEZ TELLO**

**Tutor:**

**ING. VÍCTOR VELÁSQUEZ**

**Riobamba – Ecuador**

**Año 2019**

## REVISIÓN

Los miembros de Graduación del proyecto de investigación del título: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MORTERO ELABORADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y HE, INCLUIDO BICARBONATO DE SODIO" presentado por Jonathan David López Tello y dirigida por: Ing. Víctor Velásquez. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para la constancia de lo expuesto firma:

Ing. Víctor Velásquez

**Tutor de Proyecto**



Firma

PhD. Oscar Cevallos

**Miembro de Tribunal**



Firma

Msc. Jorge Núñez

**Miembro de Tribunal**



Firma

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Víctor Renee Velásquez Benavides, en calidad de tutor de tesis, cuyo tema es: “COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MORTERO ELABORADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y HE, INCLUIDO BICARBONATO DE SODIO”, CERTIFICO; que el informe final investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al señor Jonathan David López Tello, para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su tesis.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Velásquez', is written above a horizontal dotted line. Below the dotted line, there is a short horizontal blue line.

Ing. Víctor Velásquez

**TUTOR DE TESIS**

## AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de contenido de este proyecto de graduación, corresponde exclusivamente a: Jonathan David López Tello e Ing. Javier Palacios; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jonathan David Lopez Tello', enclosed within a large, stylized oval flourish.

.....  
Sr. Jonathan David López Tello

160055453-7

## **AGRADECIMIENTO**

Dios por haberme dado salud y vida durante toda la trayectoria de mis estudios lejos de mi hogar, por ser mi amigo más fiel y por estar siempre conmigo en toda ocasión especialmente en los malos momentos.

A mis Padres por darme la oportunidad de salir adelante y lograr cumplir una de mis metas más importantes en mi vida.

A mi hermano Bryan, por estar siempre ahí y ser mi primer compañerito de vida y el regalito más grande que Dios pudo haberme dado para crecer.

Al Ing. Javier Palacios por haber sido mi mentor y haberme apoyado con su profesionalismo y amistad durante el desarrollo de esta tesis de grado y la el desarrollo de mi carrera.

Al Ing. Oscar Cevallos por compartir sus conocimientos, su apoyo y su amistad en el transcurso de mi carrera universitaria.

## **DEDICATORIA**

Este logro lo dedico con todo el amor y cariño de mi corazón a mi hijo Gareth David, mi fortaleza y mi vida, que sea una muestra de que tus sueños se pueden lograr con esfuerzo, sacrificio y apoyo, y siempre estaré para apoyarte.

A mi Madre María Tello y mi Padre Manuel López, por estar siempre a mi lado y ser padres muy responsables llenos de mucho amor y comprensión, Dios los bendiga siempre amados padres.

A mi esposa Judy Verito, este logro te lo dedico con mucho amor, que no sea el primero y que la bendición de Dios siempre se encuentre fortaleciendo nuestro amor.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	VII
CONTENIDO DE TABLAS .....	XII
CONTENIDO DE GRÁFICAS .....	XIV
CONTENIDO FOTOGRÁFICO .....	XIV
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
3. MARCO TEÓRICO .....	4
3.1. Mortero .....	4
3.2. Cemento .....	4
3.3. Árido fino .....	4
3.4. Agua .....	4
3.5. Cemento Portland .....	5
3.6. Comportamiento Mecánico .....	8
3.7. Resistencia a Compresión Simple de Mortero .....	8
3.8. Bicarbonato de Sodio .....	8

3.9.	Bicarbonato de Sodio en Hormigones y Morteros.....	8
3.10.	SIKA Plastocrete 161 HE:.....	9
4.	METODOLOGÍA .....	10
4.1.	Búsqueda y Revisión Bibliográfica. ....	11
4.2.	Recolección de Materia Prima. ....	11
4.3.	Ensayos de Granulometría. ....	12
4.4.	Determinación del porcentaje de absorción, densidad y densidad relativa del árido fino.....	12
4.5.	Ensayo de colorimetría o determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino. 13	
4.6.	Ensayos químicos de árido fino. ....	13
4.7.	Ensayo de velocidad de fraguado y trabajabilidad utilizando el equipo VICAT. 14	
4.8.	Ensayos de resistencia a la compresión. ....	15
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5.1.	Comportamiento mecánico de un mortero elaborado con cemento portland tipo I y HE, incluido bicarbonato de sodio.....	16
5.1.1.	Resultados Iniciales de Dosificación. ....	16
5.1.2.	Resultados y análisis de ensayos preliminares. ....	17
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
6.1.	Conclusiones .....	41
6.2.	Recomendaciones .....	43

7. BIBLIOGRAFÍA.....	44
8. ANEXOS.....	46
8.1. Ensayos de Granulometría.....	46
8.1.1. Ensayos de Granulometría Mina Santa Isabel.....	46
8.1.2. Ensayos de Granulometría Mina Trópico de Capricornio.....	47
8.2. Ensayos de Contenido de Humedad.....	48
8.2.1. Ensayos de Contenido de Humedad mina Santa Isabel.....	48
8.2.2. Ensayos de Contenido de Humedad mina Trópico de Capricornio.....	49
8.3. Ensayos de Densidad y Porcentaje de Absorción.....	50
8.3.1. Ensayos de Densidad y Porcentaje de Absorción Mina Santa Isabel.....	50
8.3.2. Ensayos de Densidad y Porcentaje de Absorción Mina Trópico de Capricornio.....	51
8.4. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia.....	52
8.4.1. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Santa Isabel.....	52
8.4.2. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Santa Isabel, incluido Bicarbonato de Sodio.....	53
8.4.3. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Trópico de Capricornio. .....	54
8.4.4. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Trópico de Capricornio, incluido Bicarbonato de Sodio.....	55
8.5. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT.....	56
8.5.1. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina Santa Isabel..	56

8.5.2. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina Santa Isabel, incluido Bicarbonato de Sodio. ....	59
8.5.3. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina Trópico de Capricornio. ....	61
8.5.4. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina Trópico de Capricornio, incluido Bicarbonato de Sodio. ....	64
8.6. Análisis Químico de los Agregados. ....	67
8.6.1. Análisis Químico de los Agregados Mina Trópico de Capricornio. .	67
8.6.2. Análisis Químico de los Agregados Mina Santa Isabel. ....	68
8.7. Ensayos de Compresión a corto Plazo (24 Horas). ....	69
8.7.1. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Santa Isabel. ....	69
8.7.2. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Santa Isabel incluido Bicarbonato de Sodio. ....	70
8.7.3. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Trópico de Capricornio. ....	71
8.7.4. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Trópico de Capricornio incluido Bicarbonato de Sodio. ....	72
8.8. Ensayos de Compresión a largo Plazo (28 días). ....	73
8.8.1. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Santa Isabel. ....	73
8.8.2. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Santa Isabel incluido Bicarbonato de Sodio. ....	74
8.8.3. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Trópico de Capricornio. ....	75
8.8.4. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Trópico de Capricornio incluido Bicarbonato de Sodio. ....	76

8.9. Análisis Estadístico. ....	77
8.9.1. Análisis Estadístico a Corto Plazo. ....	77
8.9.2. Análisis Estadístico a Largo Plazo. ....	81

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición Química del cemento portland tipo HE.....	5
<b>Tabla 2.</b> Propiedades Físicas del cemento portland tipo HE .....	6
<b>Tabla 3.</b> Características físicas del cemento portland tipo I. ....	7
<b>Tabla 4.</b> Características químicas y mineralógicas del cemento portland tipo I..	7
<b>Tabla 5.</b> Composición química e información sobre los componentes de SIKA Plastocrete 161 HE .....	9
<b>Tabla 6.</b> Dosificación utilizada para 1 saco de cemento portland tipo I.....	16
<b>Tabla 7 .</b> Dosificación utilizada para 1 saco de cemento portland tipo HE.....	16
<b>Tabla 8 .</b> Resultados de ensayos de granulometría de árido fino, mina Santa Isabel.....	19
<b>Tabla 9 .</b> Resultados de ensayos de granulometría de árido fino, mina Trópico de Capricornio .....	20
<b>Tabla 10.</b> Resultados de porcentaje de Humedad Mina “SI”. ....	21
<b>Tabla 11.</b> Resultados de porcentaje de Humedad Mina “TC” .....	21
<b>Tabla 12.</b> Determinación de Densidad Mina “SI” .....	22
<b>Tabla 13.</b> Determinación de Densidad Mina “TC”.....	22
<b>Tabla 14.</b> Nomenclatura para 8 tipos de Dosificación.....	24
<b>Tabla 15.</b> Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero SI (HE).....	25
<b>Tabla 16.</b> Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero SI (HE)+ Bi.....	25
<b>Tabla 17.</b> Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero TC (HE). ....	25
<b>Tabla 18.</b> Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero TC (HE)+ Bi. ....	26
<b>Tabla 19.</b> Trabajabilidad y consistencia dosificación SI (HE) .....	29
<b>Tabla 20.</b> Trabajabilidad y consistencia dosificación TC (HI).....	29
<b>Tabla 21.</b> Tabulación de datos a corto plazo de probetas, Mina Santa Isabel. ..	31

<b>Tabla 22.</b> Tabulación de datos a corto plazo de probetas, Mina Trópico de Capricornio .....	32
<b>Tabla 23.</b> Tabulación de datos a corto plazo de probetas, Mina Santa Isabel. ..	34
<b>Tabla 24.</b> Tabulación de Datos Evaluación Temprana de Cubos Mina Trópico de Capricornio. ....	35
<b>Tabla 25.</b> Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Santa Isabel.....	36
<b>Tabla 26.</b> Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Trópico de Capricornio .....	37
<b>Tabla 27.</b> Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Santa Isabel.....	38
<b>Tabla 28.</b> Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Trópico de Capricornio .....	39

## CONTENIDO DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Esquema de la metodología planteada.....	10
<b>Gráfica 2.</b> Curva Granulométrica Mina Santa Isabel. ....	18
<b>Gráfica 3.</b> Curva Granulométrica Mina Trópico de Capricornio. ....	18
<b>Gráfica 4.</b> Fraguado ensayo VICAT, Dosificación SI (HE)+ Bi.....	27
<b>Gráfica 5.</b> Fraguado ensayo VICAT Dosificación SI (HE).....	27
<b>Gráfica 6.</b> Fraguado ensayo VICAT, Dosificación TC (HE)+ Bi. ....	28
<b>Gráfica 7.</b> Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación SI (HE). ....	32
<b>Gráfica 8.</b> Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación TC (HE).....	33
<b>Gráfica 9.</b> Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación SI (HE)+ Bi. ....	34
<b>Gráfica 10.</b> Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación TC (HE)+ Bi....	35
<b>Gráfica 11.</b> Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación SI (HE). ....	37
<b>Gráfica 12.</b> Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación TC (HE).....	38
<b>Gráfica 13.</b> Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación SI (HE)+ Bi. ....	39
<b>Gráfica 14.</b> Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación TC (HE)+ Bi.....	40

## CONTENIDO FOTOGRÁFICO

<b>Fotografía 1.</b> Análisis químico de arena de río mina Trópico de Capricornio..	30
<b>Fotografía 2.</b> Análisis químico de arena de río mina Santa Isabel. ....	30

## RESUMEN

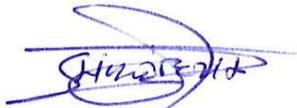
La elaboración de morteros de alta resistencia y su comportamiento mecánico bajo cargas de compresión axial se desarrolla a fin de aportar como un material base, en las nuevas tecnologías de fabricación digital (TFD), que no es más que un conjunto de tecnologías que permiten materializar modelos, directamente desde un archivo digital CAD 3D. El comportamiento mecánico de una buena dosificación de mortero es importante en el desarrollo de las TFD, considerando su eficacia y buscando una solución como mortero sostenible de alto rendimiento y calidad, evaluando las propiedades físicas y mecánicas del mortero, a la vez las propiedades físicas y químicas del agregado fino a emplear, por lo que se realizó un estudio de comportamiento mecánico bajo cargas de compresión en probetas, con 4 mezclas de mortero con arena de río de la provincia de Pastaza correspondiente a las minas Santa Isabel y Trópico de Capricornio, cemento Portland tipo I y HE, incluido bicarbonato de sodio, a corto plazo (6, 9, 12 y 24 horas) y largo plazo (7, 14, 21 y 28 días). Las dosificaciones con cemento portland tipo I y HE mostraron una resistencia de 44,11 MPa y 53,95 MPa respectivamente para la mina Santa Isabel, y 37,38 MPa y 47,83 MPa respectivamente para la mina Trópico de Capricornio, mientras que al incluir bicarbonato de sodio al 5% el resultado para la mina Santa Isabel fue de 29,83 MPa y 36,421 MPa respectivamente, y la mina Trópico de Capricornio fue de 26,79 MPa y 29,833 MPa respectivamente.

**Palabras Clave:** Comportamiento Mecánico, Mortero, Bicarbonato de Sodio, resistencia, compresión.

## ABSTRACT

The development of high-strength mortars and their mechanical behavior under axial compression loads is developed in order to provide us a base material, in the new digital manufacturing technologies (TFD), which is nothing more than a set of technologies that allow materializing models, directly from a 3D digital CAD file. The mechanical behavior of a proper mortar dosage is essential in the development of PDT, considering its effectiveness and looking for a solution as a sustainable mortar of high performance and quality, evaluating the physical and mechanical properties of the mortar, both physical and physical properties. Chemicals of the fine aggregate to be used, so a study of mechanical behavior was carried out under compression loads in test pieces, with 4 mortar mixtures with river sand from the province of Pastaza corresponding to the Santa Isabel and Tropic Capricorn mines, cement Portland type I and HE, including sodium bicarbonate, short term (6, 9, 12 and 24 hours) and long term (7, 14, 21 and 28 days). Dosages with Portland cement type I and HE showed a resistance of 44.11 MPa and 53.95 MPa respectively for the Santa Isabel mine, and 37.38 MPa and 47.83 MPa respectively for the Tropic of Capricorn mine, while at To include 5% sodium bicarbonate, the result for the Santa Isabel mine was 29.83 MPa and 36,421 MPa respectively, and the Tropic of Capricorn mine was 26.79 MPa and 29,833 MPa respectively.

**Keywords:** Mechanical Behavior, Mortar, Sodium Bicarbonate, resistance, compression.



Reviewed by: López, Ligia  
LINGUISTIC COMPETENCES TEACHER



## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la Ingeniería Civil y la construcción, se ha desarrollado varios avances tanto constructivos como tecnológicos, mejorando con materiales tales como agregado fino y grueso, metales, aditivos, materiales cementicios, cerámicos, entre otros, contemplando a el hormigón como un material estructural por excelencia empleado en la construcción (Águila Higuero, 2010).

La elaboración de morteros ha contribuido de igual manera debido a sus ventajas de (adaptabilidad de forma, versatilidad y rentabilidad) frente a otros materiales desarrollados para el mismo fin (Torres Remón, 2016), además de su trabajabilidad, maleabilidad, tiempo de fraguado y resistencia.

En el Ecuador existen investigaciones destinadas a desarrollar materia prima capaz de cumplir con las exigencias de morteros de calidad (Flores Tapia & Nieto Nuñez, 2018), no obstante aún no se ha encontrado un agregado fino optimo y funcional que responda a las mejores condiciones de trabajabilidad, fraguado y al comportamiento mecánico bajo cargas de compresión.

Uno de los estudios más cercanos señala la optimización de una dosificación empleando cal hidráulica y cemento portland tipo I y tipo HE (Mariño Salguero, 2018), donde los resultados fueron favorables a compresión y trabajabilidad para la dosificación con cemento Tipo HE y Tipo I y a su vez des favorables al utilizar cal hidráulica, sin embargo, el estudio contempló la comparación de estas dosificaciones al emplear cal hidráulica, mas no al verificar la condición de agregado fino empleado correspondiente a minas de la provincia de Chimborazo de la Zona 3 de Ecuador, además de las inquietudes que presenta el uso adicional de bicarbonato de sodio, descartando las propiedades físicas y químicas que brindaba la arena utilizada.

Para esta investigación analizaré el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión de un mortero, empleando 4 tipos de dosificaciones, empleando agregado fino, la arena de río proveniente de la provincia de Pastaza de las minas Santa Isabel y Trópico de Capricornio, las cuales se someterá a varios ensayos preliminares físicos y químicos, para que conjuntamente con el cemento portland tipo I y HE incluyendo Bicarbonato de Sodio, se sometan a ensayos de resistencia a la compresión a largo y corto plazo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Analizar el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión de un mortero elaborado con cemento Portland tipo I y HE, incluido bicarbonato de sodio.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la resistencia a compresión a edades de 7, 14, 21 y 28 días de las probetas con cemento Portland tipo I y HE.
- Mediar tiempos de fraguado del mortero incluyendo Bicarbonato de Sodio.
- Establecer las propiedades físicas y químicas de la arena de río de la provincia de Pastaza correspondiente a las minas Santa Isabel y Trópico de Capricornio.
- Determinar el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión del mortero realizado con arena fina de la Provincia de Pastaza utilizando cemento Portland tipo I y HE, incluido bicarbonato de sodio.

### **3. MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se explica de manera breve y concisa la introducción teórica del hormigón, agregado fino y comportamiento mecánico de un mortero bajo cargas de compresión, así como el significado y propiedades del Bicarbonato de Sodio.

#### **3.1.Mortero**

Un mortero no es más que la mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos (finos) y agua, y en algunos casos adiciones y aditivos (NEC, 2011).

#### **3.2. Cemento**

El cemento utilizado como material para la elaboración de morteros deberá cumplir con propiedades especificadas en las normas NTE INEN 0152 (ASTM C150), NTE INEN 0490 (ASTM C595) y NTE INEN 2380 (ASTM C1157), para cementos hidráulicos.

El cemento utilizado deberá estar en condiciones apropiadas para su uso y será del tipo y clase al indicado en las dosificaciones para la elaboración del concreto y en este caso morteros de alta resistencia (NEC, 2011).

#### **3.3.Árido fino**

Se considera como árido fino para mortero a aquel que cumple con la especificación dictada en la NTE INEN 872 o ASTM C330, además este debe ser limpio sano y durable con una granulometría consistente dentro de un rango razonable uniforme durante toda la producción (NEC, 2011).

#### **3.4.Agua**

Como componente es parte esencial de un mortero, es considerable si el agua a emplear en el mismo está libre de elementos perjudiciales tales como aceites, ácidos, sales, alcoholes, materias orgánicas u otras sustancias que afecten el mortero es decir, agua que pueda ser apta para el consumo humano. (NEC, 2011).

### 3.5.Cemento Portland

El cemento Portland es un material adherente y cohesivo capaz de pegar (juntar, unir, enlazar) partículas de un material sólido en una masa compacta.

Está constituido por cal, sílice y alúmina, los mismos que, al combinarse por cocción forman el conocido Clinker de cemento y se endurece en reacción con el agua.

Estos componentes son conocidos como compuestos de Bogue que son: Alita (C<sub>3</sub>S), Belita (C<sub>2</sub>S), Celita (C<sub>3</sub>A) y Felita (C<sub>4</sub>AF), que cambian las propiedades del cemento portland dependiendo de sus proporciones. Es así que dan parte a cementos de alta resistencia como lo es el tipo HE especificado en la tabla 1 (Mariño Salguero, 2018).

**Tabla 1.** Composición Química del cemento portland tipo HE

Requisitos químicos	Composición (wt %)	Fases mineralógicas	Composición (wt %)
CaO	64.40	Silicato tri cálcicos (C <sub>3</sub> S)	59.40
SiO <sub>2</sub>	19.50	Silicato di cálcicos (C <sub>2</sub> S)	11.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.70	Aluminato tri cálcicos (C <sub>3</sub> A)	9.60
SO <sub>3</sub>	2.80	Ferro- Aluminio Tetra-cálcicos (C <sub>4</sub> AF)	11.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.00		
MgO	1.30		

**Fuente:** Mariño (2018).

Gracias a la colaboración de Unión Cementera Nacional (UCEM), también se puede determinar las características físicas de cemento tipo HE en la tabla 2.

**Tabla 2.** Propiedades Físicas del cemento portland tipo HE

<b>REQUISITOS FÍSICOS</b>	<b>CEMENTO CHIMBORAZO SUPERIOR PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO HE</b>	
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	9.92	
Expansión en autoclave (%)	0.0013	
Fraguado VICAT Inicial (minuto)	150	
Fraguado VICAT Final (minuto)	240	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>Kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>MPa</b>
1 día	184	18
3 días	255	<b>25</b>
7 días	337	33
28 días	459	45
<b>RESISTENCIA A LOS SULFATOS</b>	<b>CEMENTO TIPO HE</b>	
% Expansión a los 14 días	0.04 máx.	

**Fuente:** Mariño (2018).

De igual manera la empresa UCEM nos proporciona las propiedades físicas, químicas y mineralógicas del cemento portland tipo I, como se las expone en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Características físicas del cemento portland tipo I.

<b>REQUISITOS FÍSICOS</b>	<b>CEMENTO CHIMBORAZO SUPERIOR PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP</b>		<b>NORMA NTE INEN 490 ASTM C- 595</b>	
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		-	
Expansión en autoclave (%)	0.0013		0.80 máx.	
Fraguado VICAT Inicial (minuto)	160		45 min.	
Fraguado VICAT Final (minuto)	240		420 máx.	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>Kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>MPa</b>	<b>Kg/cm<sup>3</sup></b>	<b>MPa</b>
3 días	184	18	133 min	13
7 días	265	26	204 min	20
28 días	377	37	255 min	25
<b>RESISTENCIA A LOS SULFATOS</b>	<b>CEMENTO TIPO IP</b>		<b>REQUISITOS NORMA NTE INEN 490</b>	
% Expansión a los 14 días	0.018		0.02 máx.	

**Fuente:** Mariño (2018).

**Tabla 4.** Características químicas y mineralógicas del cemento portland tipo I.

<b>Requisitos químicos</b>	<b>Composición (wt %)</b>	<b>Fases mineralógicas</b>	<b>Composición (wt %)</b>
CaO	66.96	Silicato tri cálcicos (C3S)	60.07
SiO <sub>2</sub>	22.64	Silicato di cálcicos (C2S)	18.99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.69	Aluminato tri cálcicos (C3A)	5.06
SO <sub>3</sub>	0.55	Ferro- Aluminio Tetra-cálcicos (C4AF)	11.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.27		
MgO	1.29		

**Fuente:** Mariño (2018).

### **3.6.Comportamiento Mecánico**

El comportamiento mecánico del mortero tiene como objetivo general estudiar, analizar y discutir las propiedades mecánicas del concreto o mortero elaborado (Ch, C, & M, 2016), éste se compone básicamente de cemento, agregado fino, agua y aditivo, incluido bicarbonato de sodio. El comportamiento mecánico puede evaluarse a compresión, corte, flexión y anclaje por adherencia (NEC, 2011).

### **3.7.Resistencia a Compresión Simple de Mortero**

Es la resistencia a la compresión simple de una muestra sin tomar en cuenta los efectos de las coacciones de sustentación, esbeltez o excentricidad de cargas (NEC, 2011).

### **3.8.Bicarbonato de Sodio**

El bicarbonato de sodio (también llamado bicarbonato sódico o hidrógeno carbonato de sodio o carbonato ácido de sodio) es un compuesto cristalino de color blanco muy soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato de sodio, de fórmula  $\text{NaHCO}_3$ . Se puede encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente (García Tamayo, González Martínez, García Huerta, Campos Jimenez, & Márquez Rocha, 2011).

### **3.9.Bicarbonato de Sodio en Hormigones y Morteros**

El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali – agregado graves (Alvarado Rodriguez, 2018).

### 3.10. SIKA Plastocrete 161 HE:

Aditivo acelerante plastificante químico de cloruro de calcio que actúa como reductor de agua y acelera la resistencia, ideal para la construcción con hormigón, eficaz y veloz permite un pronto desencofrado y uso inmediato de estructuras.

En la Tabla 5, su detalle químico:

**Tabla 5.** Composición química e información sobre los componentes de SIKA Plastocrete 161 HE

Nombre químico	Formula Lineal	Concentración (%w/w)
Cloruro de calcio	CaCl <sub>2</sub>	>=10-< 20
2,2',2''- nitrilotrietanol	(HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> N	>=1-< 10
5-cloro-2-metil-2h-isotiazol-3-ona	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> CINOS	< 0.1

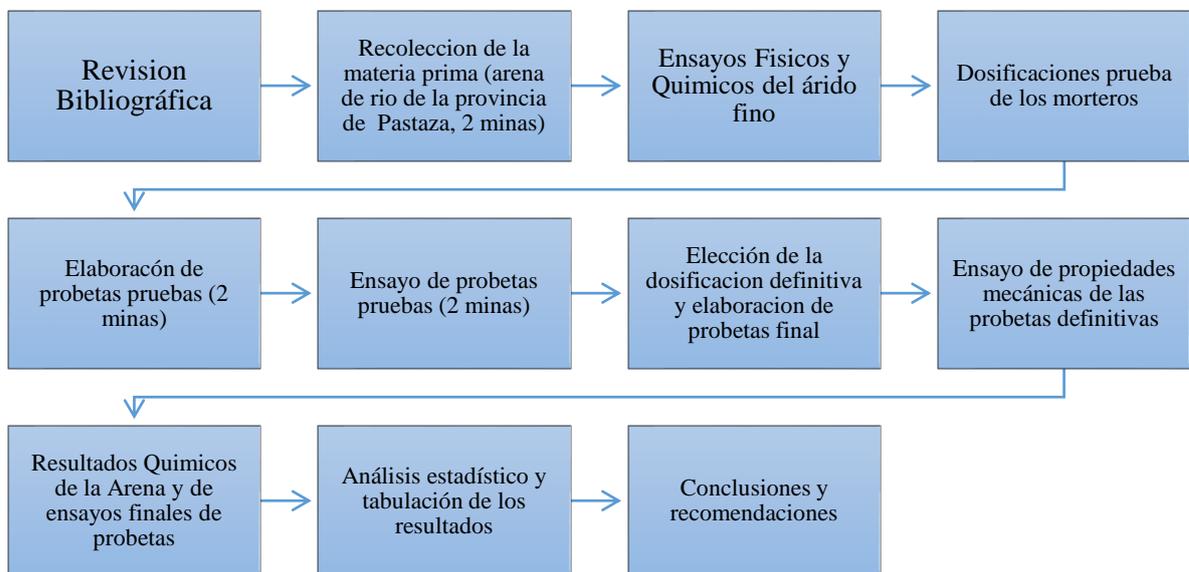
**Fuente:** Mariño (2018).

#### 4. METODOLOGÍA

En este capítulo expongo las características tomadas para el desarrollo de la investigación de este proyecto, el cual fue de carácter explicativo en vista que se trabajó con morteros de diferentes tipos de dosificaciones con materiales de la Provincia de Pastaza, cemento portland tipo I y HE distribuida por la empresa Cemento Chimborazo, incluido bicarbonato de sodio, con la finalidad de determinar el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión axial de cada dosificación.

La variable independiente de este estudio fue el porcentaje de bicarbonato de sodio añadida a la mezcla, la cual afecta directamente en su resistencia a la compresión, por ende a su comportamiento mecánico bajo cargas de compresión axial. Por ello la variable dependiente fue la resistencia a la compresión simple.

En la gráfica 1 presento el diagrama sistemático empleado para el desarrollo de la investigación presente.



**Gráfica 1.** Esquema de la metodología planteada

**Elaborado por:** Jonathan David López Tello

#### **4.1. Búsqueda y Revisión Bibliográfica.**

En la investigación partí con la revisión bibliográfica y búsqueda de artículos científicos relacionados con ventajas y limitaciones del comportamiento mecánico de un mortero, en vista a que las nuevas tecnologías de fabricación digital “TDF” cada día se encuentran en la búsqueda de dosificaciones y morteros competitivos de alta resistencia, además de la importancia de materiales como los agregados finos por su composición física y química los cuales afectan directamente a la composición del mortero a diseñar, aditivos y en especial el Bicarbonato de Sodio y su influencia en el hormigón.

En mi búsqueda empleé diferentes bases de datos como Scielo, library, scopus, Proquest, Ance, repositorios digitales de universidades y el buscador web google académico con el objetivo de asegurar que la información obtenida sea real, actual y aprobada por la comunidad científica.

#### **4.2. Recolección de Materia Prima.**

La materia prima fue recolectada directamente de las dos minas abastecedoras por calidad y por ser los más accedidos y accesibles para la construcción, por ferreterías y consumidores particulares en la provincia de Pastaza, estas son la Mina “Trópico de Capricornio” con coordenadas (N 9839962,75 E 827280,00) y la Mina “Santa Isabel” con coordenadas (N 9830659,87 E 827569,79), ubicadas en la Parroquia Madre Tierra a 7 Km de la ciudad de Puyo.

Los dos tipos de cemento, cemento portland tipo I y cemento portland tipo HE se obtuvo mediante pedido a la empresa de cementos, “Cemento Chimborazo”, tomando en cuenta las especificaciones técnicas de uso que los proveedores comparten al consumidor; se obtendrá el Bicarbonato de sodio en locales comerciales en vista de que es muy accesible y común.

### **4.3. Ensayos de Granulometría.**

A los agregados finos (arena de río de 2 minas en la provincia de Pastaza), se los ensayó con el fin de obtener resultados de características físicas, sometiéndolos a diferentes tipos de ensayos, entre ellos granulometría, aplicando la norma INEN 696 (NTE INEN, 2011).

Para determinar el tamaño de las partículas de la arena de río de las dos minas tomadas de la provincia de Pastaza y a su vez determinar sus módulos de finura, procedí a tomar 4 muestras de más de 900 gramos por cada mina y dejarla secar por un lapso de 24 horas a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , con el propósito de mantener el material libre de humedad, una vez transcurrido el tiempo establecido.

Procedí a tomar muestras respectivas de cada mina y cada una fue colocada en una serie de tamices seleccionados para árido fino de manera descendente, quedando de la siguiente manera: N°4, 8,16, 30,50,100,200 y al final la bandeja, tal y como lo especifica la norma INEN 696 (NTE INEN, 2011), seguido de ello encendí la maquina durante 5 minutos y una vez tamizado y transcurrido dicho tiempo procedí a pesar el material retenido en cada tamiz y a su vez realizar la tabulación de datos obtenidos.

### **4.4.Determinación del porcentaje de absorción, densidad y densidad relativa del árido fino.**

Se realizó el ensayo de contenido de humedad aplicando la norma INEN 856 (NTE INEN, 2010), para el cual se tomó 4 taras para cada mina, cada tara la pese respectivamente y luego le coloqué una porción representativa de agregado fino, esto de cada mina.

Dichas muestras las deje en el horno durante 24 horas a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , una vez transcurrido el tiempo se procede a pesar nuevamente cada tara con el fin de determinar el contenido de humedad presente la arena de río de cada mina.

Para la densidad y porcentaje de absorción se utilizó la norma INEN 856 (NTE INEN, 2010), consecuentemente seleccioné alrededor de 2500 gramos de material en estado saturado superficialmente seco “SSS”.

Para su verificación procedí a emplear el cono para llenarlo de arena y con la ayuda de un pistón compactarlo con 25 golpes, luego enracé y retiré el cono. La arena debe permanecer en forma de pirámide para comprobar el estado “SSS” y no quedarse muy pegada, seguidamente se llena un picnómetro con agua evitando dejar burbujas dentro de la misma, luego se pesa, una vez pesado coloque la muestra de arena en estado “SSS” dentro del picnómetro, procurando eliminar las burbujas que puedan quedar dentro del picnómetro para luego ser pesado y tabular resultados.

#### **4.5. Ensayo de colorimetría o determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino.**

Seguido realicé el ensayo de colorimetría o también conocido como determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino, aplicando la norma INEN 855 (NTE INEN, 2010), que a una muestra de árido fino de cada mina seleccionada se le agrega una solución normalizada de hidróxido de sodio dentro de un recipiente, luego procedí a agitarla para después de 24 horas, comparar el color del líquido obtenido con el catalogo comparador de colores sugerido en la norma antes mencionada y finalmente determinar si la muestra contiene impurezas orgánicas inapropiadas.

#### **4.6. Ensayos químicos de árido fino.**

Consecuentemente se realizó los ensayos químicos de la arena de río de las 2 minas de la provincia de Pastaza, Santa Isabel y Trópico de Capricornio respectivamente.

Además, se consideró una tercera muestra de arena, correspondiente a la arena SIKA, en vista que es un producto estandarizado como buena calidad, con la finalidad de tener

una muestra base para comparar los resultados de la arena de río de las 2 minas antes mencionadas.

Los ensayos fueron realizados por el Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad Nacional de Chimborazo, bajo la responsabilidad del PhD. Víctor J García, quien me facilitó las micrografías y el análisis de espectroscopia de fotoelectrones de rayos X dispersado de la arena de río de las minas Santa Isabel y Trópico de Capricornio, además de la arena SIKA.

Una vez obtenidos los resultados preliminares del árido para el mortero, seleccioné las dosificaciones para el mortero con cemento portland tipo I y HE, para ello, gracias a la búsqueda bibliográfica acudimos a la dosificación establecida con resultados óptimos y de alta resistencia (Mariño Salguero, 2018).

#### **4.7. Ensayo de velocidad de fraguado y trabajabilidad utilizando el equipo VICAT.**

Realicé ensayos de tiempo de Fraguado del mortero aplicando el método VICAT con norma INEN 158 (NTE INEN, 2009b), para lo cual procedí a hacer una mezcla de mortero, bajo temperatura ambiente, para después colocar en el molde del equipo VICAT, y simultáneamente realizar ensayos con la aguja de VICAT cada tiempo determinado, en mi caso procedí a realizarlo a 1 minuto, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 minutos y sucesivamente cada 10 minutos hasta llegar a fraguar.

La trabajabilidad se la realizó de igual manera empleando el equipo VICAT, de igual manera se procedió a realizar la mezcla de cada dosificación, y colocar en el molde del equipo VICAT, una vez enrasado esperé durante 30 segundos y realicé el primer ensayo con la ayuda de un pistón seleccionado del equipo VICAT para medir la trabajabilidad, lo óptimo está entre los 10 mm de penetración del pistón sobre cada una

de las dosificaciones ensayadas y sucesivamente se determina la trabajabilidad de cada mortero (Cañas, 2006).

Una vez culminados los ensayos redactados se procede a ejecutar la dosificación de cada mortero para ser evaluado a corto plazo, es decir durante un periodo de 24 horas y a su vez a largo plazo en un periodo de 28 días.

#### **4.8. Ensayos de resistencia a la compresión.**

Se ejecutó los respectivos ensayos de resistencia a la compresión, realizando cubos de mortero de 50X50 milímetros de acuerdo a lo especificado en las respectivas normas NTE INEN 488 (NTE INEN, 2009), con la finalidad de analizar su comportamiento mecánico bajo cargas de compresión a corto y largo plazo; una vez culminados los distintos ensayos se realizó la tabulación y análisis de resultados obtenidos discutiendo y sacando las respectivas conclusiones.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica referente al tema planteado se tomó de artículos, normas, tesis y páginas web con información específica acerca del tema planteado, que se hayan realizados durante no más de los diez últimos años para la veracidad de su información, aunque cabe recalcar casos especiales con información única que sobrepasan el tiempo estipulado, así generando gran aporte para el desarrollo del presente proyecto de investigación a continuación, se expone los resultados obtenidos.

### 5.1. Comportamiento mecánico de un mortero elaborado con cemento portland tipo I y HE, incluido bicarbonato de sodio.

#### 5.1.1. Resultados Iniciales de Dosificación.

La dosificación empleada para mi proyecto fue la realizada para un mortero con cemento portland tipo I y tipo HE, para impresoras 3D en la Universidad Nacional de Chimborazo (Mariño Salguero, 2018), a continuación detallo las dosificaciones de cemento portland tipo I y tipo HE para 1 saco de cemento en las tablas 6 y 7 respectivamente.

**Tabla 6.** Dosificación utilizada para 1 saco de cemento portland tipo I.

ARENA (Kg)	CEMENTO (Kg)	AGUA (Kg)	PLASTIFICANTE (Kg)
62.25	50.00	22.5	0.13

**Fuente:** Mariño (2018).

**Tabla 7 .** Dosificación utilizada para 1 saco de cemento portland tipo HE.

ARENA (Kg)	CEMENTO (Kg)	AGUA (Kg)	PLASTIFICANTE (Kg)
62.25	50.00	20,75	0.13

**Fuente:** Mariño (2018).

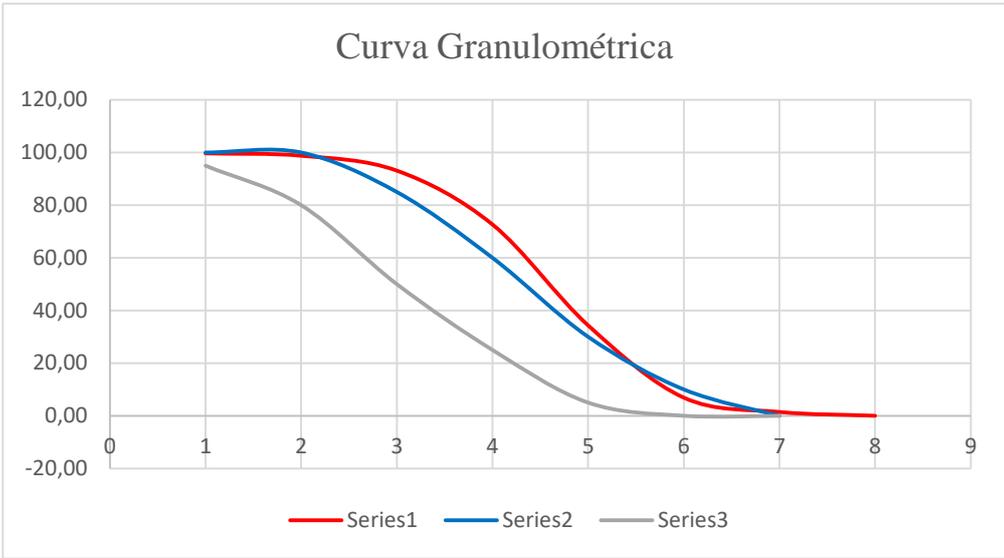
Cabe recalcar que la variante está en la cantidad de agua por corrección agua cemento.

Se consideró implementar 0,0005 kg de Bicarbonato de Sodio por cada 0,1 kg de cemento a las Dosificaciones correspondientes, tomando en cuenta el estudio realizado por alumnos de la Universidad nacional de Chimborazo, correspondiente a “Diseño de un mortero con cemento portland tipo I y HE, incluido cal hidráulica para su uso en impresoras 3D” donde presentaron dicha proporción como exitosa con un tiempo de fraguado inmediato a comparación de otros morteros.

### **5.1.2. Resultados y análisis de ensayos preliminares.**

#### **5.1.2.1. Ensayos de granulometría.**

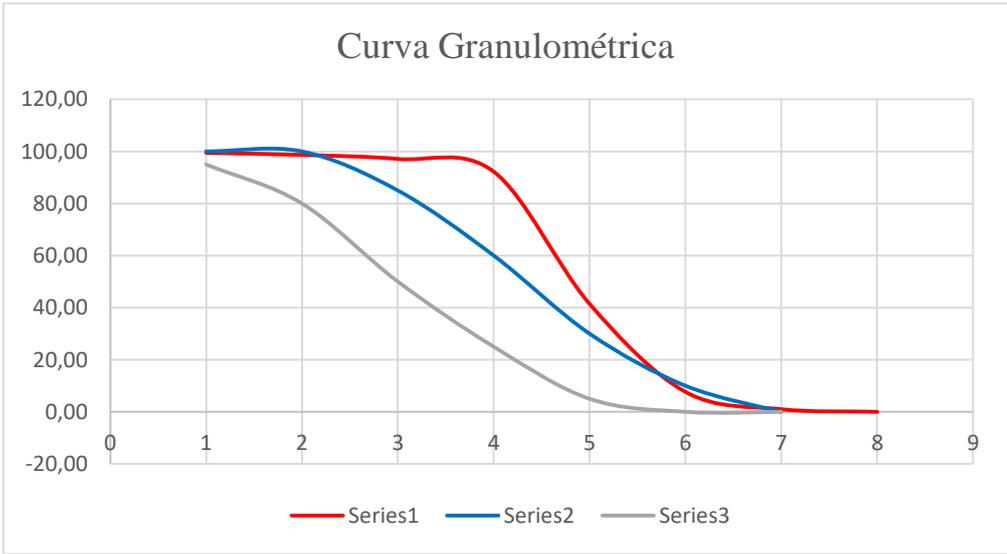
Los ensayos de granulometría dieron resultados que cumplen dentro de los límites de árido fino establecidos por la INEN 696 para los tamices N°4, N°8, N°100 y N°200, mientras que no cumplieron con los límites los tamices N°16, N°30 y N°50, exponiendo para la arena de río de la mina Santa Isabel (la cual más adelante se la facilitará la nomenclatura “SI”), el Gráfico 2, mientras que para la mina Trópico de capricornio (la cual se la denominará con la nomenclatura “TC”), se expresa en el Gráfico 3, por lo que con respecto a la curva granulométrica ambas minas representan resultados similares.



	Mina Santa Isabel
	Límite Superior
	Límite Inferior

**Gráfica 2.** Curva Granulométrica Mina Santa Isabel.

**Elaborado por:** López Jonathan.



	Mina Trópico de Capricornio
	Límite Superior
	Límite Inferior

**Gráfica 3.** Curva Granulométrica Mina Trópico de Capricornio.

**Elaborado por:** López Jonathan.

Sin embargo, tanto la mina “SI”, como la mina “TC” obtuvieron un módulo de finura determinado en cada ensayo, manteniéndose dentro de los límites establecidos por la norma ASTM-C33 (ASTM, 2000), que establece que el agregado FINO no debe ser inferior a 2.3 ni mayor a 3.1, teniendo un módulo de finura para la mina SI = 2.93 y para la mina TC = 2.62 (Como se muestra en las tablas 8 y 9 respectivamente ), considerándolas como áridos finos aptos para la elaboración de morteros.

**Tabla 8 .** Resultados de ensayos de granulometría de árido fino, mina Santa Isabel

<b>Ensayo Granulométrico Mina Santa Isabel</b>								
Masa Recipiente (g)		329						
<b>Tamices</b>	<b>Retenido Parcial + Recipiente</b>	<b>Retenido Parcial - Recipiente</b>	<b>%Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Límites Específicos Serie de Finos</b>		
N°4	332	3	0,33	0,33	99,67	100	95	
N°8	337	8	0,89	1,22	98,78	100	80	
N° 16	380	51	5,67	6,89	93,11	85	50	
N° 30	513	184	20,44	27,33	72,67	60	25	
N° 50	674	345	38,33	65,67	34,33	30	5	
N° 100	576	247	27,44	93,11	6,89	10	0	
N°200	378	49	5,44	98,56	1,44	0	0	
Bandeja	342	13	1,44	100,00	0,00			
Total	3532	900	100,00					
<b>MODULO DE FINURA</b>		2,93						

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 9 .** Resultados de ensayos de granulometría de árido fino, mina Trópico de Capricornio

<b>Ensayo Granulométrico Mina Trópico de Capricornio</b>							
<b>Masa Recipiente (g)</b>		329	<b>Muestra 2</b>				
<b>Tamices</b>	<b>Retenido Parcial + Recipiente</b>	<b>Retenido Parcial - Recipiente</b>	<b>%Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Límites Específicos Serie de Finos</b>	
N°4	334	5	0,56	0,56	99,44	100	95
N°8	336	7	0,78	1,33	98,67	100	80
N° 16	343	14	1,56	2,89	97,11	85	50
N° 30	373	44	4,89	7,78	92,22	60	25
N° 50	786	457	50,78	58,56	41,44	30	5
N° 100	633	304	33,78	92,33	7,67	10	0
N°200	389	60	6,67	99,00	1,00	0	0
Bandeja	338	9	1,00	100,00	0,00		
Total	3532	900	100,00				
<b>MODULO DE FINURA</b>		2,62					

**Elaborado por:** López Jonathan

#### **5.1.2.2. Ensayos de determinación del porcentaje de absorción, densidad y densidad relativa del árido fino.**

Con respecto al porcentaje de humedad se obtuvo los siguientes resultados.

Para la mina “SI” fue de 6.32, mientras que la mina “TC” obtuvo un porcentaje promedio de humedad de 10.74, los resultados obtenidos se expresan en las tablas 10 y 11 respectivamente.

**Tabla 10.** Resultados de porcentaje de Humedad Mina “SI”.

<b>Ensayo Contenido de Humedad Mina Santa Isabel</b>						
TARAS 1-4						
<b>Recipientes</b>	<b>Masa Rec. (g)</b>	<b>Masa Rec. + Mn (g)</b>	<b>Masa Rec. + Ms (g)</b>	<b>Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Seca (g)</b>	<b>%Humedad</b>
Tara 1	0,018	0,083	0,079	0,065	0,061	6,15
Tara 2	0,018	0,078	0,075	0,06	0,057	5,00
Tara 3	0,018	0,079	0,075	0,061	0,057	6,56
Tara 4	0,018	0,084	0,079	0,066	0,061	7,58
<b>Humedad Promedio</b>		6,32				

**Elaborado por:** López Jonathan

**Tabla 11.** Resultados de porcentaje de Humedad Mina “TC”

<b>Ensayo Contenido de Humedad Mina Trópico de Capricornio</b>						
TARAS 1-4						
<b>Recipientes</b>	<b>Masa Rec. (g)</b>	<b>Masa Rec. + Mn (g)</b>	<b>Masa Rec. + Ms (g)</b>	<b>Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Seca (g)</b>	<b>%Humedad</b>
Tara 1	0,016	0,065	0,06	0,049	0,044	10,20
Tara 2	0,018	0,077	0,071	0,059	0,053	10,17
Tara 3	0,017	0,074	0,068	0,057	0,051	10,53
Tara 4	0,018	0,076	0,069	0,058	0,051	12,07
<b>Humedad Promedio</b>		10,74				

**Elaborado por:** López Jonathan

Los resultados de densidad y porcentaje de absorción de la mina “SI” y “TC” de igual manera son favorables, dando los resultados muy similares a los de las tablas 12 y 13 respectivamente.

**Tabla 12.** Determinación de Densidad Mina “SI”

<b>Ensayo Densidad Mina Santa Isabel</b>					
Muestra 1					
<b>Peso Bandeja (P)</b>	<b>Muestra seca al Horno (A)</b>	<b>Picnómetro + agua (B)</b>	<b>Picnómetro + agua + materia SSS (C)</b>	<b>Peso Bandeja + arena Seca (S)</b>	
330	481	1271	1584	500	
Densidad Relativa SH (kg/m <sup>3</sup> )	2565,76				
Densidad en SSS (kg/m <sup>3</sup> )	2667,11				
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	2855,94				
<b>% de Absorción</b>	3,950				

**Elaborado por:** López Jonathan

**Tabla 13.** Determinación de Densidad Mina “TC”

<b>Ensayo Densidad Mina Trópico de Capricornio</b>					
Muestra 1					
<b>Peso Bandeja (P)</b>	<b>Muestra seca al Horno (A)</b>	<b>Picnómetro + agua (B)</b>	<b>Picnómetro + agua + materia SSS (C)</b>	<b>Peso Bandeja + arena Seca (S)</b>	
215	486	1271	1588	500	
Densidad Relativa SH (kg/m <sup>3</sup> )	2649,10				
Densidad en SSS (kg/m <sup>3</sup> )	2725,41				
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	2868,55				
<b>% de Absorción</b>	2,881				

**Elaborado por:** López Jonathan

Dentro de los resultados finales, se obtuvo un promedio de absorción para la mina Santa Isabel de 3,79% y para la mina Trópico de Capricornio de 2,51%, lo que indica que son agregados con baja absorción.

Al no sobrepasan el 5% según lo indica la NTE, este resultado es positivo para su uso, en vista a que el mortero no presentaría peligro alguno de deterioro a causa del congelamiento de agua absorbida por el mortero.

En ambos casos tenemos comportamientos relativos con respecto a las densidades, se puede generalizar observando los resultados del árido en estado seco “SH” es mucho menor al estado Saturado superficialmente seco “SSS” lo que permite en el árido la absorción de agua.

### **5.1.2.3. Determinación del tiempo de fraguado por el método VICAT.**

Realicé las primeras dosificaciones sometiéndolas al ensayo de VICAT según lo establece la norma INEN 158 (NTE INEN, 2009b), obteniendo como mejores resultados los presentados en las tablas 15, 16, 17 y 18, correspondiente a cada mina, recordando que se trabajó con la nomenclatura especificada en la tabla 14.

**Tabla 14.** Nomenclatura para 8 tipos de Dosificación.

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b>		
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Nomenclatura	<b>Realizado por:</b>
	Laboratorio de Ingeniería civil	
<b>LABORATORIO:</b>	UNACH	
	Provincia de Chimborazo	
<b>UBICACIÓN:</b>	Cantón Riobamba	Jonathan David López Tello
	Arena de Río, Provincia de	
<b>MUESTRA:</b>	Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>
	Santa Isabel, Trópico de	
<b>MINA:</b>	Capricornio	Ing. Javier Palacios
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI, TC	

**Nomenclatura para 8 tipos de Dosificación.**

<b>Nomenclatura</b>	<b>Tipo de cemento</b>	<b>Mina</b>	<b>Agregado Adicional</b>
<b>SI (I)</b>	Portland Tipo I Cemento	Santa Isabel	Ninguno
<b>SI (HE)</b>	Portland Tipo HE Cemento	Santa Isabel	Ninguno
<b>TC (I)</b>	Portland Tipo I Cemento	Trópico de Capricornio	Ninguno
<b>TC (HE)</b>	Portland Tipo HE Cemento	Trópico de Capricornio	Ninguno
<b>SI (I)+ Bi</b>	Portland Tipo I Cemento	Santa Isabel	Bicarbonato de Sodio 5%
<b>SI (HE)+ Bi</b>	Portland Tipo HE Cemento	Santa Isabel	Bicarbonato de Sodio 5%
<b>TC (I)+ Bi</b>	Portland Tipo I Cemento	Trópico de Capricornio	Bicarbonato de Sodio 5%
<b>TC (HE)+ Bi</b>	Portland Tipo HE	Trópico de Capricornio	Bicarbonato de Sodio 5%

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 15.** Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero SI (HE).

Altura tope de la Aguja (cm)	3.90
Tiempo (min)	Penetración (mm)
Inicial 1	39
	39
	39
Inicial 10	6
	13
	14
	10
Final 80	0

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 16.** Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero SI (HE)+ Bi.

Altura tope de la Aguja (cm)	3.8
Tiempo (min)	Penetración (mm)
Inicial 1	38
	38
	38
Inicial 10	30
	28
	26
	30
Final 50	0

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 17.** Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero TC (HE).

Altura tope de la Aguja (cm)	3.70
Tiempo (min)	Penetración (mm)
Inicial 1	37
	37
	37
Inicial 10	32
	33
	32
	31
Final 90	0

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 18.** Tiempo de fraguado Ensayo VICAT, mortero TC (HE)+ Bi.

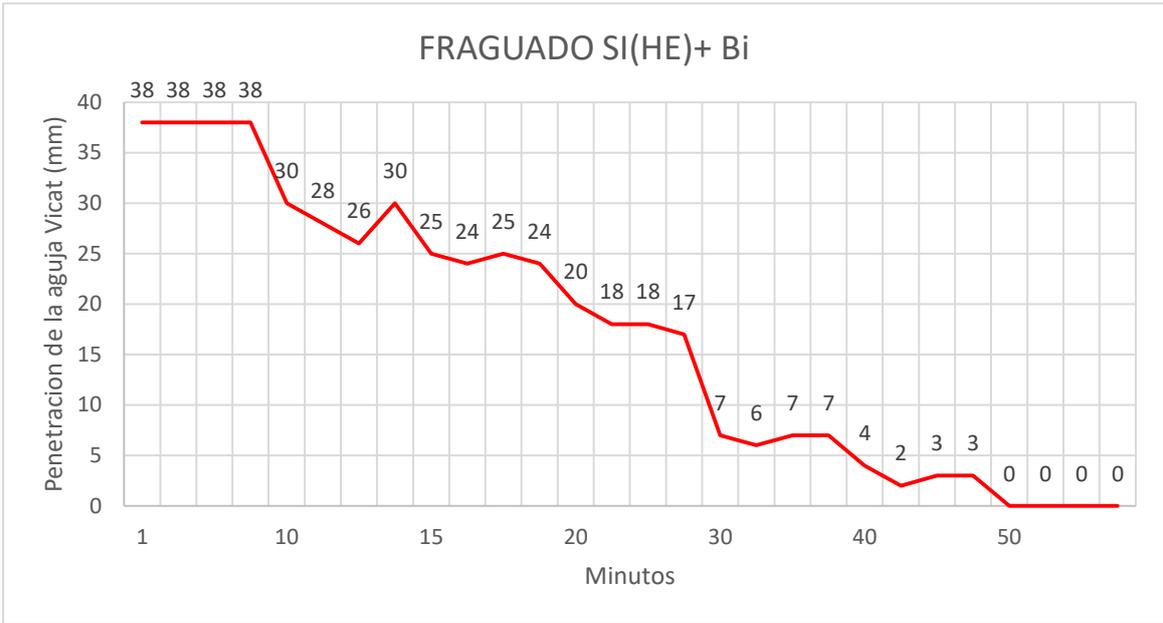
Altura tope de la Aguja (cm)	3.70
Tiempo (min)	Penetración (mm)
Inicial 1	37
	37
	37
Inicial 10	27
	25
	25
	27
Final 80	0

**Elaborado por:** López Jonathan.

Los resultados de fraguado fueron los siguientes; para la mina Santa Isabel la dosificación SI (HE), llegó a los 80 minutos, mientras que al incluir bicarbonato de sodio se obtuvo un fraguado en tan solo 50 minutos e la dosificación SI (HE)+ Bi, mientras que para la mina Trópico de capricornio se obtuvo un fraguado en 90 minutos en la dosificación TC (HE), mientras que al incluir bicarbonato de sodio se obtuvo 80 minutos en la dosificación TC (HE)+ Bi.

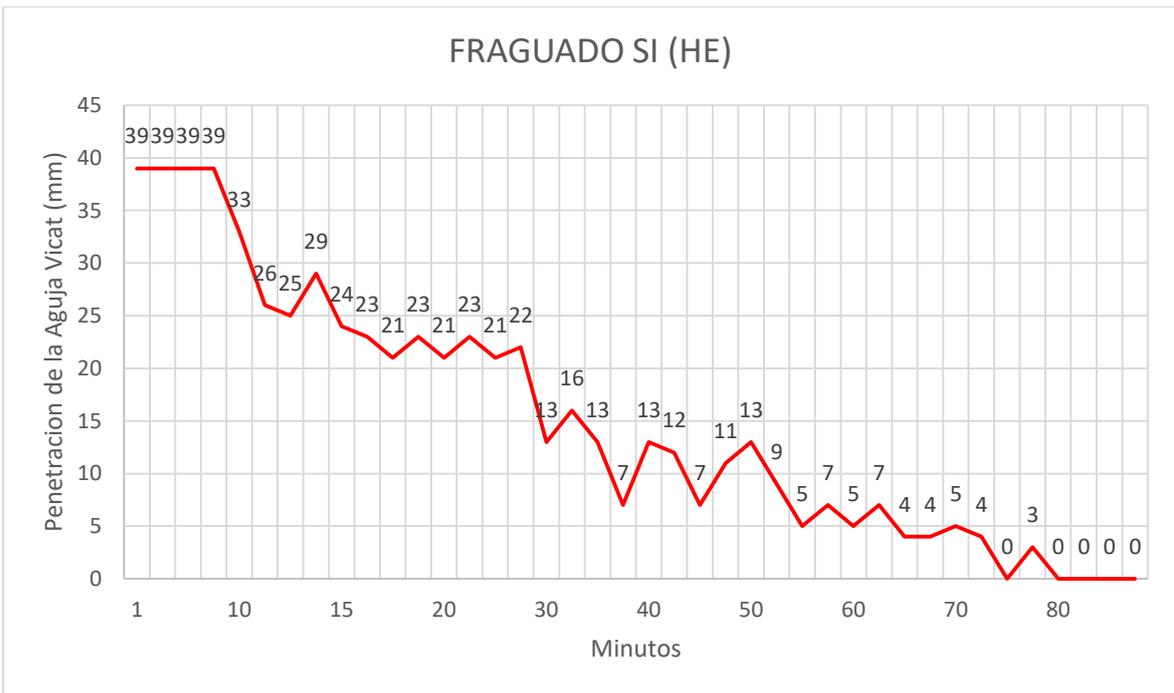
La dosificación más rápida en fraguar fue la del mortero SI (HE)+ Bi, tardando tan solo 50 minutos, mientras que las siguientes fueron las dosificaciones SI (HE) y TC (HE)+ Bi 80 minutos en fraguar.

Con estos resultados puedo manifestar la eficiencia de fraguado inmediato del mortero de manera inicial, demostrando su comportamiento de fraguado en las gráficas 4, 5 y 6.



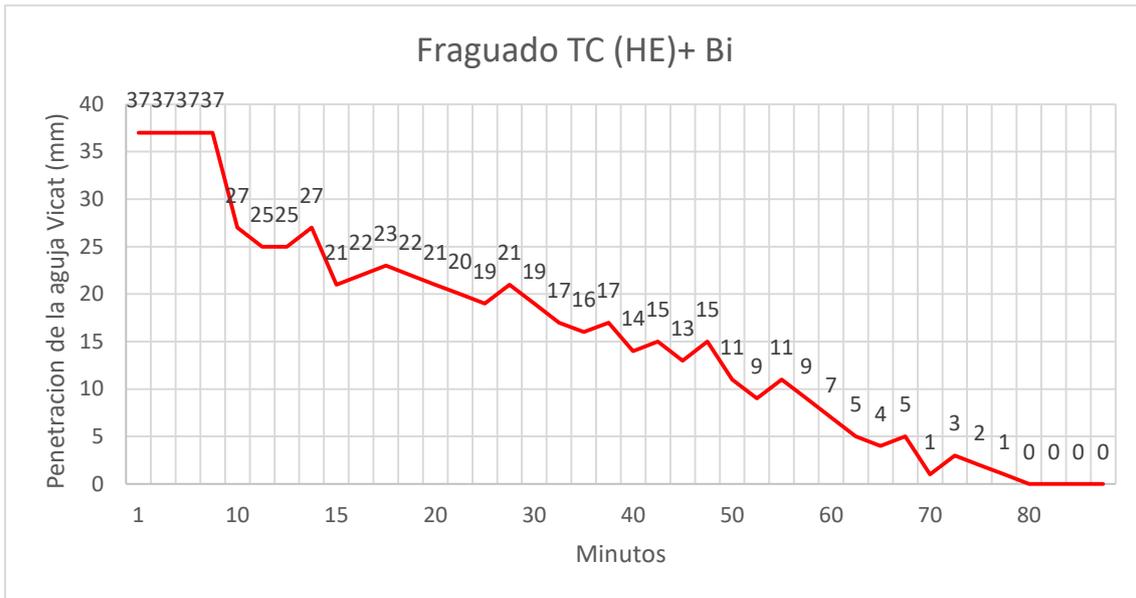
**Gráfica 4.** Fraguado ensayo VICAT, Dosificación SI (HE)+ Bi.

**Elaborado por:** López Jonathan



**Gráfica 5.** Fraguado ensayo VICAT Dosificación SI (HE).

**Elaborado por:** López Jonathan



**Gráfica 6.** Fraguado ensayo VICAT, Dosificación TC (HE)+ Bi.

**Elaborado por:** López Jonathan

#### **5.1.2.4.Resultados de Trabajabilidad.**

La Universidad Centroamericana establece un modelo para determinar la trabajabilidad y consistencia de un mortero aplicando las normas respectivas ASTM C 187-98, AASHTO T-129 y ASTM C-305 empleando el equipo VICAT y un pistón de diámetro considerable para su ejecución, dentro de ello obtuvimos los mejores resultados más cercanos a 1cm que establece a la mezcla como optima, si fuese más de 1 cm, es demasiado maleable y si es menos de 1cm la mezcla sería menos trabajable. En nuestro caso en las tablas 19 y 20 la mezcla de mortero SI (HE) y TC (HI), llegaron lo más cercano a tener un buen comportamiento a trabajabilidad o maleabilidad.

**Tabla 19.** Trabajabilidad y consistencia dosificación SI (HE)

<b>Tiempo (Seg.)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	0.90
30	1.20
30	1.00

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 20.** Trabajabilidad y consistencia dosificación TC (HI)

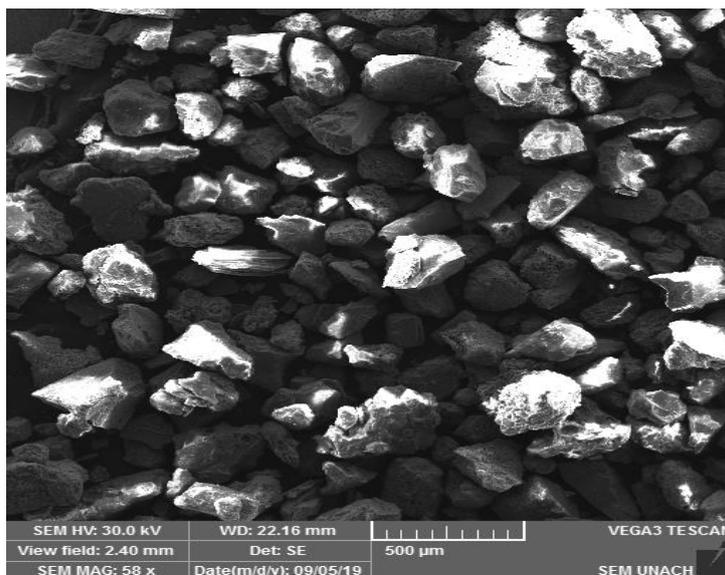
<b>Tiempo (Seg.)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	1.20
30	1.10
30	1.00

**Elaborado por:** López Jonathan.

#### **5.1.2.5. Ensayos Químicos de la arena de río mina Santa Isabel y Trópico de Capricornio.**

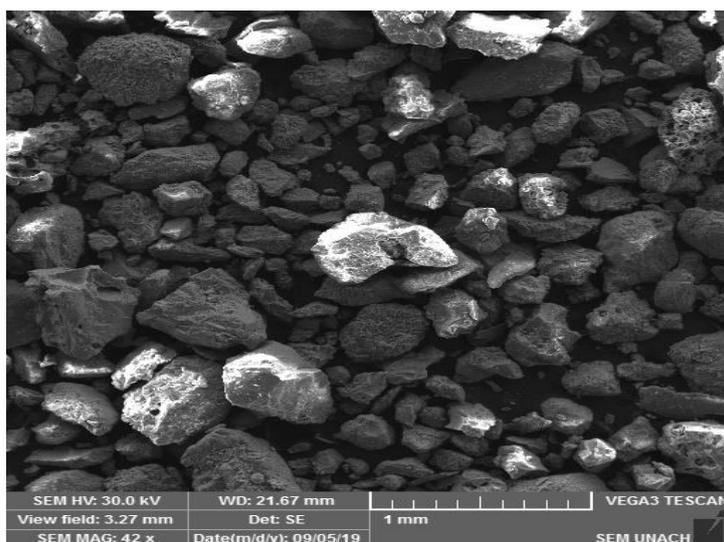
Los resultados obtenidos fueron gracias al Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) y al PhD. Víctor J García quien proporcionó las micrografías y el análisis de espectroscopia de fotoelectrones de rayos X dispersado.

En la fotografía 1 y 2 se puede observar la forma que tiene la arena de río de cada mina, la particularidad de cada una de ellas está en su tamaño y la forma de las aristas, las cuales al momento de realizar la mezcla contribuye de manera positiva en la trabajabilidad y consistencia de la mezcla.



**Fotografía 1.** Análisis químico de arena de río mina Trópico de Capricornio.

**Fuente.** Laboratorio de Microscopia Electrónica de la UNACH.



**Fotografía 2.** Análisis químico de arena de río mina Santa Isabel.

**Fuente.** Laboratorio de Microscopia Electrónica de la UNACH.

Se realizó un análisis básico elemental de los agregados pertenecientes a cada mina, donde se pudo observar e interpretar la cantidad de Sílice, Aluminio y Calcio como elementos más representativos, que conforman parte de los agregados y que estos pueden ser el factor fundamental del comportamiento mecánico bajo cargas de compresión axial de los morteros, los resultados se detallan en el anexo 7.6.

### 5.1.2.6. Ensayos de Resistencia a Compresión.

Procedí a realizar las dosificaciones para los primeros ensayos a corto plazo (6-9-12 y 24 horas), seguido de la preparación para ensayos a largo plazo (7, 14, 21 y 28 días).

### 5.1.2.7. Ensayos de Resistencia a Compresión a corto Plazo (24 Horas).

Al realizar los ensayos a corto plazo en los morteros sin bicarbonato de sodio fue algo notorio en el mortero SI (HE), que a las 6 horas dio una lectura de carga axial mayor de 3,00 KN, a las 9 horas subió a 6,6 KN, a las 12 horas llegó a los 16,324 KN y a las 24 horas dio una marca de carga axial de 49,407 KN, lo que es igual una resistencia de 19,763 MPa, determinando este mortero como el más sólido físicamente y con una buena evolución ante el comportamiento mecánico del mismo bajo cargas de compresión a temprana edad.

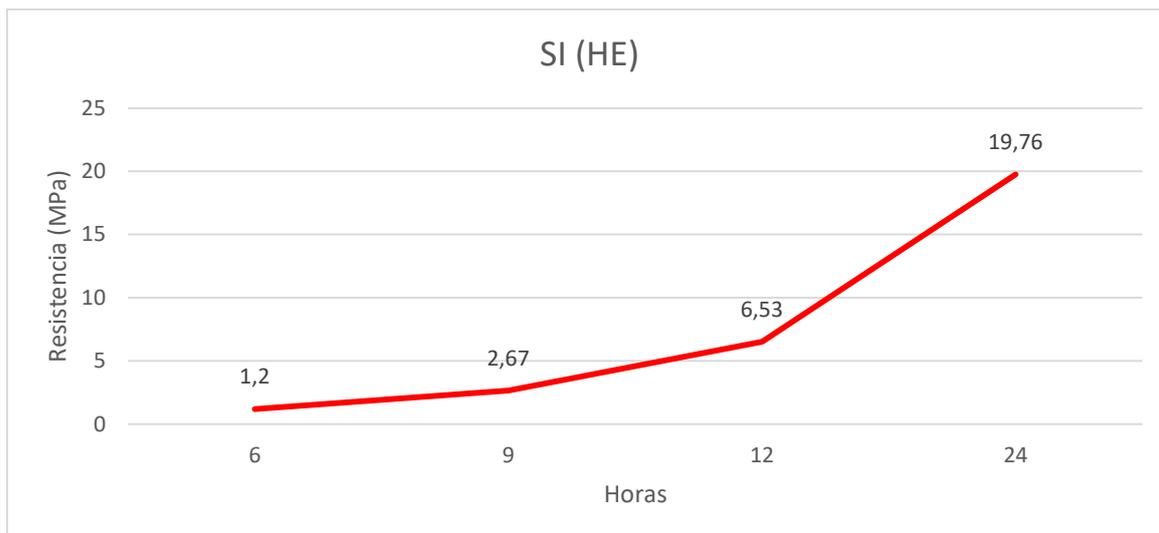
En la tabla 21 con su respectiva gráfica 7, represento los resultados de la mina Santa Isabel con mejor comportamiento mecánico bajo cargas de compresión a corto plazo (24 horas), siendo así la dosificación SI (HE) la mejor para la mina mencionada.

**Tabla 21.** Tabulación de datos a corto plazo de probetas, Mina Santa Isabel.

<b>TABULACIÓN DE DATOS</b>				
<b>Tipo de evaluación: PROBETA:</b>	Temprana (24 Horas) SI (HE)			
<b>HORAS</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
6	13H00	2500	3,00	1,20
9	16H00	2500	6,67	2,67
12	19H00	2500	16,32	6,53
24	07H00	2500	49,41	19,76
		<b>MAX.</b>	49,41	19,76

**Elaborado por:** López Jonathan.

A su vez se representa en la gráfica 6 la evolución de la dosificación SI (HE).



**Gráfica 7.** Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación SI (HE).

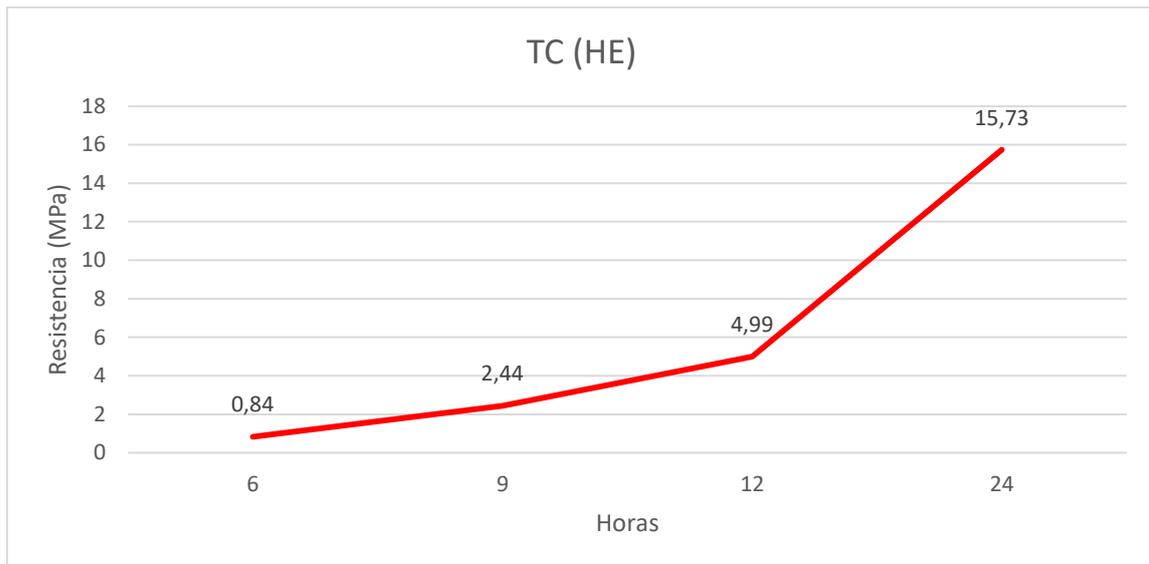
**Elaborado por:** López Jonathan.

Para la mina Trópico de Capricornio se obtuvo un resultado poco favorable con respecto a la compresión a corto plazo, teniendo así los resultados expuestos en la tabla 22, de igual manera la gráfica 8 presenta la evolución de la dosificación TC (HE).

**Tabla 22.** Tabulación de datos a corto plazo de probetas, Mina Trópico de Capricornio

<b>TABULACIÓN DE DATOS</b>					
Temprana (24 Horas)					
<b>Tipo de evaluación:</b>	<b>TC (HE)</b>				
<b>PROBETA:</b>	<b>HORAS</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
	6	13H00	2500	2	1
	9	16H00	2500	6	2
	12	19H00	2500	12	5
	24	07H00	2500	39	16
		MAX.		39	16

**Elaborado por:** López Jonathan.



**Gráfica 8.** Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación TC (HE).

**Elaborado por:** López Jonathan.

#### **5.1.2.8. Ensayos de Resistencia a Compresión a corto Plazo (24 Horas) incluido Bicarbonato de Sodio.**

Con respecto a las dosificaciones de morteros incluido Bicarbonato de sodio, estos presentaron características de endurecimiento pero de disgregación al ser sometidas a cargas de compresión, por lo que ninguna dosificación dio marca alguna en la máquina de compresión a las horas tempranas establecidas para ser ensayadas, por ende teniendo un fraguado un poco más rápido que los que no tenían bicarbonato de sodio, pero disgregándose o deshaciéndose ante la presencia de cargas axiales de compresión, no presentaron lecturas hasta las 12 y 24 horas, siendo las cargas más altas a las 24 Horas, donde la dosificación SI (HE)+ Bi dio un máximo de 18,486 MPa mientras que la dosificación TC (HE)+ Bi dio un máximo de 11,985 MPa.

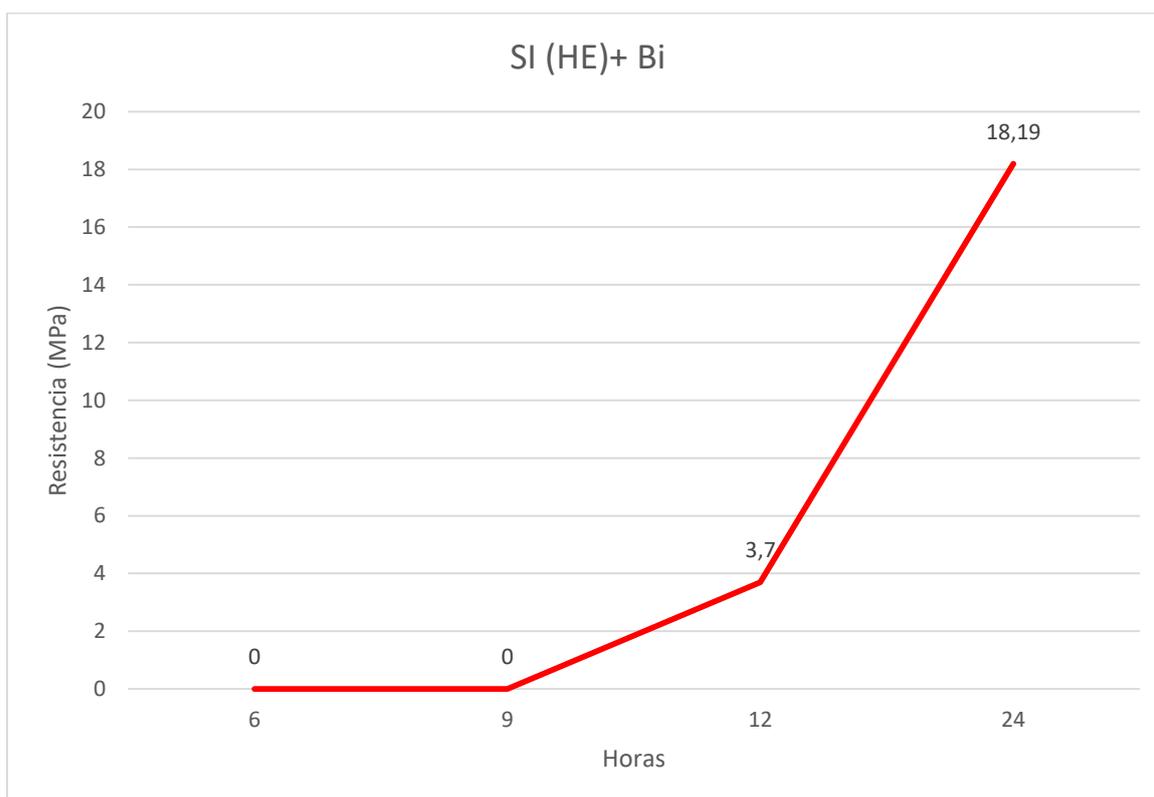
Gracias a estos resultados valoré al bicarbonato de sodio como un aditivo que ayuda en el fraguado, pero perjudica en la evolución y comportamiento mecánico del mortero bajo cargas de compresión a corto plazo.

Los resultados obtenidos los detallo en las tablas 23 y 24, y su evolución en las gráficas 9 y 10 respectivamente.

**Tabla 23.** Tabulación de datos a corto plazo de probetas, Mina Santa Isabel.

<b>TABULACIÓN DE DATOS</b>					
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)				
<b>PROBETA:</b>	SI (HE)+ Bi				
<b>HORAS</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>	
6	13H00	2500	0	0	
9	16H00	2500	0	0	
12	19H00	2500	9,25	3,7	
24	07H00	2500	45,47	18,19	
MAX.			45,47	18,19	

**Elaborado por:** López Jonathan.



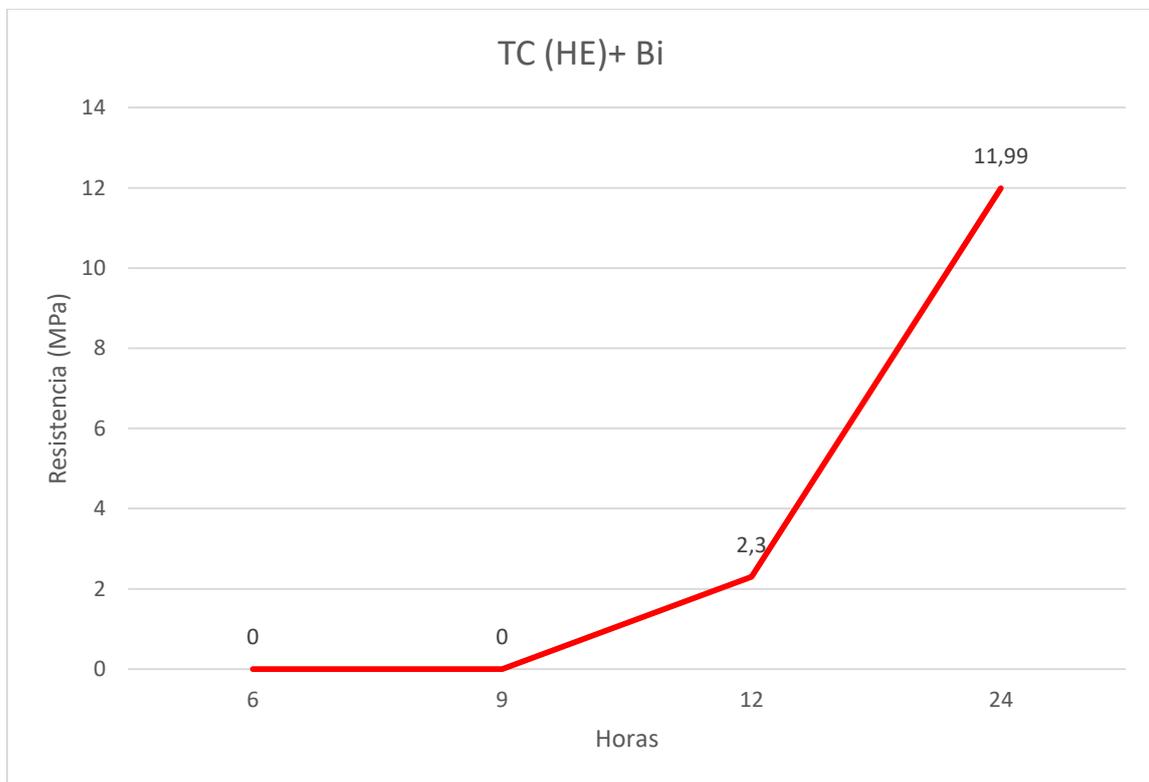
**Gráfica 9.** Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación SI (HE)+ Bi.

**Elaborado por:** López Jonathan.

**Tabla 24.** Tabulación de Datos Evaluación Temprana de Cubos Mina Trópico de Capricornio.

<b>TABULACIÓN DE DATOS</b>				
<b>Tipo de evaluación:</b>		Temprana (24 Horas)		
<b>PROBETA:</b>		TC (HE)+ Bi		
<b>HORAS</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
6	13H00	2500	0	0
9	16H00	2500	0	0
12	19H00	2500	5,75	2,3
24	07H00	2500	29,96	11,99
		MAX.	29,96	11,99

**Elaborado por:** López Jonathan.



**Gráfica 10.** Evaluación a corto plazo (24 horas), dosificación TC (HE)+ Bi.

**Elaborado por:** López Jonathan.

### 5.1.2.9. Ensayos de Resistencia a Compresión a Largo Plazo (28 Días).

Para analizar el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión de una mejor manera también se realizaron dosificaciones y probetas para ser sometidas a ensayos bajo cargas de compresión a los 7, 14, 21 y 28 días, obteniendo así los siguientes resultados.

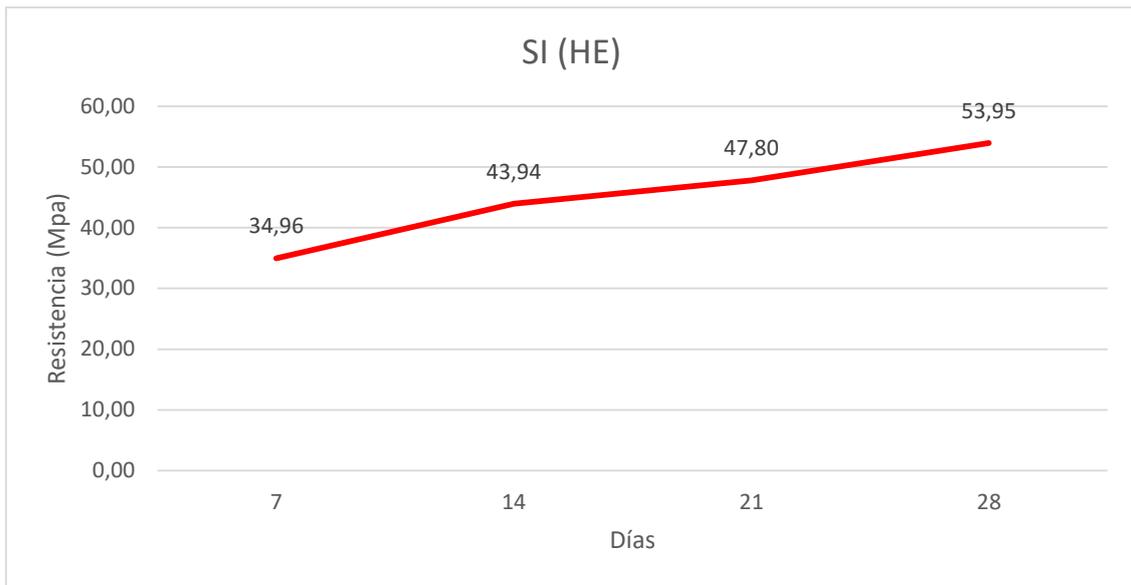
Con respecto a las Dosificaciones que no contenían bicarbonato de sodio, la que presentó mayor resistencia y por ende un buen comportamiento mecánico bajo cargas de compresión fue la dosificación SI (HE), perteneciente a la mina Santa Isabel, presentando a los 7 días una resistencia de 34,96 MPa, a los 14 días 43,94 Mpa, a los 21 días 47,80 Mpa, y a los 28 días una resistencia a compresión de 53,95 Mpa, siendo así un mortero modelo de calidad con cualidades competitivas en el campo de la ingeniería civil, y funcional competitivo en la Tecnologías de Fabricación Digital “TFD”.

Los Resultados se presentan en la tabla 25, seguido de la gráfica 11, con su respectiva evolución.

**Tabla 25.** Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Santa Isabel

<b>Dosificación:</b>		SI (HE)
<b>Días</b>	<b>Carga (KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
7	87,40	34,96
14	109,84	43,94
21	119,49	47,80
28	134,87	53,95

**Elaborado por:** López Jonathan.



**Gráfica 11.** Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación SI (HE).

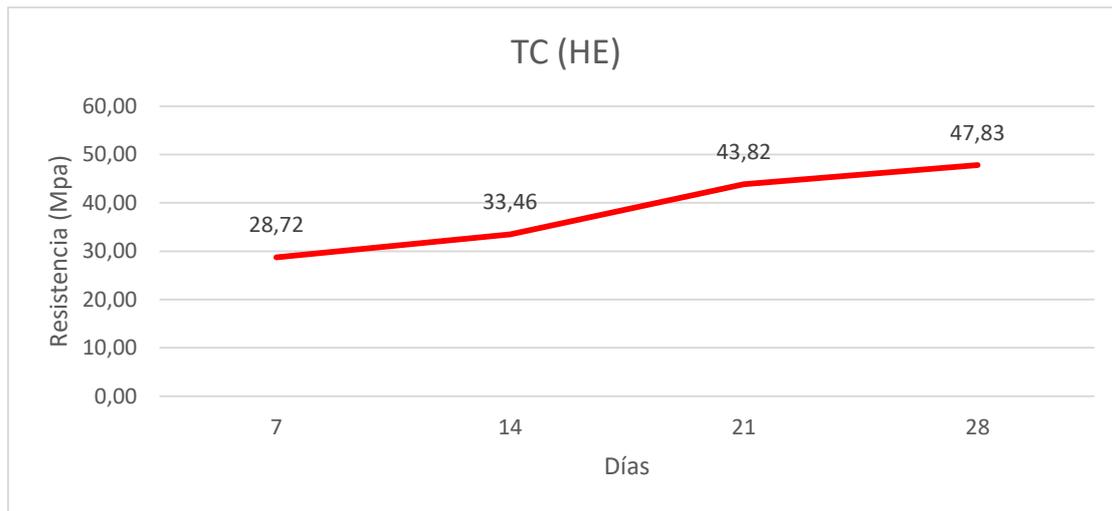
**Elaborado por:** López Jonathan

Por consiguiente en dosificaciones sin incluir bicarbonato de sodio para la mina Trópico de Capricornio en la dosificación TC (HE), los resultados fueron competitivos pero con baja resistencia a la dosificación ganadora antes mencionada, estos resultados se los exponen en la tabla 26 y grafica 12 respectivamente.

**Tabla 26.** Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Trópico de Capricornio

Dosificación		TC (HE)
Días	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
7	71,80	28,72
14	83,65	33,46
21	109,55	43,82
28	119,57	47,83

**Elaborado por:** López Jonathan.



**Gráfica 12.** Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación TC (HE).

**Elaborado por:** López Jonathan.

#### 5.1.2.10. Ensayos de Resistencia a Compresión a Largo Plazo (28 Días), incluido Bicarbonato de Sodio.

Al incluir bicarbonato de sodio a las dosificaciones se obtuvo que, la dosificación SI (HE)+ Bi perteneciente a la mina Santa Isabel, obtuvo a los 7 días una resistencia de 26,73 MPa, a los 14 días 33,32 MPa, a los 21 días 29,86 MPa, y a los 28 días 36,42 MPa.

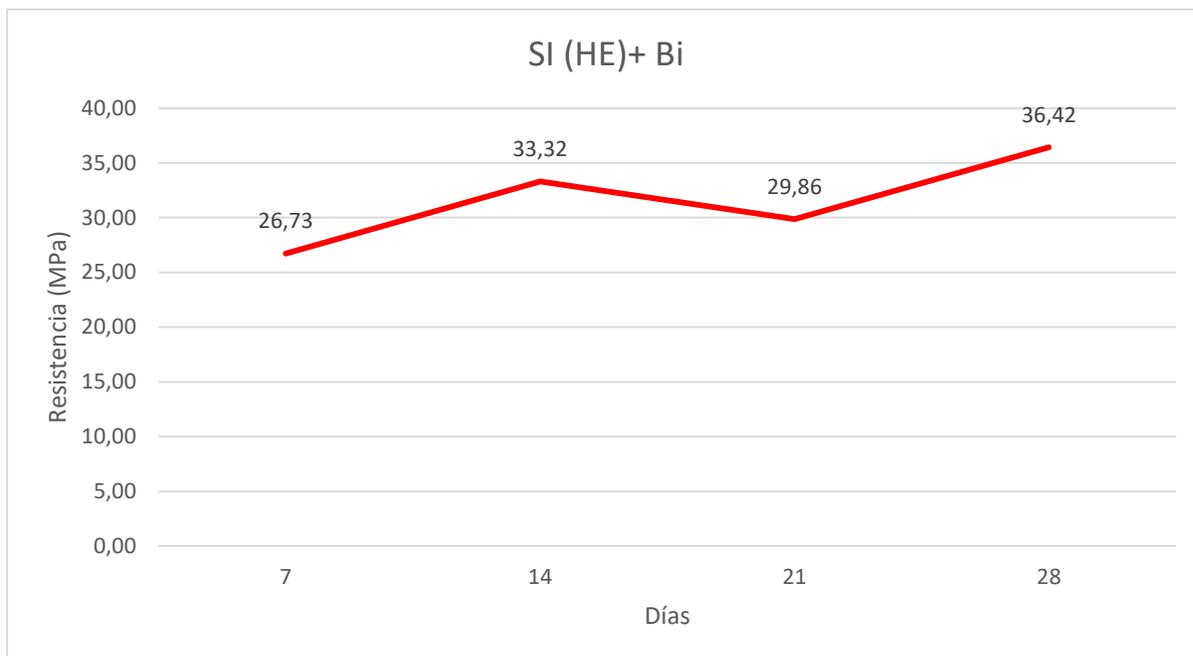
Por lo que es un mortero con propiedades en beneficio al fraguado temprano, sin embargo no refleja un buen comportamiento mecánico bajo cargas de compresión, lo cual lo convierte en un mortero poco competitivo en el campo de la ingeniería civil.

Los resultados se exponen en la tabla 27 y gráfica 13 correspondientemente.

**Tabla 27.** Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Santa Isabel

Dosificación		SI (HE)+ Bi
Días	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
7	66,82	26,73
14	83,29	33,32
21	74,66	29,86
28	91,05	36,42

**Elaborado por:** López Jonathan.



**Gráfica 13.** Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación SI (HE)+ Bi.

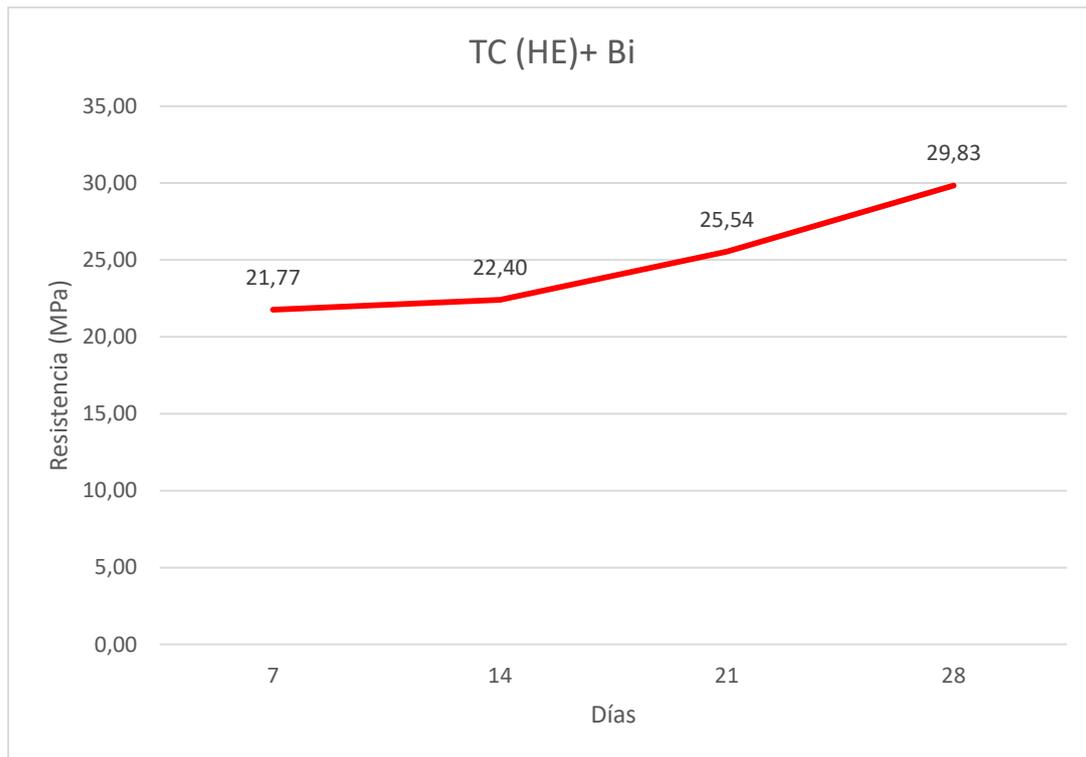
**Elaborado por:** López Jonathan

De Igual manera se evaluó de la mina Trópico de Capricornio teniendo los resultados expuestos en la tabla 28 y grafica 14, la cual claramente no pasa a ser un mortero competitivo, con un mal comportamiento mecánico bajo cargas de compresión y baja resistencia.

**Tabla 28.** Tabulación de Datos Evaluación Largo Plazo de Cubos, Mina Trópico de Capricornio

Dosificación		TC (HE)+ Bi
Días	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
7	54,41	21,77
14	56,01	22,40
21	63,85	25,54
28	74,58	29,83

**Elaborado por:** López Jonathan.



**Gráfica 14.** Evaluación a largo plazo (28 días), dosificación TC (HE)+ Bi.

**Elaborado por:** López Jonathan.

#### **5.1.2.11. Resultados Estadísticos**

Al concluir con los resultados realicé el análisis estadístico ANOVA y TUKEY de los morteros ensayados bajo cargas de compresión axial a corto plazo (6, 9 , 12 y 24 Horas), donde se determinó que no hay diferencias significativas, es decir, se lo considera como un empate técnico todas las dosificaciones expuestas anteriormente, mientras que en el análisis estadístico a largo plazo (7, 14, 21 y 28 Días), la mejor dosificación ante el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión axial, fue la mina Santa Isabel con su dosificación SI (HE), los detalles se exponen en el anexo 7.9.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Se determinó las propiedades físicas y químicas de la arena fina de las minas Santa Isabel y Trópico de Capricornio de la provincia de Pastaza, dando resultados favorables y aprobando las 2 arenas como aptas para realizar un mortero, sin embargo la que presento mejores cualidades fue la arena de la mina Santa Isabel cumpliendo con todas las solicitudes establecida en las diferentes normas aplicadas con un margen mínimo de error.

Se evaluó el comportamiento mecánico bajo cargas de compresión de un mortero elaborado con cemento Portland tipo I y HE, incluido bicarbonato de sodio obteniendo los siguientes resultados:

- Al realizar los ensayos de resistencia a compresión simple a edades de 7, 14, 21 y 28 días de las probetas con cemento Portland tipo I y HE, al incluir y no incluir Bicarbonato de Sodio, el resultado para la mina Santa Isabel fue la mayor resistencia a compresión axial, logrando llegar a 53,95 MPa en la dosificación “SI (HE)”.
- La mejor dosificación que contenía bicarbonato de sodio fue SI (HE)+ Bi, de la arena de río de la mina Santa Isabel, dando una resistencia a compresión axial máxima de 36,421Mpa a los 28 días.
- Al realizar ensayos a corto plazo se determinó que las dosificaciones que contenían bicarbonato de sodio fraguan más rápido que las que no contenían bicarbonato de sodio, sin embargo, estas dosificaciones no presentaron resistencia alguna hasta las 24 horas, debido a su la disgregación de las probetas al someterlas a cargas axiales de compresión.

- El comportamiento mecánico bajo cargas de compresión de la mina Trópico de Capricornio, fueron los más bajos debido a las características físicas, como las forma de las aristas, y químicas, como el contenido básico elemental del árido, es así que se obtuvo una resistencia máxima para la dosificación TC (HE), de 15,73 MPa y al incluir bicarbonato de sodio fue de 11,99 MPa correspondiente a la dosificación TC (HE)+ Bi.

## **6.2.Recomendaciones**

La presente investigación corresponde a una fase inicial de comportamientos mecánicos de morteros, considerando la evaluación bajo cargas de compresión por lo que hace falta determinar el comportamiento mecánico bajo fuerzas de corte, tracción y adhesión de mortero a futuras proyecciones.

Al realizar la investigación en la parte final accidentalmente se encontró un par de muestras de la dosificación sin bicarbonato de sodio dentro de la piscina de curado de los que contenían bicarbonato de sodio en la cual se formó una capa similar al hielo delgado y cuando se los ensayo la resistencia fue menor a los que se encontraban en la piscina de los morteros que no contenían bicarbonato de sodio, se recomienda analizar y estudiar el agua contaminada e influencia en el curado de morteros.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Águila Higuero, V. (2010). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE: VIDRIO, CARBONO Y ARAMIDA Trabajo Fin de Máster.*
- Alvarado Rodriguez, J. N. (2018). *Trabajo 2 - Características del concreto - Agua de Mezclado para el concreto.*
- ASTM. (2000). *ASTM\_C33\_ GRANULOMETRIA LIMITES.*
- Cañas, J. S. (2006). *DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO PORTLAND. (01).*
- Ch, R. C., C, M. C., & M, J. U. (2016). *Estudio del comportamiento mecánico del concreto simple elaborado con cascote de ladrillo.*
- Flores Tapia, P. R., & Nieto Nuñez, B. I. (2018). *Diseño de un mortero con arcillas, cemento Portland tipo I y HE incluyendo Fibras de coco para uso en impresoras 3D.* Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- García Tamayo, M., González Martínez, J. G., García Huerta, M. A., Campos Jimenez, M., & Márquez Rocha, M. L. (2011). *2-octilcianoacrilato y bicarbonato de sodio para osteosíntesis de arco.*
- Mariño Salguero. (2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO DISEÑO DE UN MORTERO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y HE INCLUIDA CAL HIDRÁULICA PARA SU USO EN IMPRESORAS 3D . Autor : Carmen Elizabeth Mariño Salguero Tutor : Ing . Javier Palacios Riobamba – Ecuador Año 2018.*
- NEC, C. (2011). No Title. *Mamposteria Estructural.*
- NTE INEN. (2009a). *CEMENTO HIDRÁULICO. Determinación de la resistencia a la compresión de cubos de 50mm de arista. 0488.*

NTE INEN. (2009b). *CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO. MÉTODO DE VICAT. 0158.*

NTE INEN. (2010). *Árido. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. 0856.*

NTE INEN. (2011). *Aridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. 0696.*

Torres Remón, R. (2016). *Diseño de hormigón para impresión en 3D. Universidad Politécnica de Valencia, 83.*

## 8. ANEXOS

### 8.1. Ensayos de Granulometría.

#### 8.1.1. Ensayos de Granulometría Mina Santa Isabel.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>ENSAYO:</b>	GRANULOMETRÍA					<b>Realizado por:</b>	
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH					Jonathan David López Tello	
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba						
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza					<b>Tutor de Tesis:</b>	
<b>MINA:</b>	Santa Isabel					Ing. Víctor Velásquez	
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI						
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	6/5/2019					<b>Hora:</b>	15H00
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	7/5/2019					<b>Hora:</b>	15H00
TABULACIÓN DE DATOS							
<b>Masa Recipiente (g)</b>	329					<b>Masa Inicial (g):</b>	900
<b>Tamices</b>	<b>Retenido Parcial + Recipiente</b>	<b>Retenido Parcial - Recipiente</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Límites Específicos Serie de Finos</b>	
Nº4	332	3	0,33	0,33	99,67	100	95
Nº8	337	8	0,89	1,22	98,78	100	80
Nº 16	380	51	5,67	6,89	93,11	85	50
Nº 30	513	184	20,44	27,33	72,67	60	25
Nº 50	674	345	38,33	65,67	34,33	30	5
Nº 100	576	247	27,44	93,11	6,89	10	0
Nº200	378	49	5,44	98,56	1,44	0	0
Bandeja	342	13	1,44	100,00	0,00		
Total	3532	900	100,00				
<b>MODULO DE FINURA</b>	2,931						

### 8.1.2. Ensayos de Granulometría Mina Trópico de Capricornio.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>ENSAYO:</b>	GRANULOMETRÍA					<b>Realizado por:</b>	
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH					Jonathan David López Tello	
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba						
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza					<b>Tutor de Tesis:</b>	
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio					Ing. Víctor Velásquez	
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC						
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	6/5/2019					<b>Hora:</b>	16H00
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	7/5/2019					<b>Hora:</b>	16H00
TABULACIÓN DE DATOS							
<b>Masa Recipiente (g)</b>	329					<b>Masa Inicial (g):</b>	900
<b>Tamices</b>	<b>Retenido Parcial + Recipiente</b>	<b>Retenido Parcial - Recipiente</b>	<b>%Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Límites Específicos Serie de Finos</b>	
Nº4	334	334	9,46	9,46	90,54	100	95
Nº8	336	336	9,51	18,97	81,03	100	80
Nº 16	343	343	9,71	28,68	71,32	85	50
Nº 30	373	373	10,56	39,24	60,76	60	25
Nº 50	786	786	22,25	61,49	38,51	30	5
Nº 100	633	633	17,92	79,42	20,58	10	0
Nº200	389	389	11,01	90,43	9,57	0	0
Bandeja	338	338	9,57	100,00	0,00		
Total	3532	3532	100,00				
<b>MODULO DE FINURA</b>		3,28					

## 8.2. Ensayos de Contenido de Humedad.

### 8.2.1. Ensayos de Contenido de Humedad mina Santa Isabel.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>ENSAYO:</b>	Ensayo Contenido de Humedad			<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH			Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba					
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza			<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel			Ing. Víctor Velásquez		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI					
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	6/5/2019			<b>Hora:</b>	14H00	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	7/5/2019			<b>Hora:</b>	14H00	
<b>TABULACIÓN DE DATOS</b>						
<b>TARAS 1-4</b>						
<b>Recipientes</b>	<b>Masa Rec. (g)</b>	<b>Masa Rec + Mn (g)</b>	<b>Masa Rec + Ms (g)</b>	<b>Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Seca (g)</b>	<b>%Humedad</b>
<b>Tara 1</b>	0,018	0,083	0,079	0,065	0,061	6,15
<b>Tara 2</b>	0,018	0,078	0,075	0,06	0,057	5,00
<b>Tara 3</b>	0,018	0,079	0,075	0,061	0,057	6,56
<b>Tara 4</b>	0,018	0,084	0,079	0,066	0,061	7,58
<b>Humedad Promedio</b>		6,32				

**8.2.2. Ensayos de Contenido de Humedad mina Trópico de Capricornio.**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>ENSAYO:</b>	Ensayo Contenido de Humedad			<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH			Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba					
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza			<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio			Ing. Víctor Velásquez		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC					
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	6/5/2019			<b>Hora:</b>	11H00	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	7/5/2019			<b>Hora:</b>	11H00	
TABULACIÓN DE DATOS						
TARAS 1-4						
Recipientes	Masa Rec. (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec + Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	%Humedad
Tara 1	0,018	0,083	0,079	0,065	0,061	6,15
Tara 2	0,018	0,078	0,075	0,06	0,057	5,00
Tara 3	0,018	0,079	0,075	0,061	0,057	6,56
Tara 4	0,018	0,084	0,079	0,066	0,061	7,58
<b>Humedad Promedio</b>		6,32				

### 8.3. Ensayos de Densidad y Porcentaje de Absorción.

#### 8.3.1. Ensayos de Densidad y Porcentaje de Absorción Mina Santa

Isabel.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>ENSAYO:</b>	Ensayo Densidad		<b>Realizado por:</b>	
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH		Jonathan David López Tello	
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza		<b>Tutor de Tesis:</b>	
<b>MINA:</b>	Santa Isabel		Ing. Víctor Velásquez	
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	8/5/2019		<b>Hora:</b>	17H00
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	9/5/2019		<b>Hora:</b>	17H00
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Muestra 1</b>				
<b>Peso Bandeja (P)</b>	<b>Muestra seca al Horno (A)</b>	<b>Picnómetro + agua (B)</b>	<b>Picnómetro + agua + materia SSS (C)</b>	<b>Peso Bandeja + arena Seca (S)</b>
330	481	1271	1584	500
<b>Densidad Relativa SH (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2565,76			
<b>Densidad en SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2667,11			
<b>Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2855,94			
<b>% de Absorción</b>	3,950			

### 8.3.2. Ensayos de Densidad y Porcentaje de Absorción Mina

#### Trópico de Capricornio.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>ENSAYO:</b>	Ensayo Densidad		<b>Realizado por:</b>	
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH		Jonathan David López Tello	
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza		<b>Tutor de Tesis:</b>	
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio		Ing. Víctor Velásquez	
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	8/5/2019		<b>Hora:</b>	16H00
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	9/5/2019		<b>Hora:</b>	16H00
<b>TABULACIÓN DE DATOS</b>				
<b>Muestra 1</b>				
<b>Peso Bandeja (P)</b>	<b>Muestra seca al Horno (A)</b>	<b>Picnómetro + agua (B)</b>	<b>Picnómetro + agua + materia SSS (C)</b>	<b>Peso Bandeja + arena Seca (S)</b>
215	486	1271	1588	500
<b>Densidad Relativa SH (kg/m<sup>3</sup>)</b>	169,56			
<b>Densidad en SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	554,05			
<b>Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	275,92			
<b>% de Absorción</b>	2,881			

## 8.4. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia.

### 8.4.1. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Santa Isabel.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**ENSAYO: TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA.**

<b>Trabajabilidad y consistencia Dosificación SI (HI)</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	1.20
30	1.20
30	1.00

<b>Trabajabilidad y consistencia Dosificación SI (HE)</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	0.90
30	1.20
30	1.00

**8.4.2. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Santa Isabel,  
incluido Bicarbonato de Sodio.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**ENSAYO: TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA.**

<b>Trabajabilidad y consistencia Dosificación SI (HI)+ Bi</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	0.80
30	0.90
30	0.80

<b>Trabajabilidad y consistencia Dosificación SI(HE)+ Bi</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	1.20
30	1.20
30	1.20

### 8.4.3. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Trópico de Capricornio.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**ENSAYO: TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA.**

Trabajabilidad y consistencia Dosificación <b>TC (HI)</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	1.20
30	1.10
30	1.00

Trabajabilidad y consistencia Dosificación <b>TC (HE)</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	0.90
30	1.20
30	0.90
30	1.00

**8.4.4. Ensayos de Trabajabilidad y Consistencia Mina Trópico de Capricornio, incluido Bicarbonato de Sodio.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**ENSAYO: TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA.**

<b>Trabajabilidad y consistencia Dosificación TC (HI)+ Bi</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	0.60
30	0.40
30	0.70
30	0.60

<b>Trabajabilidad y consistencia Dosificación TC (HE)+ Bi</b>	
<b>Tiempo (S)</b>	<b>Penetración (cm)</b>
30	1.00
30	0.90
30	0.90
30	1.00

## 8.5. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT.

### 8.5.1. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina

Santa Isabel.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

ENSAYO: VELOCIDAD DE FRAGUADO MÉTODO VICAT.

Dosificación	SI (HI)	
Altura tope de la Aguja (cm)	3,6	
Tiempo Inicial	Datos de Marcador VICAT (mm)	Penetración de la aguja de VICAT (mm)
1	0	36
	0	36
	0	36
	0	36
10	3	33
	4	32
	6	30
	4	32
15	6	30
	5	31
	6	30
	6	30
20	10	26
	8	28
	10	26
	9	27
30	12	24
	15	21
	15	21
	16	20
40	20	16
	22	14
	20	16
	21	15
50	22	14
	24	12
	22	14
	23	13
60	28	8
	29	7
	28	8
	27	9
70	30	6
	31	5

	30	6
	29	7
80	32	4
	33	3
	33	3
	34	2
90	34	2
	35	1
	36	0
100	35	1
	36	0
	36	0
	36	0

<b>Dosificación</b>	<b>SI (HE)</b>	
<b>Altura tope de la Aguja (cm)</b>	3,9	
<b>Tiempo Inicial</b>	<b>Datos de Marcador VICAT(mm)</b>	<b>Penetración de la aguja de VICAT (mm)</b>
1	0	39
	0	39
	0	39
	0	39
10	6	33
	13	26
	14	25
	10	29
15	15	24
	16	23
	18	21
	16	23
20	18	21
	16	23
	18	21
	17	22
30	26	13
	23	16
	26	13
	32	7
40	26	13
	27	12
	32	7
	28	11
50	26	13

	30	9
	34	5
	32	7
60	34	5
	32	7
	35	4
	35	4
70	34	5
	35	4
	39	0
	36	3
80	39	0
	39	0
	39	0
	39	0

### 8.5.2. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina

Santa Isabel, incluido Bicarbonato de Sodio.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

ENSAYO: VELOCIDAD DE FRAGUADO MÉTODO VICAT.

Dosificación	SI (HI)+ Bi	
Altura tope de la Aguja (cm)	3,6	
Tiempo Inicial	Datos de Marcador VICAT (mm)	Penetración de la aguja de VICAT (mm)
1	0	36
	0	36
	0	36
	0	36
10	6	30
	8	28
	10	26
	8	28
15	10	26
	12	24
	10	26
	12	24
20	16	20
	18	18
	18	18
	16	20
30	22	14
	24	12
	22	14
	23	13
40	28	8
	27	9
	28	8
	26	10
50	30	6
	32	4
	31	5
	32	4
60	34	2
	33	3
	35	1
	34	2
70	36	0
	36	0

	36	0
	36	0
<b>Dosificación</b>	<b>SI (HE)+ Bi</b>	
<b>Altura tope de la Aguja (cm)</b>	3,8	
<b>Tiempo Inicial</b>	<b>Datos de Marcador VICAT(mm)</b>	<b>Penetración de la aguja de VICAT (mm)</b>
1	0	38
	0	38
	0	38
	0	38
10	8	30
	10	28
	12	26
	8	30
15	13	25
	14	24
	13	25
	14	24
20	18	20
	20	18
	20	18
	21	17
30	31	7
	32	6
	31	7
	31	7
40	34	4
	36	2
	35	3
	35	3
50	38	0
	38	0
	38	0
	38	0

**8.5.3. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina  
Trópico de Capricornio.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**ENSAYO: VELOCIDAD DE FRAGUADO MÉTODO VICAT.**

<b>Dosificación</b>	<b>TC (HI)</b>	
<b>Altura tope de la Aguja (cm)</b>	3,6	
<b>Tiempo Inicial</b>	<b>Datos de Marcador VICAT(mm)</b>	<b>Penetración de la aguja de VICAT (mm)</b>
1	0	36
	0	36
	0	36
	0	36
10	1	35
	3	33
	1	35
	1	35
15	5	31
	6	30
	5	31
	5	31
20	10	26
	10	26
	10	26
	12	24
30	15	21
	16	20
	15	21
	14	22
40	17	19
	18	18
	17	19
	16	20
50	25	11
	27	9
	23	13
	26	10
60	30	6
	30	6
	30	6
	30	6
70	31	5

70	30	6
	32	4
	31	5
80	32	4
	33	3
	32	4
	33	3
90	33	3
	34	2
	34	2
	33	3
100	35	1
	36	0
	35	1
	36	0
110	36	0
	35	1
	36	0
	35	1
120	36	0
	36	0
	36	0
	36	0

<b>Dosificación</b>	<b>TC (HE)</b>	
<b>Altura tope de la Aguja (cm)</b>	3,7	
<b>Tiempo Inicial</b>	<b>Datos de Marcador VICAT(mm)</b>	<b>Penetración de la aguja de VICAT (mm)</b>
1	0	37
	0	37
	0	37
	0	37
10	5	32
	4	33
	5	32
	6	31
15	10	27
	8	29
	8	29
	9	28
20	12	25
	12	25
	10	27

	11	26
30	18	19
	16	21
	18	19
	17	20
40	22	15
	25	12
	22	15
	24	13
50	30	7
	29	8
	28	9
	30	7
60	32	5
	34	3
	33	4
	33	4
70	35	2
	34	3
	35	2
	35	2
80	35	2
	36	1
	37	0
	36	1
90	37	0
	37	0
	37	0
	37	0

**8.5.4. Ensayos de velocidad de Fraguado Método VICAT Mina  
Trópico de Capricornio, incluido Bicarbonato de Sodio.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

ENSAYO: VELOCIDAD DE FRAGUADO MÉTODO VICAT.

<b>Dosificación</b>	<b>TC (HI)+ Bi</b>	
<b>Altura tope de la Aguja (cm)</b>	3,6	
<b>Tiempo Inicial</b>	<b>Datos de Marcador VICAT(mm)</b>	<b>Penetración de la aguja de VICAT (mm)</b>
1	0	36
	0	36
	0	36
	0	36
10	3	33
	3	33
	2	34
	2	34
15	6	30
	5	31
	4	32
	5	31
20	8	28
	9	27
	8	28
	10	26
30	12	24
	14	22
	12	24
	14	22
40	15	21
	16	20
	15	21
	16	20
50	22	14
	23	13
	24	12
	23	13
60	28	8
	30	6
	29	7
	30	6
70	34	2
	32	4
	33	3
	32	4

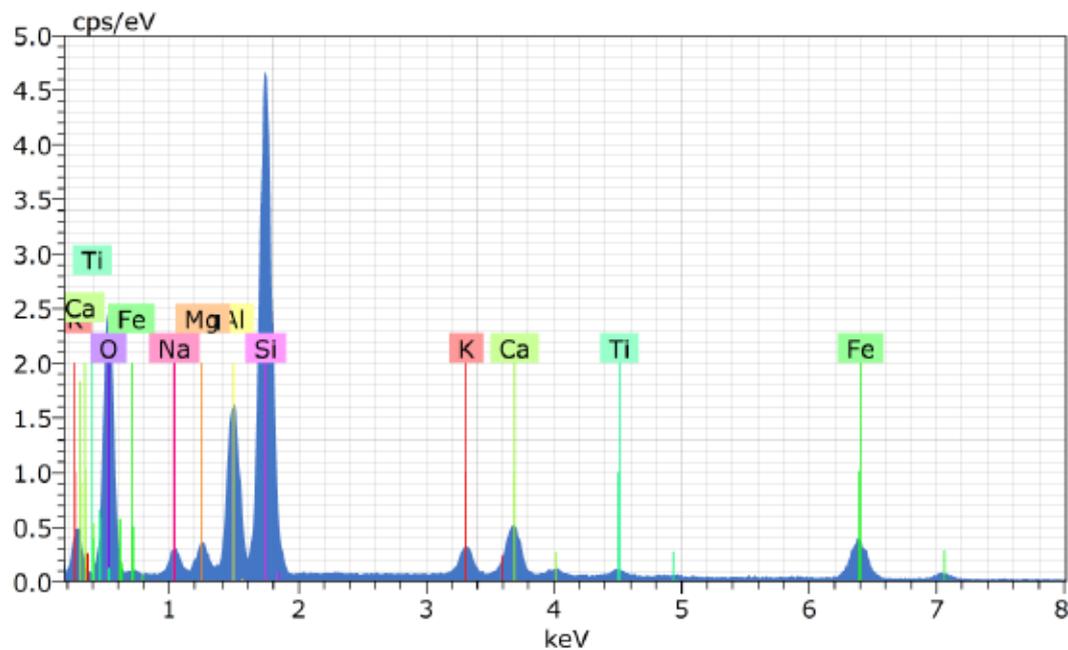
80	36	0
	35	1
	36	0
	34	2
90	36	0
	36	0
	36	0
	36	0

<b>Dosificación</b>	<b>TC (HE)+ Bi</b>	
<b>Altura tope de la Aguja (cm)</b>	3,7	
<b>Tiempo Inicial</b>	<b>Datos de Marcador VICAT(mm)</b>	<b>Penetración de la aguja de VICAT (mm)</b>
1	0	37
	0	37
	0	37
	0	37
10	10	27
	12	25
	12	25
	10	27
15	16	21
	15	22
	14	23
	15	22
20	16	21
	17	20
	18	19
	16	21
30	18	19
	20	17
	21	16
	20	17
40	23	14
	22	15
	24	13
	22	15
50	26	11
	28	9
	26	11
	28	9
60	30	7
	32	5
	33	4
	32	5

70	36	1
	34	3
	35	2
	36	1
80	37	0
	37	0
	37	0
	37	0

## 8.6. Análisis Químico de los Agregados.

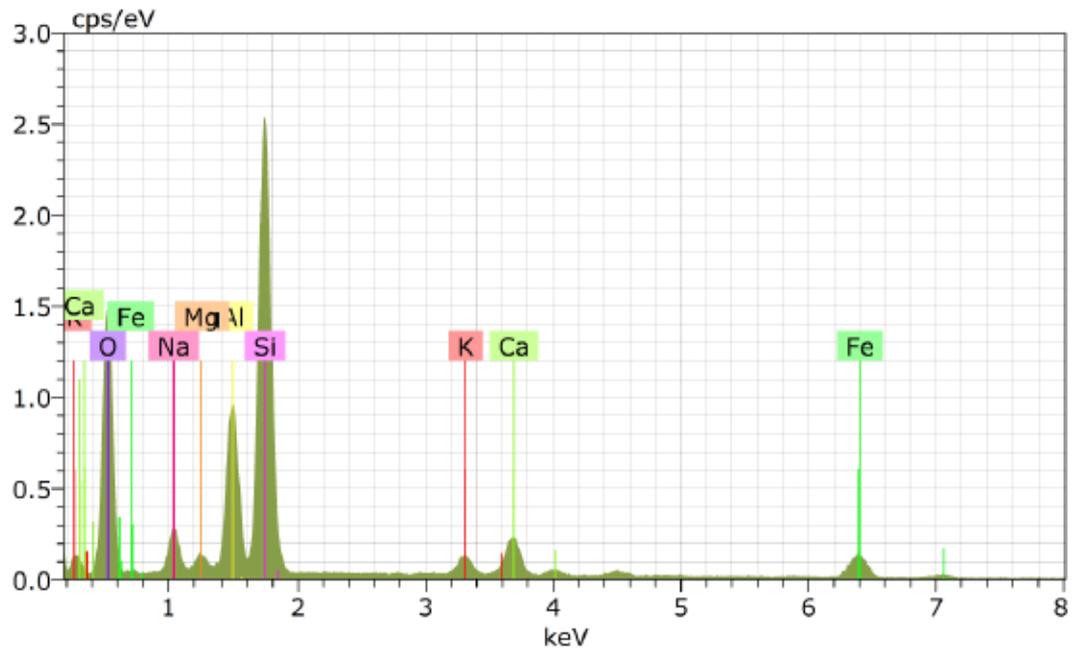
### 8.6.1. Análisis Químico de los Agregados Mina Trópico de Capricornio.



Spectrum: 120919 155 Mina Tropico de Capricornio

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	64.69	56.87	70.92	7.91
Si	14	K-series	24.20	21.28	15.11	1.11
Al	13	K-series	9.04	7.95	5.88	0.49
Fe	26	K-series	4.32	3.80	1.36	0.14
Ca	20	K-series	3.53	3.10	1.55	0.14
Na	11	K-series	3.35	2.94	2.55	0.27
Mg	12	K-series	2.25	1.98	1.63	0.17
K	19	K-series	1.79	1.57	0.80	0.09
Ti	22	K-series	0.58	0.51	0.21	0.05
Total:			113.75	100.00	100.00	

### 8.6.2. Análisis Químico de los Agregados Mina Santa Isabel.



Spectrum: 120919 154 Mina Santa Isabel

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	71.11	57.35	70.74	8.60
Si	14	K-series	25.86	20.85	14.65	1.18
Al	13	K-series	10.41	8.39	6.14	0.55
Na	11	K-series	6.19	5.00	4.29	0.47
Fe	26	K-series	3.91	3.16	1.12	0.14
Ca	20	K-series	3.29	2.66	1.31	0.13
Mg	12	K-series	1.78	1.43	1.16	0.14
K	19	K-series	1.45	1.17	0.59	0.08
Total:			124.00	100.00	100.00	

## 8.7. Ensayos de Compresión a corto Plazo (24 Horas).

### 8.7.1. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Santa Isabel.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HI)			
<b>Horas</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
6	13H00	2500	2,10	0,84
9	16H00	2500	6,60	2,64
12	19H00	2500	12,62	5,05
24	07H00	2500	46,36	18,54
			Máx.	18,54

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HE)			
<b>Horas</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
6	13H00	2500	3,00	1,20
9	16H00	2500	6,67	2,67
12	19H00	2500	16,32	6,53
24	07H00	2500	49,41	19,76
			Máx.	19,76

**8.7.2. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Santa Isabel  
incluido Bicarbonato de Sodio.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HI)+ Bi			
Horas	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
6	13H00	2500	0	0,00
9	16H00	2500	0	0,00
12	19H00	2500	4,93	1,97
24	07H00	2500	7,55	3,02
			Máx.	3,02

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HE)+ Bi			
Horas	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
6	13H00	2500	0,00	0,00
9	16H00	2500	0,00	0,00
12	19H00	2500	9,25	3,70
24	07H00	2500	45,48	18,19
			Máx.	18,19

**8.7.3. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Trópico de Capricornio.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HI)			
<b>Horas</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
6	13H00	2500	1,80	0,72
9	16H00	2500	5,40	2,16
12	19H00	2500	7,33	2,93
24	07H00	2500	38,82	15,53
			Máx.	15,53

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HE)			
<b>Horas</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
6	13H00	2500	2,10	0,84
9	16H00	2500	6,10	2,44
12	19H00	2500	12,47	4,99
24	07H00	2500	39,32	15,73
			Máx.	15,73

**8.7.4. Ensayos de Compresión a corto Plazo Mina Trópico de Capricornio incluido Bicarbonato de Sodio.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HI)+ Bi			
Horas	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
6	13H00	2500	0,00	0,00
9	16H00	2500	0,00	0,00
12	19H00	2500	2,25	0,90
24	07H00	2500	6,83	2,73
			Máx.	2,73

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HE)+ Bi			
Horas	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
6	13H00	2500	0,00	0,00
9	16H00	2500	0,00	0,00
12	19H00	2500	5,75	2,30
24	07H00	2500	29,98	11,99
			Máx.	11,99

## 8.8. Ensayos de Compresión a largo Plazo (28 días).

### 8.8.1. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Santa Isabel.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HI)			
Días	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
7	9H00	2500	87,60	35,04
14	9H00	2500	78,07	31,23
21	9H00	2500	111,95	44,78
28	9H00	2500	110,28	44,11
			Máx.	44,78

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HE)			
Días	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
7	9H00	2500	87,40	34,96
14	9H00	2500	109,84	43,94
21	9H00	2500	119,49	47,80
28	9H00	2500	134,87	53,95
			Máx.	53,95

**8.8.2. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Santa Isabel  
incluido Bicarbonato de Sodio.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HI)+ Bi			
Días	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
7	9H00	2500	55,57	22,23
14	9H00	2500	71,25	28,50
21	9H00	2500	66,24	26,50
28	9H00	2500	74,58	29,83
			Máx.	29,83

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Santa Isabel	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	SI			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	SI (HE)+ Bi			
Días	Hora de Ensayo	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia (MPa)
7	9H00	2500	66,82	26,73
14	9H00	2500	83,29	33,32
21	9H00	2500	74,66	29,86
28	9H00	2500	91,0525	36,421
			Máx.	36,42

**8.8.3. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Trópico de Capricornio.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HI)			
<b>Días</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
7	9H00	2500	62,20	24,88
14	9H00	2500	80,39	32,15
21	9H00	2500	94,17	37,67
28	9H00	2500	93,45	37,38
			Máx.	37,67

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HE)			
<b>Días</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
7	9H00	2500	71,80	28,72
14	9H00	2500	83,65	33,46
21	9H00	2500	109,55	43,82
28	9H00	2500	119,57	47,83
			Máx.	47,83

**8.8.4. Ensayos de Compresión a largo Plazo Mina Trópico de Capricornio incluido Bicarbonato de Sodio.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HI)+ Bi			
<b>Días</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
7	9H00	2500	43,68	17,47
14	9H00	2500	48,54	19,42
21	9H00	2500	61,58	24,63
28	9H00	2500	66,97	26,79
			Máx.	26,79

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO:</b>	Compresión de Cubos (50x50) mm	<b>Realizado por:</b>		
<b>LABORATORIO:</b>	Laboratorio de Ingeniería civil UNACH	Jonathan David López Tello		
<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo Cantón Riobamba			
<b>MUESTRA:</b>	Arena de Río, Provincia de Pastaza	<b>Tutor de Tesis:</b>		
<b>MINA:</b>	Trópico de Capricornio	Ing. Javier Palacios		
<b>NOMENCLATURA:</b>	TC			
TABULACIÓN DE DATOS				
<b>Tipo de evaluación:</b>	Temprana (24 Horas)			
<b>PROBETA:</b>	TC (HE)+ Bi			
<b>Días</b>	<b>Hora de Ensayo</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga(KN)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
7	9H00	2500	54,41	21,77
14	9H00	2500	56,01	22,40
21	9H00	2500	63,85	25,54
28	9H00	2500	74,58	29,83
			Máx.	29,83

## 8.9. Análisis Estadístico.

### 8.9.1. Análisis Estadístico a Corto Plazo.

Tipo de evaluación:	Temprana (24 Horas)		DOSIFICACIÓN:					
HORAS	SI (HI) Resistencia (MPa)	SI (HE) Resistencia (MPa)	SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)
6	0,84	1,20	0,00	0,00	0,72	0,84	0,00	0,00
9	2,64	2,67	0,00	0,00	2,16	2,44	0,00	0,00
12	5,05	6,53	1,97	3,70	2,93	4,99	0,90	2,30
24	18,54	19,76	3,02	18,19	15,53	15,73	2,73	11,99

### ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	170,1541502	7	24,30773574	0,572741941	<b>0,770778454</b>	2,422628533	0,37839858	0,103098571
Within Groups	1018,583791	24	42,44099129					
Total	1188,737941	31	38,3463852					

### TUKEY HSD/KRAMER

group	mean	n	ss	df	q-crit
SI (HI) Resistencia (MPa)	6,77	4	193,8141		
SI (HE) Resistencia (MPa)	7,54	4	214,3497		
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	1,25	4	6,776275		
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	5,47	4	224,7731		
TC (HI) Resistencia (MPa)	5,33	4	141,0136		

TC (HE) Resistencia (MPa)	6,00	4	134,9807
TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	0,91	4	4,961388
TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	3,57	4	97,91492
		32	1018,584
		24	4,684

Q  
TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower r	upper	p-value	mean-crit	Cohe n d	Conclusión
SI (HI) Resistencia (MPa)	SI (HE) Resistencia (MPa)	0,772 1	3,2573 38	0,2370 34	- 14,48 53	16,029 47	<b>1</b>	15,257 37	0,1185 17	NO HAY DIF
SI (HI) Resistencia (MPa)	SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	5,520 5	3,2573 38	1,6947 89	- 9,736 87	20,777 87	<b>0,9246 07</b>	15,257 37	0,8473 95	NO HAY DIF
SI (HI) Resistencia (MPa)	SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	1,295 5	3,2573 38	0,3977 17	- 13,96 19	16,552 87	<b>0,9999 91</b>	15,257 37	0,1988 59	NO HAY DIF
SI (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) Resistencia (MPa)	1,433 7	3,2573 38	0,4401 45	- 13,82 37	16,691 07	<b>0,9999 81</b>	15,257 37	0,2200 72	NO HAY DIF
SI (HI) Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	0,768 7	3,2573 38	0,2359 9	- 14,48 87	16,026 07	<b>1</b>	15,257 37	0,1179 95	NO HAY DIF
SI (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	5,861	3,2573 38	1,7993 22	- 9,396 37	21,118 37	<b>0,9002 61</b>	15,257 37	0,8996 61	NO HAY DIF
SI (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	3,196 75	3,2573 38	0,9814	- 12,06 06	18,454 12	<b>0,9963 92</b>	15,257 37	0,4907	NO HAY DIF
SI (HE) Resistencia (MPa)	SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	6,292 6	3,2573 38	1,9318 23	- 8,964 77	21,549 97	<b>0,8634 45</b>	15,257 37	0,9659 12	NO HAY DIF
SI (HE) Resistencia (MPa)	SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	2,067 6	3,2573 38	0,6347 52	- 13,18	17,324 97	<b>0,9997 8</b>	15,257 37	0,3173 76	NO HAY

cia (MPa)	Resisten cia (MPa)				98					DIF
SI (HE) Resisten cia (MPa)	TC (HI) Resisten cia (MPa)	2,205 8	3,2573 38	0,6771 79	13,05 16	17,463 17	<b>0,9996 63</b>	15,257 37	0,3385 89	NO HAY DIF
SI (HE) Resisten cia (MPa)	TC (HE) Resisten cia (MPa)	1,540 8	3,2573 38	0,4730 24	13,71 66	16,798 17	<b>0,9999 7</b>	15,257 37	0,2365 12	NO HAY DIF
SI (HE) Resisten cia (MPa)	TC (HI) +BI Resisten cia (MPa)	6,633 1	3,2573 38	2,0363 56	8,624 27	21,890 47	<b>0,8299 3</b>	15,257 37	1,0181 78	NO HAY DIF
SI (HE) Resisten cia (MPa)	TC (HI) +BI Resisten cia (MPa)	3,968 85	3,2573 38	1,2184 34	11,28 85	19,226 22	<b>0,9868 96</b>	15,257 37	0,6092 17	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resisten cia (MPa)	SI (HE) +BI Resisten cia (MPa)	4,225	3,2573 38	1,2970 72	11,03 24	19,482 37	<b>0,9813 16</b>	15,257 37	0,6485 36	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resisten cia (MPa)	TC (HI) Resisten cia (MPa)	4,086 8	3,2573 38	1,2546 44	11,17 06	19,344 17	<b>0,9845 1</b>	15,257 37	0,6273 22	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resisten cia (MPa)	TC (HE) Resisten cia (MPa)	4,751 8	3,2573 38	1,4587 99	10,50 56	20,009 17	<b>0,9645 89</b>	15,257 37	0,7293 99	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resisten cia (MPa)	TC (HI) +BI Resisten cia (MPa)	0,340 5	3,2573 38	0,1045 33	14,91 69	15,597 87	<b>1</b>	15,257 37	0,0522 67	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resisten cia (MPa)	TC (HI) +BI Resisten cia (MPa)	2,323 75	3,2573 38	0,7133 89	12,93 36	17,581 12	<b>0,9995 26</b>	15,257 37	0,3566 95	NO HAY DIF
SI (HE) +BI Resisten cia (MPa)	TC (HI) Resisten cia (MPa)	0,138 2	3,2573 38	0,0424 27	15,11 92	15,395 57	<b>1</b>	15,257 37	0,0212 14	NO HAY DIF
SI (HE) +BI	TC (HE)	0,526 8	3,2573 38	0,1617 27	- 14,73	15,784 17	<b>1</b>	15,257 37	0,0808 64	NO HAY

Resistencia (MPa)	Resistencia (MPa)				06					DIF
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	4,5655	3,257338	1,401605	10,6919	19,82287	<b>0,971393</b>	15,25737	0,700802	NO HAY DIF
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	1,90125	3,257338	0,583682	13,3561	17,15862	<b>0,999874</b>	15,25737	0,291841	NO HAY DIF
TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	0,665	3,257338	0,204154	14,5924	15,92237	<b>1</b>	15,25737	0,102077	NO HAY DIF
TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	4,4273	3,257338	1,359178	10,8301	19,68467	<b>0,975794</b>	15,25737	0,679589	NO HAY DIF
TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	1,76305	3,257338	0,541255	13,4943	17,02042	<b>0,999924</b>	15,25737	0,270627	NO HAY DIF
TC (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	5,0923	3,257338	1,563332	10,1651	20,34967	<b>0,949351</b>	15,25737	0,781666	NO HAY DIF
TC (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	2,42805	3,257338	0,745409	12,8293	17,68542	<b>0,999369</b>	15,25737	0,372705	NO HAY DIF
TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	2,66425	3,257338	0,817923	12,5931	17,92162	<b>0,998852</b>	15,25737	0,408961	NO HAY DIF

### 8.9.2. Análisis Estadístico a Largo Plazo.

Tipo de evaluación:	Largo Plazo (28 Días)							
DOSIFICACIÓN:								
HORAS	SI (HI) Resistencia (MPa)	SI (HE) Resistencia (MPa)	SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)
6	35,04	34,96	29,83	33,61	24,88	28,72	26,79	29,83
9	31,23	43,94	28,85	36,42	32,15	33,46	24,78	29,02
12	44,78	47,80	28,65	33,01	37,67	43,82	24,27	28,97
24	44,11	53,95	27,45	33,54	37,38	47,83	24,51	28,71

#### ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	1198,291	7	171,1844	6,008241	<b>0,000401</b>	2,422628	1,225585	0,522798
Within Groups	683,7987	24	28,49161					
Total	1882,090	31	60,71258					

#### TUKEY HSD/KRAMER

group	mean	n	ss	df	q-crit
SI (HI) Resistencia (MPa)	38,79	4	135,457487		
SI (HE) Resistencia (MPa)	45,16	4	189,737988		
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	28,69	4	2,863072		
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	34,15	4	7,11558475		
TC (HI) Resistencia (MPa)	33,02	4	107,617021		
TC (HE) Resistencia (MPa)	38,46	4	236,323986		
TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	25,09	4	3,977875		
TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	29,13	4	0,705697		
		32	683,798711	24	4,684

**Q  
TEST**

<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>std err</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p- value</i>	<i>mean- crit</i>	<i>Cohen d</i>	<i>Concl usión</i>
SI (HI) Resist encia (MPa)	SI (HE) Resist encia (MPa)	6,371 8	2,6688 7678	2,3874 4631	- 6,1292 1882	18,872 8188	<b>0,6943 3228</b>	12,501 0188	1,1937 2315	NO HAY DIF
SI (HI) Resist encia (MPa)	SI (HI) +BI Resist encia (MPa)	10,09 5	2,6688 7678	3,7824 9011	- 2,4060 1882	22,596 0188	<b>0,1787 4762</b>	12,501 0188	1,8912 4505	NO HAY DIF
SI (HI) Resist encia (MPa)	SI (HE) +BI Resist encia (MPa)	4,643 25	2,6688 7678	1,7397 7684	- 7,8577 6882	17,144 2688	<b>0,9146 4236</b>	12,501 0188	0,8698 8842	NO HAY DIF
SI (HI) Resist encia (MPa)	TC (HI) Resist encia (MPa)	5,768 45	2,6688 7678	2,1613 7742	- 6,7325 6882	18,269 4688	<b>0,7852 116</b>	12,501 0188	1,0806 8871	NO HAY DIF
SI (HI) Resist encia (MPa)	TC (HE) Resist encia (MPa)	0,332	2,6688 7678	0,1243 969	- 12,169 0188	12,833 0188	<b>1</b>	12,501 0188	0,0621 9845	NO HAY DIF
SI (HI) Resist encia (MPa)	TC (HI) +BI Resist encia (MPa)	13,70 15	2,6688 7678	5,1338 0765	1,2004 8118	26,202 5188	<b>0,0246 9655</b>	12,501 0188	2,5669 0382	<b>SI HAY DIF</b>
SI (HI) Resist encia (MPa)	TC (HI) +BI Resist encia (MPa)	9,654 5	2,6688 7678	3,6174 394	- 2,8465 1882	22,155 5188	<b>0,2196 8551</b>	12,501 0188	1,8087 197	NO HAY DIF
SI (HE) Resist encia (MPa)	SI (HI) +BI Resist encia (MPa)	16,46 68	2,6688 7678	6,1699 3641	3,9657 8118	28,967 8188	<b>0,0044 0656</b>	12,501 0188	3,0849 6821	SI HAY DIF
SI (HE) Resist encia (MPa)	SI (HE) +BI Resist encia (MPa)	11,01 505	2,6688 7678	4,1272 2315	- 1,4859 6882	23,516 0688	<b>0,1127 7424</b>	12,501 0188	2,0636 1157	NO HAY DIF
SI (HE) Resist encia	TC (HI) Resist	12,14 025	2,6688 7678	4,5488 2373	- 0,3607	24,641 2688	<b>0,0613 12</b>	12,501 0188	2,2744 1186	NO HAY

encia (MPa)	encia (MPa)				6882					DIF
SI (HE) Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	6,7038	2,66887678	2,51184321	5,79721882	19,2048188	<b>0,64075342</b>	12,5010188	1,2559216	NO HAY DIF
SI (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	20,0733	2,66887678	7,52125395	7,57228118	32,5743188	<b>0,00042751</b>	12,5010188	3,76062698	SI HAY DIF
SI (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	16,0263	2,66887678	6,00488571	3,52528118	28,5273188	<b>0,00583533</b>	12,5010188	3,00244285	SI HAY DIF
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	5,45175	2,66887678	2,04271327	7,04926882	17,9527688	<b>0,82777239</b>	12,5010188	1,02135663	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) Resistencia (MPa)	4,32655	2,66887678	1,62111269	8,17446882	16,8275688	<b>0,93926669</b>	12,5010188	0,81055634	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	9,763	2,66887678	3,65809321	2,73801882	22,2640188	<b>0,2090002</b>	12,5010188	1,8290466	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	3,6065	2,66887678	1,35131754	8,89451882	16,1075188	<b>0,97655176</b>	12,5010188	0,67565877	NO HAY DIF
SI (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	0,4405	2,66887678	0,16505071	12,0605188	12,9415188	<b>0,99999998</b>	12,5010188	0,08252535	NO HAY DIF
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) Resistencia (MPa)	1,1252	2,66887678	0,42160058	11,3758188	13,6262188	<b>0,99998611</b>	12,5010188	0,21080029	NO HAY DIF
SI (HE) +BI Resistencia	TC (HE) Resistencia	4,31125	2,66887678	1,61537994	8,18976882	16,8122688	<b>0,94032198</b>	12,5010188	0,80768997	NO HAY DIF

(MPa)	(MPa)									
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	9,058 25	2,6688 7678	3,3940 3081	3,4427 6882	21,559 2688	<b>0,2855</b> <b>9765</b>	12,501 0188	1,6970 154	NO HAY DIF
SI (HE) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	5,011 25	2,6688 7678	1,8776 6256	7,4897 6882	17,512 2688	<b>0,8792</b> <b>8428</b>	12,501 0188	0,9388 3128	NO HAY DIF
TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HE) Resistencia (MPa)	5,436 45	2,6688 7678	2,0369 8052	7,0645 6882	17,937 4688	<b>0,8297</b> <b>1849</b>	12,501 0188	1,0184 9026	NO HAY DIF
TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	7,933 05	2,6688 7678	2,9724 3023	4,5679 6882	20,434 0688	<b>0,4414</b> <b>4555</b>	12,501 0188	1,4862 1511	NO HAY DIF
TC (HI) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	3,886 05	2,6688 7678	1,4560 6198	8,6149 6882	16,387 0688	<b>0,9649</b> <b>3856</b>	12,501 0188	0,7280 3099	NO HAY DIF
TC (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	13,36 95	2,6688 7678	5,0094 1075	0,8684 8118	25,870 5188	<b>0,0301</b> <b>1696</b>	12,501 0188	2,5047 0537	<b>SI HAY</b> <b>DIF</b>
TC (HE) Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	9,322 5	2,6688 7678	3,4930 425	3,1785 1882	21,823 5188	<b>0,2548</b> <b>7942</b>	12,501 0188	1,7465 2125	NO HAY DIF
TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	TC (HI) +BI Resistencia (MPa)	4,047	2,6688 7678	1,5163 6825	8,4540 1882	16,548 0188	<b>0,9566</b> <b>6256</b>	12,501 0188	0,7581 8412	NO HAY DIF