



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND  
TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y  
CENTRO DEL PERÚ, 2018”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

Autores:

**Bach. Guevara Díaz, Víctor Daniel.**

**Bach. Tantarico Vásquez, Mario Lilian.**

Asesor:

**Dra. Sotomayor Nunura, Gioconda del Socorro.**

Línea de investigación:

**Ingeniería de Procesos**

**Pimentel, Perú**

**2019**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO –  
MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND  
TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018”**

**Aprobado por:**

---

Dra. Sotomayor Nunura, Gioconda del Socorro.  
**Asesor**

---

Dr. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MSc. Ballena del Río, Pedro Manuel  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MSc. Marín Bardales, Noé Humberto  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente investigación a Dios, quien me acompaña todos los días guiando mi camino. A mis padres y a mis hermanos, quienes en todo este tiempo me brindaron su apoyo, y que orgullosamente me han encaminado en el éxito y culmino de esta etapa de mi vida.

Guevara Díaz, Víctor Daniel

Por todo el apoyo brindado y el esfuerzo realizado para garantizar el éxito de mi vida profesional, dedico esta investigación a mi Familia, siendo los que siempre han creído en mí, inculcándome perseverancia y humildad para culminar esta etapa de mi vida.

Tantarico Vásquez, Mario Lilian

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Señor de Sipán, la cual nos brindó la instalación destinada a Laboratorio de Estudio de Materiales, siendo de gran importancia para la realización de ensayos.

Al Técnico Wilson Oyala Aguilar, encargado del laboratorio de Estudio de Materiales de la Universidad Señor de Sipán, demostrando un interés en nuestra investigación, desde la etapa inicial, aportando sus conocimientos en la realización de ensayos.

A los asesores metodológicos Mg. Cabanillas Campos Wilberd Alejandro y la Dra. Sotomayor Nunura Gioconda del Socorro por brindarnos las pautas que han sido necesarias para la correcta presentación de la investigación.

Los autores

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
1.1 Realidad problemática.....	15
1.1.1 A nivel Internacional .....	15
1.1.2 A nivel Nacional.....	16
1.1.3 A nivel local .....	17
1.2 Antecedentes de estudio .....	18
1.2.1 A nivel Internacional .....	18
1.2.2 A nivel Nacional.....	20
1.2.3 A nivel local .....	21
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	22
1.3.1 Cemento Portland .....	22
1.3.2 Características físicas y mecánicas .....	33
1.3.3 Impacto ambiental .....	39
1.3.4 Seguridad y salud ocupacional. ....	39
1.3.5 Gestión de riesgos y prevención de desastres. ....	39
1.3.6 Estimación de costo .....	42
1.3.7 Normativa.....	42
1.3.8 Definición de términos. ....	44
1.4 Formulación del problema.....	45
1.5 Justificación e importancia del estudio .....	45
1.5.1 Justificación técnica .....	45
1.5.2 Justificación social .....	46
1.5.3 Justificación económica.....	46
1.6 Hipótesis .....	46
1.7 Objetivos .....	46
1.7.1 Objetivo general .....	46
1.7.2 Objetivos específicos.....	46
<b>CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
2.1 Tipo y diseño de investigación .....	48
2.1.1 Tipo de Investigación .....	48
2.1.2 Diseño de Investigación .....	48
2.2 Población y muestra .....	48
2.2.1 Población:.....	48
2.2.2 Muestra: .....	48
2.3 Variables .....	50
2.3.1 Variable independiente .....	50
2.3.2 Variable dependiente .....	50
2.3.3 Operacionalización.....	51
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	53
2.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	53
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos .....	53
2.5 Procedimientos de análisis de datos .....	54
2.5.1 Diagrama de flujo de procesos .....	54
2.5.2 Descripción de procesos .....	54

2.6 Criterios éticos .....	67
2.6.1 Ética de la recolección de datos .....	67
2.6.2 Ética de la publicación.....	67
2.6.3 Ética de la aplicación.....	67
2.7 Criterios de Rigor científico .....	67
2.7.1 Fiabilidad .....	67
<b>CAPÍTULO III RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
3.1 Resultados .....	69
3.1.1 Determinar las características físicas y mecánicas mediante los ensayos de laboratorio.	69
3.1.2 Procesar estadísticamente los resultados de cada ensayo físico y mecánico para conocer la confiabilidad de los datos. ....	76
3.1.3 Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la NTP 334.009.....	83
3.1.4 De acuerdo a los resultados obtenidos se sugerirá la utilización del cemento más rentable. ....	84
3.2 Discusión de Resultados.....	85
3.2.1 Determinar las características físicas y mecánicas mediante los ensayos de laboratorio.	85
3.2.2 Procesar estadísticamente los resultados de cada ensayo físico y mecánico para conocer la confiabilidad de los datos. ....	87
3.2.3 Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la NTP 334.009.....	89
3.2.4 De acuerdo a los resultados obtenidos se sugerirá la utilización del cemento más rentable. ....	90
<b>CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
4.1 Conclusiones .....	92
4.2 Recomendaciones.....	94
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Naciones más consumidoras de cemento .....	15
<b>Tabla 2</b> Ficha técnica de calidad de las 6 diferentes marcas comercializadas en el norte y centro del Perú.....	18
<b>Tabla 3</b> Ficha técnica de calidad de las 6 diferentes marcas comercializadas en el norte y centro del Perú.....	27
<b>Tabla 4</b> Requisitos químicos.....	33
<b>Tabla 5</b> Prevención de desastres (cantera).....	40
<b>Tabla 6</b> Prevención de desastres (trituración de material cementante).....	40
<b>Tabla 7</b> Prevención de desastres (transporte de materias).....	41
<b>Tabla 8</b> Cantidad de muestras de ensayo .....	49
<b>Tabla 9</b> Descripción de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) .....	53
<b>Tabla 10</b> Dosificación del mortero del cemento tipo I .....	72
<b>Tabla 11</b> Valores estadísticos de densidad de cemento tipo I .....	76
<b>Tabla 12</b> Valores estadísticos de finura de los cementos tipo I.....	77
<b>Tabla 13</b> Valores estadísticos del tiempo de fraguado de las pastas de cemento tipo I .....	78
<b>Tabla 14</b> Valores estadísticos de Resistencia a la compresión de morteros de cemento tipo I a edades de 3, 7 y 28 días. ....	79
<b>Tabla 15</b> Valores estadísticos de expansión de morteros curados en agua de los seis cementos tipo I.....	80
<b>Tabla 16</b> Valores estadísticos de contenido de aire de los cementos tipo I.....	81
<b>Tabla 17</b> Resultados de los ensayos de laboratorio de las diferentes marcas de cemento tipo I comparadas con los requisitos de la NTP 334.009.....	83
<b>Tabla 18</b> Resultados de los diversos ensayos de las características físico mecánicas del cemento portland tipo I.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de cementeras .....	16
<b>Figura 2:</b> Consumo Nacional del cemento .....	17
<b>Figura 3:</b> Muestra del cemento Portland .....	23
<b>Figura 4:</b> Cementos Portland Tipo I comercializados en el Norte y Centro del Perú. ....	25
<b>Figura 5:</b> Proceso de Fabricación del cemento Portland .....	26
<b>Figura 6:</b> Materias primas .....	27
<b>Figura 7:</b> Reacciones químicas del Crudo .....	29
<b>Figura 8:</b> Clinkerización: Reacciones .....	30
<b>Figura 9:</b> Diagrama de flujo de Procesos .....	54
<b>Figura 10:</b> Sitio web INACAL. ....	55
<b>Figura 11:</b> Ventana de búsqueda de Normas - INACAL. ....	55
<b>Figura 12:</b> Equipos comprados por los tesistas. ....	56
<b>Figura 13:</b> Equipos de laboratorio. ....	56
<b>Figura 14:</b> Llenado del Frasco Le Chatelier con kerosone. ....	57
<b>Figura 15:</b> Lectura inicial de ensayo. ....	57
<b>Figura 16:</b> Deposición de los 64 g de cemento portland tipo I. ....	58
<b>Figura 17:</b> Lectura final del ensayo. ....	58
<b>Figura 18:</b> Depósito de los 1.000 g de cemento portland tipo I. ....	59
<b>Figura 19:</b> Lavado de la muestra bajo el rociador del aspersor. ....	59
<b>Figura 20:</b> Retiro y pesado de la muestra. ....	60
<b>Figura 21:</b> Preparación de pasta de cemento portland. ....	60
<b>Figura 22:</b> Moldeo del espécimen. ....	61
<b>Figura 23:</b> Colocación del espécimen en el tronco cónico. ....	61
<b>Figura 24:</b> Lectura de las penetraciones con la aguja de Vicat. ....	62
<b>Figura 25:</b> Preparación de la mezcla de mortero. ....	62
<b>Figura 26:</b> Mesa de flujo para determinar la fluidez del mortero. ....	63
<b>Figura 27:</b> Moldeado de los cubos de mortero de 50 mm de lado. ....	63
<b>Figura 28:</b> Determinación de la resistencia a la compresión de los cubos de mortero de 50 mm de lado. ....	63
<b>Figura 29:</b> Preparación del mortero para posterior ensayo. ....	64
<b>Figura 30:</b> Moldeo de los especímenes de mortero en las barras. ....	64
<b>Figura 31:</b> Lectura de los especímenes en el equipo comparador de longitud. ....	65
<b>Figura 32:</b> Fluidez de la muestra en la mesa de Flujo. ....	65
<b>Figura 33:</b> Llenado de los moldes en capas. ....	66
<b>Figura 34:</b> Comparación de la densidad de los seis cementos tipo I. ....	69
<b>Figura 35:</b> Comparación de finura de los seis cementos tipo I. ....	70
<b>Figura 36:</b> Comparación de consistencia normal de los seis cementos tipo I. ....	71
<b>Figura 37:</b> Comparación de tiempo fraguado inicial de los seis cementos tipo I con la NTP 334.006. ....	71
<b>Figura 38:</b> Comparación de tiempo de fraguado final de los seis cementos tipo I con la NTP 334.006. ....	72
<b>Figura 39:</b> Comparación de Resistencia a la compresión a edad de 3 días de los seis cementos tipo I. ....	73
<b>Figura 40:</b> Comparación de Resistencia a la compresión a edad de 7 días de los seis cementos tipo I. ....	73
<b>Figura 41:</b> Comparación de Resistencia a la compresión a edad de 28 días de los seis cementos tipo I. ....	74



<b>Figura 42:</b> Comparación de expansión de barras de mortero curadas en agua de los seis cementos tipo I.....	74
<b>Figura 43:</b> Comparación del contenido de aire de los seis cementos tipo I. ....	75
<b>Figura 44:</b> Densidad promedio de los seis cementos tipo I.....	76
<b>Figura 45:</b> Finura promedio de los seis cementos tipo I. ....	77
<b>Figura 46:</b> Tiempo de fraguado inicial y final promedio de los seis cementos tipo I. ....	78
<b>Figura 47:</b> Resistencia a la compresión promedio de los seis cementos tipo I a edades de 3, 7 y 28 días.....	80
<b>Figura 48:</b> Expansión de las barras de morteros curados en agua de los seis cementos tipo I.....	81
<b>Figura 49:</b> Contenido de aire promedio de los seis cementos tipo I. ....	82

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Grado de saturación de cal o máxima cal combinable .....	28
<b>Ecuación 2:</b> Módulo silícico .....	28
<b>Ecuación 3:</b> Módulo fundente .....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	FICHAS TÉCNICAS DE CALIDAD .....	100
ANEXO 2.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	115
ANEXO 3.	PANEL FOTOGRÁFICO .....	220

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018”**

**"COMPARATIVE EVALUATION OF THE PHYSICAL - MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE DIFFERENT PORTLAND TYPE I CEMENT BRANDS, COMMERCIALIZED IN THE NORTH AND CENTRAL OF PERU, 2018"**

Bach. Guevara Díaz, Víctor Daniel.  
Bach. Tantarico Vásquez, Mario Lilian.

## **RESUMEN**

*Con el transcurrir del tiempo y con los avances tecnológicos, el sector construcción viene presentando muchos cambios para la mejora de la calidad del concreto, siendo el cemento un elemento de continuas alteraciones para la producción de nuevos tipos, de tal manera que estos cumplan con los requerimientos mínimos establecidos en la N.T.P durante el proceso de producción; sin embargo, poco se conoce del comportamiento de las características Físico – Mecánico del Cemento Portland durante el proceso de su comercialización.*

*Por esta razón, la presente investigación evaluó las características Físico – Mecánico de las diferentes marcas de cemento portland tipo I, comercializadas en el norte y centro del Perú. Para ello se realizaron ensayos de densidad, finura, tiempo de fraguando, resistencia, contenido de aire y expansión; de la cual se obtuvieron resultados que cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la N.T.P 334.009.*

*Finalmente, se determinó que los Cementos Portland Tipo I, que se comercializan en el norte y centro del Perú, cumplen con los estándares de calidad regido en la N.T.P 334.009, además el comportamiento Físico – Mecánico de los mismos se verá alterado dependiendo de las adiciones que se incorporan en cada lote de producción.*

**Palabras Claves:** *Cemento Portland, Características Físico – Mecánico.*

## **ABSTRACT**

*With the passing of time and with technological advances, the construction sector has been presenting many changes to improve the quality of concrete, with cement being an element of continuous alterations for the production of new types, in such a way that these comply with the minimum requirements established in the NTP during the production process; however, little is known about the behavior of the Physical - Mechanical characteristics of Portland Cement during the commercialization process.*

*For this reason, the present investigation evaluated the Physical - Mechanical characteristics of the different portland type I cement brands, commercialized in the north and center of Peru. For this, tests were carried out on density, fineness, setting time, resistance, air content and expansion; from which results were obtained that meet the minimum requirements established in N.T.P 334.009.*

*Finally, it was determined that Type I Portland Cements, which are marketed in the north and center of Peru, meet the quality standards governed by NTP 334.009, in addition the Physical - Mechanical behavior of the same will be altered depending on the additions that are incorporated in each production lot.*

**Key Words:** *Portland Cement, Physical - Mechanical characteristics.*

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

### 1.1.1 A nivel Internacional

El consumo global del cemento crece de forma desmesurada, siendo china la nación con más industrias nuevas y ampliadas en menos de 2 años; con un total de 200 plantas cementeras a diferencia de 140 plantas cementeras alrededor del mundo.(Ramón, 2014)

Todo esto se debe al aumento de la industria de la construcción, convirtiéndose en el sector más emprendedor de la economía; en cuanto al consumo del cemento se ve graficado en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Naciones más consumidoras de cemento*

País	2015		2016e	
	Volumen	Porcentaje (%)	Volumen	Porcentaje (%)
China	2350	57.3	2410	57.4
India	300	7.3	290	6.9
Estados Unidos (Inc. Puerto Rico)	84	2.0	86	2.0
Turquía	71	1.7	77	1.8
Vietnam	67	1.6	70	1.7
Indonesia	58	1.4	63	1.5
Arabia Saudita	62	1.5	61	1.5
Brasil	65	1.6	60	1.4
Japón	55	1.3	56	1.3
Rusia	62	1.5	56	1.3
Egipto	55	1.3	55	1.3
República de Corea	52	1.3	55	1.3
Irán	59	1.4	53	1.3
Otros países	760	18.5	810	19.3
TOTAL	4100	100.0	4200	100.0

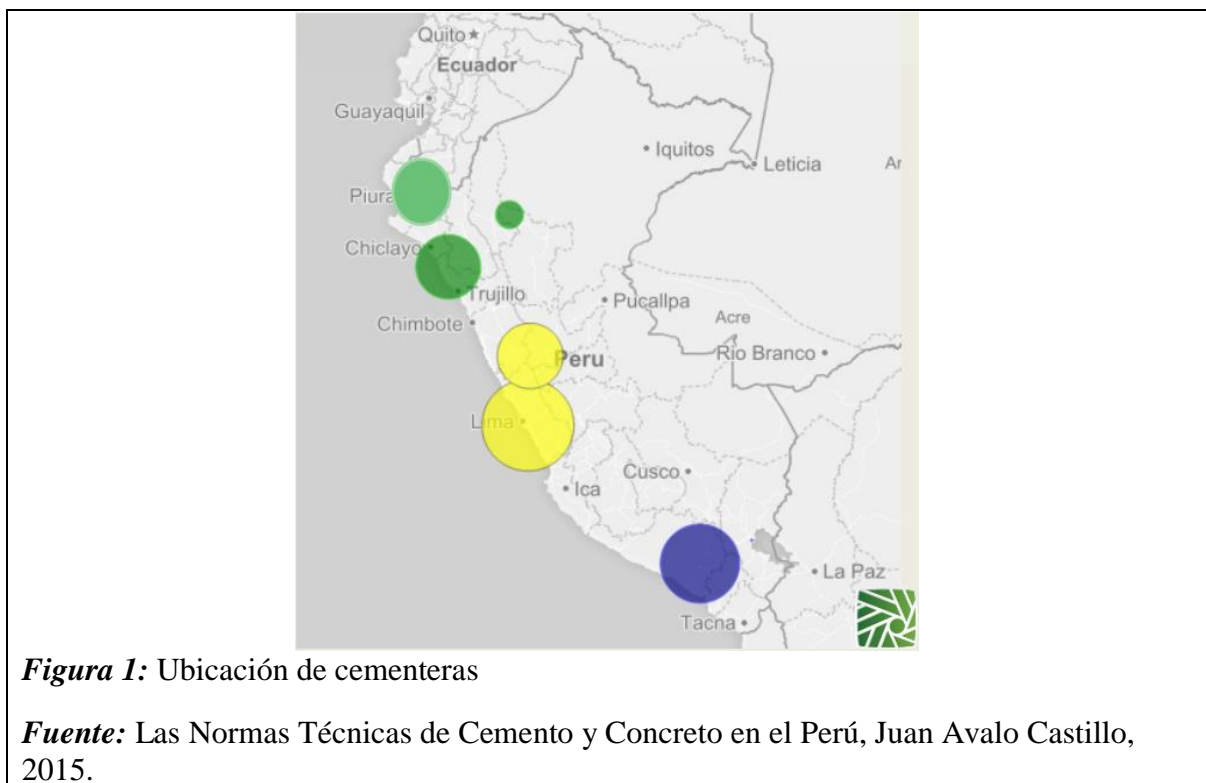
**Fuente:** Tomado del “cement”, por U.S. Geological Survey, January, 2017

Las fábricas de cemento realizan un control interno de calidad de su producto, que es imprescindible para efectuar oportuna y eficazmente las correcciones y ajustes en las diversas etapas de fabricación, en la búsqueda constante de obtener cementos de la calidad y de la regularidad que le exigen la normalización y la demanda, no obstante, suelen existir factores que alteren las características físicas y mecánicas del cemento, luego de haberseles realizado los ensayos de control de calidad para su comercialización. (Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland, 2013)

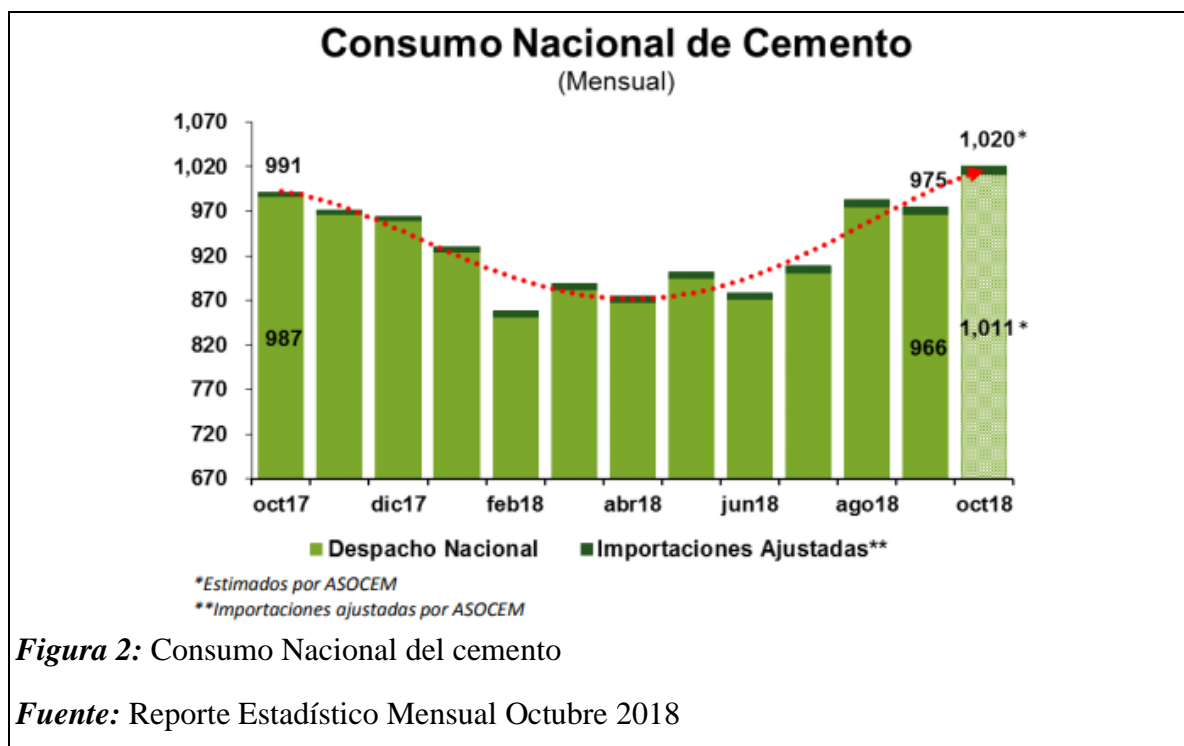
### 1.1.2 A nivel Nacional

Actualmente la industria de la construcción en lo que se refiere a cementos se puede apreciar una gran variedad en el mercado por la que el Constructor e Ingeniero Civil tiene más elecciones y más interrogantes a la hora de adquirir una determinada marca de Cemento Pórtland, por la que es necesario tener información necesaria a la hora de la elección de una determinada marca de cemento. (Murga, 2016)

En su tesis Acevedo y Martínez (2017), explican las causales del crecimiento de la industria cementera en el Perú que es debida al aumento poblacional y económica; es por ello que estas industrias se han ido consolidando en el sector de materiales y construcción, de tal manera que cumplan con la demanda del país, además se tiene en cuenta que cada fábrica cuenta con sus parámetros de calidad para sus materias primas con la finalidad de obtener un producto que cumpla estrictamente con la especificación de la norma técnica Peruana NTP 334.009 para este tipo de cemento. Pero a la misma vez es necesario evaluar las características físicas y mecánicas del cemento para verificar la calidad del mismo, una vez comercializado.







“El Consumo Nacional alcanzó un estimado de **1020 mil TM** en el mes de octubre, logrando un avance de **2.9%** con respecto al mismo mes del año anterior” (Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), 2018, p. 13).

Entre enero y octubre 2018, el Consumo Nacional alcanzó un estimado de **9,219 mil TM** de cemento, logrando un incremento de **3.5%** con respecto al mismo periodo del año anterior.

### 1.1.3 A nivel local

Como sabemos, en el norte y centro del Perú existen diferentes marcas que comercializan el Cemento Portland Tipo I, tales como; (Cemento Sol, Cemento Inka, Cemento Pacasmayo, Cemento Qhuna, Cemento Quisqueya, Cemento Andino), de las cuales el Profesional responsable de adquisición de materiales, muchas veces desconoce las características físicas y mecánicas de los mismos, evaluadas en función a la NTP 334.009, para así poder tener una mejor elección a la hora de adquirir alguna marca de Cemento Portland Tipo I, ya que hoy en día se observa con notoriedad que la elección del cemento se realiza por el costo y/o por simplemente ya es común en la zona y no nos basamos en el sustento técnico adecuado.

Cabe mencionar que esta investigación no se relaciona con lo comercial o simpatía con alguna marca de cemento, esto es una investigación académica que tiene por finalidad de aclarar algunas interrogantes que surgen en el entorno laboral de la construcción.

**Tabla 2**

*Ficha técnica de calidad de las 6 diferentes marcas comercializadas en el norte y centro del Perú*

Propiedades físicas y mecánicas	Qhuna	Quisqueya	Pacasmayo	Sol	Andino	Inka
Expansión en Autoclave (%)	0.01	0.03	0.09	0.08	0.00	0.07
Superficie Específica (cm <sup>2</sup> /g)	3540	3876	3650	3360	3680	3660
Densidad (g/ml)	-	-	3.08	3.12	3.15	3.14
Resistencia a la Compresión Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	27.2 (277)	24.12 (246)	26.5 (271)	29.03 (296)	25.96 (264)	25.11 (256)
3 días	34.7 (354)	28.22 (288)	34.3 (350)	35.01 (357)	32.12 (328)	34.42 (351)
7 días	50 (510)	36.36 (371)	39.8 (406)	41.87 (427)	43.33 (442)	42.95 (438)
28 días						
Tiempo de Fraguado Inicial	121	150	138	127	101	116
Final	270	205	261	305	286	255

**Fuente:** Elaboración propia

## 1.2 Antecedentes de estudio

### 1.2.1 A nivel Internacional

**Cortez y Perilla (2014)**, en su investigación titulada “Estudio comparativo de las características físico-mecánicas de cuatro cementos comerciales portland tipo I”, enfoca su objetivo en caracterizar cuatro marcas de cementos tipo I (Argos, Boyacá, Cemex y Tequendama) por medio de ensayos físicos y mecánicos considerando la normativa (NTC), efectuando un orden de ensayos son: densidad (NTC 221), finura o superficie específica (NTC 33), masa (NTC 92), consistencia normal (NTC 110), Tiempo de fraguado (NTC 8), estabilidad volumétrica (NTC 1514) y resistencia de morteros (NTC 220), luego con los resultados obtenidos se llevará a cabo los cálculos estadísticos respectivos con el fin de saber la confiabilidad de los datos de laboratorio y teniendo una visión más clara del comportamiento de los cementos comercializados actualmente y así establecer una comparación entre las diferente marcas de cemento, al igual que entre estos y la normatividad vigente (NTC 121). Los autores concluyen que los parámetros físicos de los cuatro cementos

se encuentran en los límites aceptables a excepción de los valores de resistencia en todas las edades del cemento Boyacá los cuales presentan un valor inferior al mínimo condicionado en la NTC 121, debiéndose a que dicho cemento posee una elevada cantidad de agua tanto en los ensayos de consistencia normal como en el ensayo de fluidez sirviendo para la elaboración del mortero empleado en los ensayos de resistencia a la compresión, orientado a que en estos dos ensayos el cemento requiere más cantidad agua para adquirir la manejabilidad deseada. Se sugiere complementar este tipo de estudios con el análisis químico de estos cementos para complementar los resultados obtenidos en este trabajo.

**Luna (2010)**, en su tesis titulada “Comparación del desempeño de diferentes marcas comerciales de cemento Portland CPC-30R, empleadas para elaborar concreto de resistencia media”, centró su estudio en el efecto que puede tener cinco marcas de cemento mexicano (Apasco, Cruz azul, Lafarge, Moctezuma y Tolteca) en las propiedades mecánicas de las mezclas de concreto. Para ello se elaboró un diseño de mezcla de concreto con la curva ideal de granulometría de Abrams y una relación agua-cemento de 0.48, determinando las propiedades mecánicas con las pruebas de compresión en cilindros de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura y las pruebas de flexión en vigas, a edades de 3, 7, 14, 28 y 40 días. Teniendo como resultado una gran diferencia entre una marca y otra, estas diferencias no solo se evidenciaron en los valores de resistencia a la compresión y flexión, también el asentamiento presentó gran variación en la textura y manejabilidad entre las marcas de cemento pese a que todas las marcas deben cumplir con los parámetros establecidos en las normas mexicanas, lo cual indica que se debe dar un tratamiento diferente a cada cemento para realizar una mezcla de concreto óptima. El autor concluye que lo más trascendental es tener el conocimiento del comportamiento de cada cemento para desempeñar con las condiciones instauradas en el diseño de la mezcla.

**Noor-ul-Amin (2010)**, en su investigación científica titulada “Study of the physical parameters of ordinary Portland cement of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan and their comparison with Pakistan standard specifications”, evaluó sus características físico-mecánicas de cementos Portland que se comercializaban en la localidad de Khyber Pakhtoon Khwa (Pakistán), obteniendo como resultados los cuales comparo con las especificaciones de las normas de Pakistán, dichos parámetros que se estudiaron fueron, la finura por el método de Blaine, consistencia, tiempo de fraguado, expansión mediante las agujas de Le-Chatelier y resistencia a la compresión a diferentes edades, para seis marcas diferentes de

cementos comercializados en mencionado lugar, mentados parámetros presentaron marcadas diferencias en los valores de los parámetros físicos y mecánicos, referidas variaciones se deben a los cambios en su composición química de cada uno de los cementos, generados en el proceso de producción. Pese a las diferencias que presentaron sus valores en los parámetros estudiados el científico concluyó que todos estos se encontraban en el rango de aceptación de las especificaciones estipuladas por las normas Pakistanís.

### ***1.2.2 A nivel Nacional***

**Acevedo y Martínez (2017)**, en su investigación titulada “Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional”, comparado con el concreto dosificado con cemento “Sol”, tuvo como objetivo principal determinar su desempeño de dichas propiedades a través de ensayos estandarizados de laboratorio para el cemento y concreto. En el estudio se consideraron cuatro diseños de mezclas diferentes (relaciones A/C: 0.50, 0.55, 0.60 y 0.70), en busca de comparar los desempeños de ambos concretos. En conclusión, de acuerdo a los análisis se determina que las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “Nacional” es mejor que el concreto dosificado con cemento “Sol” en los ensayos de consistencia, contenido de aire, fragua, ensayo de resistencia a la compresión (3, 7, 28, 56 y 90 días), resistencia a la flexión, resistencia a la compresión diametral, excepto en el ensayo de temperatura.

**Fernández y Velarde (2015)**, en su investigación titulada “Estudio comparativo de la resistencia de los concretos empleando los cementos comerciales en Cusco”, dicha investigación surge a raíz de la comercialización de los distintos tipos de cementos que se encuentran dentro la región, como son: Cemento Yura tipo IP, Cemento Yura tipo HE y Cemento Sol tipo I, es por esto que usando procesos estadísticos se harán las comparaciones del desarrollo de la resistencia a la compresión con un diseño de resistencia a la compresión  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , siendo las edades de 3, 7, 14 y 28 días, de los concretos dosificados con los distintos tipos de cemento y agregados mencionados. Como resultado trascendental es que la ganancia de resistencia a edades tempranas con cemento portland tipo I (Cemento Sol) es mayor a los concreto dosificados con cementos adicionados (Cemento Yura tipo HE y Cemento Yura tipo IP). Asimismo, esta tesis muestra las propiedades y bondades de los cementos adicionados al Sur del Perú.

**Feijoo (2016)**, en su investigación titulada “Estudio del comportamiento del cemento tipo I Co almacenado con envase protector aislante”, analiza el comportamiento del concreto, en estado fresco y endurecido, elaborado con cemento Portland tipo I Co Inka sometido a dos condiciones diferentes de almacenamiento en un periodo de 60 días. Inicialmente, se hicieron ensayos en el laboratorio con los materiales seleccionados para analizar sus propiedades y comprobar que cumplan con las Normas Técnicas Peruanas. Mediante el análisis del agregado global, se estableció que la mejor proporción de los agregados fino y grueso fue de 52% y 48% respectivamente. Con esta selección se determinó el diseño de mezclas de la investigación para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70. Para realizar la investigación, se conformó dos grupos de bolsas de cemento: el primer grupo (grupo control) formado por cemento almacenado en su envase original de fábrica que consta de dos pliegos de papel con una lámina de film plástico intermedia; y, el segundo grupo (grupo experimental) cuyas bolsas de cemento fueron protegidas, de forma individual, con un envase adicional aislante de polietileno de baja densidad. Posteriormente se da inicio a los ensayos del concreto, en estado fresco y endurecido, preparado con cemento (del grupo control y experimental) almacenado a los 0, 30 y 60 días. Cabe indicar, que los ensayos del concreto al estado endurecido se realizaron a los 28 días de elaboradas las probetas. El autor concluye que el envase original en que se comercializa el cemento Portland tipo I Co Inka, por poseer una lámina de film plástico entre los pliegos de papel, brinda cierta protección durante periodos de almacenamiento de hasta 30 días en comparación con el envase que solo está conformado por dos pliegos de papel. El envase protector aislante adicional empleado en la presente investigación, permite mantener la calidad del cemento durante periodos de almacenamiento más largos conservando las propiedades del concreto para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas en una determinada obra.

### ***1.2.3 A nivel local***

En cuanto a estudios realizados a las características físicas y mecánicas de diferentes marcas del cemento portland tipo I, en el ámbito local no se encontró información alguna referente a ello.

## 1.3 Teorías relacionadas al tema

### 1.3.1 Cemento Portland

#### 1.3.1.1 Generalidades

“Las teorías acerca de la constitución del cemento portland y de las combinaciones que lo integran han sido muchas y diversas. Con los medios actuales se han podido verificar algunas de estas teorías y rechazar otras” (Sanjuán y Chinchón, 2014, p. 18).

Le Chatelier sostenía que el elemento primordial del cemento portland era el silicato tricálcico  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ( $\text{C}_3\text{S}$ ), viendo en dicho compuesto la causa del fraguado y considerando como impurezas a los aluminatos que lo acompañaban.

Törnebohm observó con el microscopio cinco minerales diferentes que lo denominó Alita, Belita, Celita, Felita y residuo vítreo; y de acuerdo con Le Chatelier, la Alita, cuyas propiedades correspondían con las del silicato tricálcico, era la causa del fraguado y endurecimiento del cemento portland.

Michaelis, en un principio acepta la hipótesis de Le Chatelier, pero más tarde desarrolla otra teoría con respecto al fraguado y endurecimiento de los conglomerantes hidráulicos. Según Michaelis, no se producen combinaciones cristalizadas; la sílice se halla en estado coloidal y desempeña un papel análogo al que realizan las colas; por lo tanto, el endurecimiento se produciría como consecuencia de la desecación de la sílice. Esta teoría difiere poco de la previa de Marceron y Vicat. En los últimos trabajos, Michaelis coincide con Day y Shepherd en que el ortosilicato cálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), es el principal componente del cemento portland. Cree que el silicato tricálcico es una solución sólida de  $\text{CaO}$  en  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ( $\text{C}_2\text{S}$ ) y acepta la existencia de las tres variedades de silicato bicálcico  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . Atribuye la disgregación de los cementos a la transformación de la variedad  $\alpha$  en la  $\gamma$ , cosa que ocurre en los cementos de escorias mantenidos mucho tiempo a elevada temperatura. Asimismo, Walter Dyckerhoff afirma que el cemento portland se compone esencialmente de silicato bicálcico en el que admite la existencia de las tres variedades  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . Sólo la modificación  $\beta$  tiene propiedades hidráulicas, pero es inestable por debajo de  $675^\circ$ . Sin embargo, al fabricarse el cemento, los aluminatos y ferritos cálcicos forman un baño fundido que envuelve y protege los cristales de silicato, impidiendo su degradación al tipo  $\gamma$  que disgregaría el cemento.

Newberry coincide con la idea de Le Chatelier de que en el cemento portland, el baño conglomerante es una sustancia no cristalina que prácticamente contiene todo el hierro y la

alúmina y es de composición variable. En cambio, disiente de Le Chatelier en apreciar que el aluminato que más importancia tiene en el clínker del cemento portland no es el  $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_3\text{A}$ ) sino el  $2\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_2\text{A}$ ).

Zulkowski, sostiene que el silicato tricálcico  $3\text{CaO SiO}_2$  ( $\text{C}_3\text{S}$ ) no existe, pero acepta dos formas de silicato bicálcico  $2\text{CaO SiO}_2$  ( $\text{C}_2\text{S}$ ); una estable (un ortosilicato) y otra inestable (metasilicato). Sólo el metasilicato tiene propiedades hidráulicas mientras que el ortosilicato es el causante de la disgregación del cemento. El silicato inestable puede estabilizarse a baja temperatura mediante un enfriamiento rápido que evita la transformación total o parcial en su isómero.

Otto Schott estudió las propiedades de los silicatos, aluminatos, ferritos cálcicos y dedujo que el silicato cálcico está sujeto siempre a fenómenos de expansión, y que, por consiguiente, si entra en la composición del cemento portland, tiene que hacerlo en una dosis mínima. Cree que el clínker portland es una solución sólida de cal en aluminato bicálcico  $2\text{CaO SiO}_2$  ( $\text{C}_2\text{S}$ ); sus propiedades hidráulicas mejoran en función de la cantidad de cal disuelta que contiene.

### *1.3.1.2 Definición*

La Asociación de Cemento Portland (2004) define al Cemento Portland como: “Un polvo fino que cuando se mezcla con el agua se convierte en un pegamento que mantiene los agregados unidos en el concreto” (p.25).



**Figura 3:** Muestra del cemento Portland

**Fuente:** (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

El cemento Portland se produce por la pulverización del Clinker, el cual consiste principalmente en silicatos de calcio hidráulicos que también contiene algunos aluminatos

de calcio, y ferroaluminatos de calcio y una o más formas de sulfato de calcio (yeso) que se muele juntamente con el Clinker para la fabricación del producto final.

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. (NTP 334.009:2013).

Sánchez (2001) da a entender que el cemento Portland es un conglomerante hidráulico que tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, experimentando una reacción química debido a la hidratación, por lo cual son llamados cementos hidráulicos.

Cuando el cemento se dosifica y se mezcla apropiadamente con agua y áridos, se produce un mortero, que conserva su trabajabilidad durante un tiempo logrando una buena resistencia y una estabilidad de volumen a largo plazo.

### *1.3.1.3 Clasificación de los cementos peruanos*

En el Perú, los cementos Portland se han clasificado en varios tipos según la composición química que está muy ligada con las propiedades físico-mecánicas; también, con el uso de adiciones de ceniza volante, puzolanas naturales o escoria de alto horno, se pueden adquirir diversas características cuando este se hidrata.

Según la norma NTP 334.009 los cementos Portland se clasifican de la siguiente manera:

- **Tipo I:** Para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo II (MH):** Para uso general, y específicamente cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo III:** Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

En el mercado del norte del Perú los cementos Portland tipo I comercializados en la zona son:



- Cemento Portland Tipo I – Qhuna
- Cemento Portland Tipo I – Quisqueya
- Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo
- Cemento Portland Tipo I – Sol
- Cemento Portland Tipo I – Andino
- Cemento Portland Tipo I – Inka



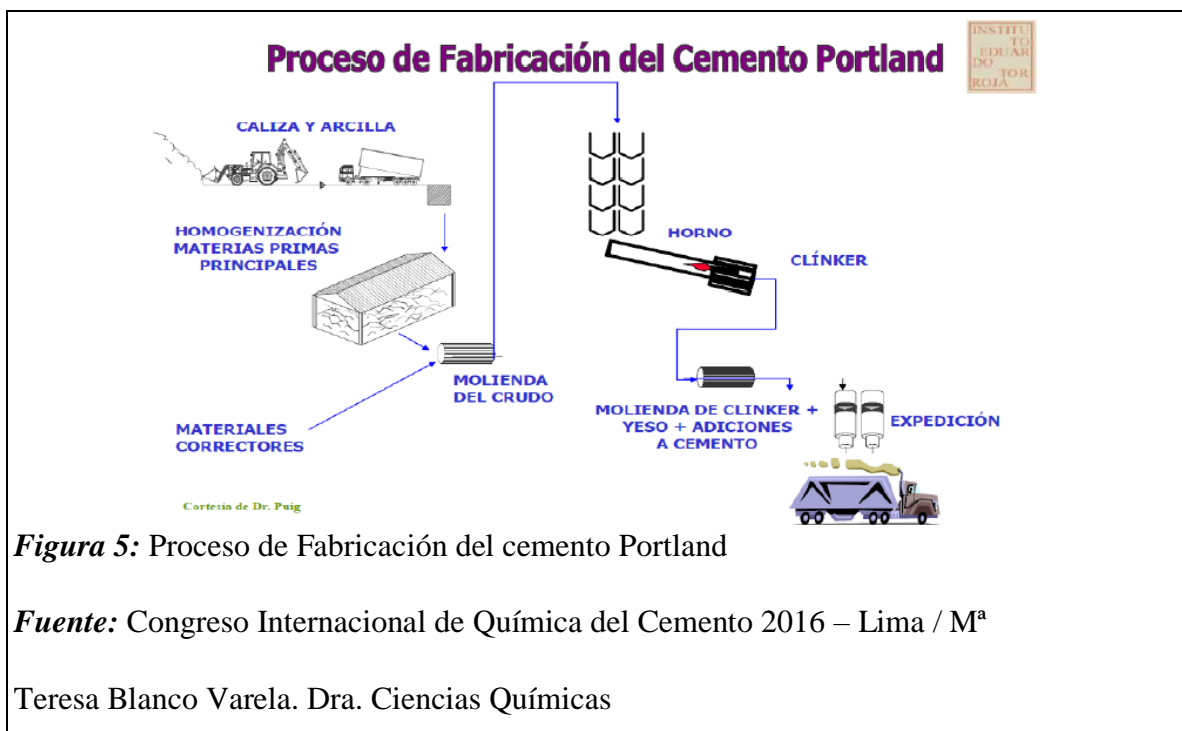
**Figura 4:** Cementos Portland Tipo I comercializados en el Norte y Centro del Perú.

**Fuente:** Elaboración propia

#### 1.3.1.4 Proceso de Fabricación

(Acevedo y Martínez, 2017, p.12). El proceso de fabricación del Cemento Portland Tipo I, se divide en tres etapas:

- Extracción, dosificación y molienda de materias primas (crudo).
- Tratamiento térmico del crudo. CLINKERIZACIÓN.
- Molienda y mezcla del Clinker con el yeso y algunas adiciones.

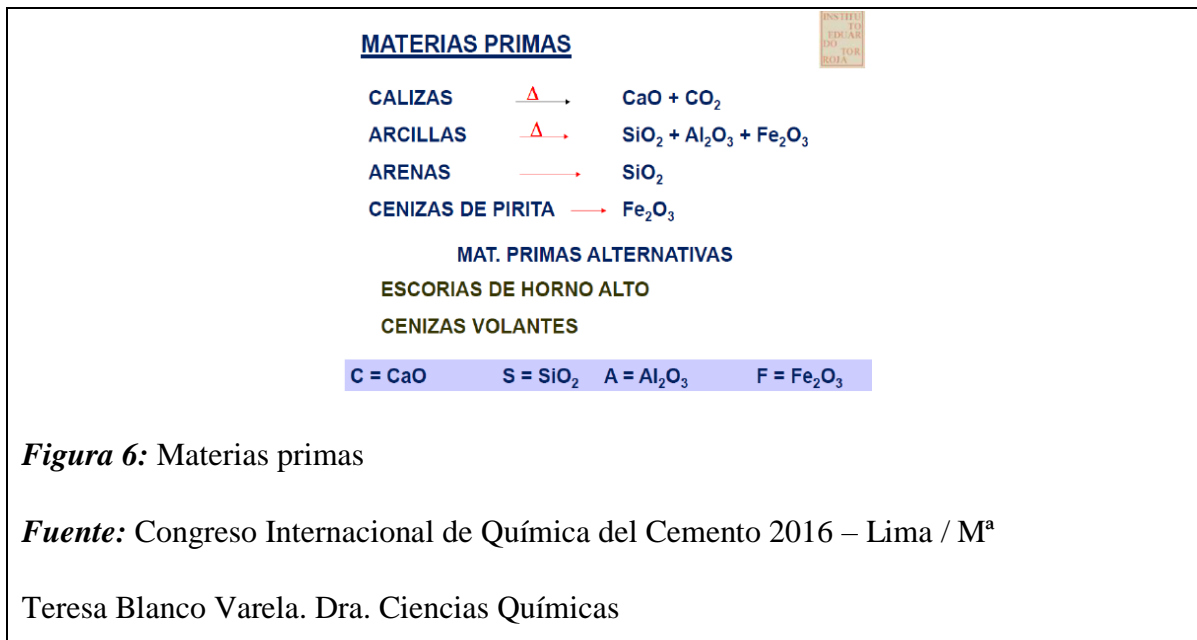


#### *A Extracción, dosificación y molienda de las Materias Primas*

Las materias primas necesarias para la producción de cemento, tras su extracción en canteras se homogenizan, dosifican y muelen; para obtener un crudo de composición química, mineralógica y finura que presenta una buena reactividad y aptitud a la cocción. El crudo de Cemento Portland, está formado principalmente por calizas, arcillas, que aportan la mayor cantidad de óxidos fundamentales del Clinker como son:  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (formadores de silicatos) y en menor proporción,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ , etc., además estos crudos cuentan con mineral de hierro. Las calizas aportan Carbonato de Calcio ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) al crudo. Pueden presentar impurezas ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MgO}$ ) que pueden ser perjudiciales o no para las propiedades finales del cemento. (Acevedo y Martínez, 2017)

Las arcillas aportan cantidades variables de  $\text{SiO}_2$  (55 – 60 %)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (15 – 25%) y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (5 -10%). También pueden llevar impurezas en pequeñas cantidades como sulfatos, álcalis, etc.

Para ajustar la composición final de crudo se suelen usar algunos materiales denominados correctores; el porcentaje de  $\text{CaO}$ , del crudo se suele ajustar usando travertinos, mármoles, conchuelas el porcentaje de  $\text{SiO}_2$ , se suele ajustar usando arenas, el contenido de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , se ajusta usando bauxita o caolín y el de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es mediante el uso de minerales de hierro como hematita y magnetita.



**Tabla 3**

*Ficha técnica de calidad de las 6 diferentes marcas comercializadas en el norte y centro del Perú*

	Composición mineralógica	Composición química
Caliza (Fuente de calcio)	Calcita, Aragonita, Dolomita, Magnesita	CaCO <sub>3</sub> , CaCO <sub>3</sub> , CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub> , MgCO <sub>3</sub>
Arcillas (Fuente de silicatos)	Cuarzo, Cristobalita, Feidespatos potásicos, Plagiociasas	SiO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub> , (Na, K)Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , (Na,K) (Si,Al)Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Mineral de hierro	Hematita, Magnetita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Yeso	Yeso, Anhidrita	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O, CaSO <sub>4</sub>
Caolín (Fuente de silicio y aluminio)	Caolinita	

**Fuente:** Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M<sup>a</sup> Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

Para dosificar las materias primas se utilizan un conjunto de módulos que relacionan los contenidos de los cuatro óxidos fundamentales, que son los componentes mayoritarios del crudo. Estos están relacionados con la composición mineralógica final del Clinker y se deducen a partir de su composición del mismo y de los diagramas de equilibrio del sistema CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Estos módulos son:

*A.1 El grado de saturación de cal o máxima cal combinable (LSF):*

Es una relación del óxido básico (CaO) con respecto a los óxidos ácidos (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que contiene el crudo a alta temperatura en el equilibrio. Suele tomar valores entre 95 – 100% y se expresa en porcentaje

$$LSF = \frac{CaO}{2.8 SiO_2 + 1.8Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3} \times 100$$

***Ecuación 1:*** Grado de saturación de cal o máxima cal combinable

La composición mineralógica del Clinker variará en función del valor de LSF, así:

- Cuando el LSF toma el valor de 100 se dice que el Cao es la máxima cal combinable ya que el Clinker no tendría cal libre ni C<sub>2</sub>S y estaría constituido por C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A y C<sub>4</sub>AF.
- Si LSF es menor de 100 el Clinker estaría constituido por C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A y C<sub>4</sub>AF.
- Si LSF es mayor de 100 el Clinker tendría C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF y CaO.

*A.2 Módulo silícico (MS)*

Indica la relación entre el óxido de silicio total y la suma de los dos óxidos fundentes (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Su valor suele oscilar entre 1.6 y 4.1. Si este módulo tiene un valor elevado, el contenido en fase fundida será menor, su viscosidad mayor y por tanto menor será la reactividad del crudo al hacerse más difícil la reacción de formación de Alita (problemas de enfriamiento del horno con la consecuente formación de un Clinker con bajo contenido de Alita y mayor presencia de Belita).

$$MS = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

***Ecuación 2:*** Módulo silícico

*A.3 Módulo fundente (MF)*

Se conoce también como módulo férrico y se define de la siguiente manera:

$$MF = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

***Ecuación 3:*** Módulo fundente

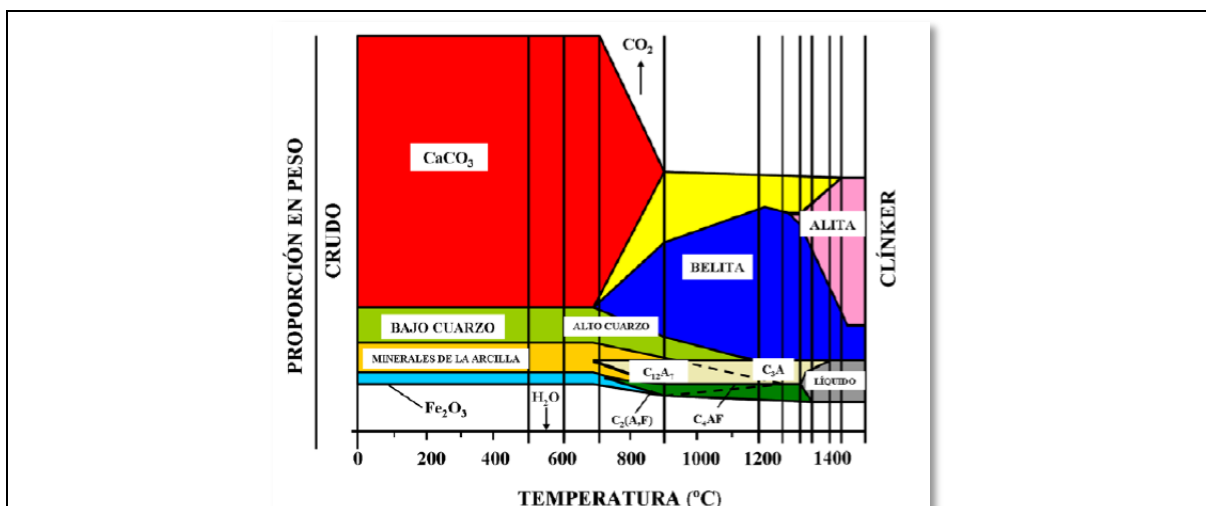
Este módulo varía generalmente entre 1.5 y 2.5.

Este factor determina la viscosidad de la fase líquida y la velocidad de formación de  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$ .

### *B Tratamiento Térmico del Crudo: CLINKERIZACIÓN*

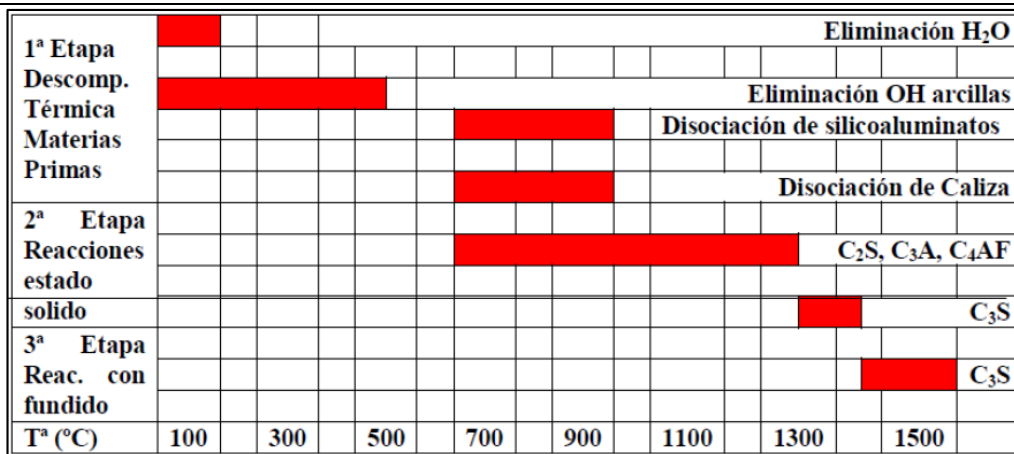
Una vez molido y homogenizado, el crudo es sometido a un proceso térmico en el que se producen una serie de reacciones de descomposición de calizas y arcillas, seguidas de reacciones en estado sólido de los óxidos ácidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con el óxido de carácter básico ( $\text{CaO}$ ) y solo en los últimos momentos del tratamiento térmico se forma un fundido que acelera la reacción de formación de  $\text{C}_3\text{S}$ , que es la última y más importante reacción en el proceso. Todo ello ocurre en un horno que alcanza temperaturas de hasta  $1450\text{-}1500^\circ\text{C}$ , la temperatura de llama es de  $2000^\circ\text{C}$ , temperatura a la cual el crudo permanece 10-15 minutos, para obtener un producto llamado Clinker. (Acevedo y Martínez, 2017)

En la Figura 8, se muestran las transformaciones químicas en el tratamiento térmico del crudo (reacciones principales de clinkerización) y en la figura 9, se muestran los rangos de temperatura a los que aparecen las diferentes fases mineralógicas.



**Figura 7:** Reacciones químicas del Crudo

**Fuente:** Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M<sup>a</sup> Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas



**Figura 8:** Clinkerización: Reacciones

**Fuente:** Congreso Internacional de Química del Cemento 2016 – Lima / M<sup>a</sup> Teresa Blanco Varela. Dra. Ciencias Químicas

El proceso de clinkerización se puede estudiar en función de la temperatura:

- 100°C → Se evapora el agua que acompaña a las materias primas
- 450 – 600°C → Se elimina el agua combinada en los aluminosilicatos de las arcillas
- 700 – 900°C → Descarbonatación de calizas dando óxido de calcio y liberando CO<sub>2</sub> gas
- 700 – 1000°C → Descomposición de aluminosilicatos
- 700 – 1300°C → Formación de compuestos por reacciones en estado sólido  
 $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + 4 CaO \rightarrow$  Ferroaluminatotetracálcico ( $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ )  
 $Al_2O_3 + 3 CaO \rightarrow$  Aluminatotricálcico ( $3 CaO \cdot Al_2O_3$ )
- $2CaO + SiO_2 \rightarrow$  Silicato dicálcico o belita ( $2 CaO \cdot SiO_2$ )
- 1250°C → Reacción en estado sólido de Alita ( $C_2S + CaO \rightarrow C_3S$ )
- 1338°C → Funden los ferritos, aluminatos, mínima proporción de C<sub>2</sub>S y CaO
- 1338°C – 1450°C → Disolución de la cal libre, de la sílice que pueda quedar sin reaccionar y de la belita (C<sub>2</sub>S) en el fundido, para dar la cristalización de la alita  
 $2 CaO \cdot SiO_2 \cdot CaO \rightarrow$  Silicato tricálcico o alita ( $3CaO \cdot SiO_2$ )

## *B.1 Componentes secundarios*

### *B.1.1 Cal libre u óxido de calcio (CaO):*

Su abreviatura es “C”, la presencia de esta muestra una calcinación parcial en el horno o un enfriamiento ineficaz que acarrea al rompimiento del (C3S). Además, la cal libre en niveles elevados ocasiona propagación del cemento después del fraguado final; por lo tanto, debe ser restringido alrededor del 60% al 69% de la masa, puesto que, a que si supera este parámetro no poseería la suficiente dureza. En estado natural reacciona rápidamente con el agua y no tiene consecuencias en estado plástico, y si esta es calcinada, su área superficial es reducida y gran parte de la reacción con el agua tiene lugar después del endurecimiento.

### *B.1.2 Óxido de Magnesio*

El magnesio (periclasa) generalmente acompaña al calcio en la naturaleza (calizas magnesianas o dolomíticas), las calizas están formadas por una mezcla de carbonato de calcio (calcita) y carbonato de magnesio (dolomita).

Contrariamente a lo que ocurre con el calcio, el magnesio no se combina durante el proceso de clinkerización, sino que permanece inerte. Sin embargo, desde el punto de vista de calidad del cemento es un componente peligroso, ya que, al reaccionar con el agua, forma el hidróxido de mayor tamaño, existiendo por lo tanto riesgo de expansión.

### *B.1.3 Álcalis (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O) y Sulfatos (SO<sub>3</sub>)*

Aunque presentes en pequeñas proporciones (entre 0 y 1.5%) los álcalis y sulfatos influyen en las características resistentes del clinker.

Dependiendo del contenido de SO<sub>3</sub>, los álcalis están parcialmente incorporados a los minerales del clinker y parcialmente presentes como sulfatos solubles de álcalis y calcio. Estos últimos tienen influencia en el desarrollo de resistencias.

Los álcalis influyen negativamente en un aspecto de la durabilidad del concreto, que se conoce como la reacción álcali – agregado. La cantidad total de álcalis expresada como N<sub>2</sub>O equivalente está comprendida (0.3 a 1.5%).

### *C Molienda del cemento portland tipo I*

La etapa final de producción en una planta de cemento es la molienda del Clinker (obtenido en un horno) mezclado con alrededor de 5 – 8% de yeso (varía según la cantidad de C3A) y algunas otras adicciones (caliza), para formar el producto final, es decir el cemento.

En una planta de cemento moderna, el consumo total de energía eléctrica es alrededor de 100 kWh/tonelada. El proceso de molienda de Cemento usa el 40% aproximadamente de este consumo total. Además, la calidad del cemento, depende del modo y parámetros de operación de la instalación de molienda de cemento.

El cemento debe ser molido hasta tener una Finura (Blaine – Superficie Específica) que cumpla con los requerimientos en cuanto a las Normas de Resistencia actuales (NTP 334.009, ASTM C -150) . Al moler cemento en un molino de bolas, se genera calor por transformación de energía mecánica, y además una temperatura elevada de la alimentación del Clinker que aumentará el nivel de temperatura en el molino de bolas.

Una temperatura elevada en el molino de bolas podría causar una deshidratación total o parcial (formación de anhidrita o hemidratos) del yeso ( $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) con el riesgo de falso fraguado durante la solidificación. Además, la adherencia y aglomeración puede producir serios problemas que pueden reducir la eficiencia de molienda. De ahí la necesidad de mantener la temperatura de molienda en alrededor de 100 a 105°C, o la implementación de algún tipo de ventilación o sistema de enfriamiento en el sistema de molienda.

#### *1.3.1.5 Composición química de los tipos de cemento en el Perú.*

El cemento Portland presenta una composición química voluble que son una mezcla de compuestos de carácter ácido y básico que se presentan como óxidos percibidos entre ciertos límites, de acuerdo a la norma NTP 334.009, que, según el tipo de cemento, se presenta en la siguiente tabla 4.



**Tabla 4***Requisitos químicos*

Requisitos	Método de ensayo aplicable	Tipo de cemento					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), máx. %		-	6,0	6,0	-	-	-
Óxido Férrico, ( $Fe_2O_3$ ), máx. %		-	6,0 <sup>B</sup>	6,0 <sup>B,C</sup>	-	6,5	-
Óxido de magnesio, (MgO), máx. %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre, ( $SO_3$ ), <sup>D</sup> máx. %		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	NTP 334.086	3,5	F	F	4,5	F	F
Cuando ( $C_3A$ ) <sup>E</sup> es 8% o menos		3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Cuando ( $C_3A$ ) <sup>E</sup> es más del 8%		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Pérdida por ignición, máx. %		-	-	-	-	35 <sup>C</sup>	-
Residuo insoluble, máx. %		-	-	-	-	40 <sup>C</sup>	-
Silicato tricálcico, ( $C_3S$ ) <sup>E</sup> , máx. %		-	8	8	15	7 <sup>C</sup>	5 <sup>B</sup>
Silicato dicálcico, ( $C_2S$ ) <sup>E</sup> , máx. %		-	-	10	-	-	-
Aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) <sup>E</sup> , máx. %		-	-	-	-	-	-
Suma de $C_3S + 4,75C_3A$ <sup>G</sup> , máx. %	Véase Anexo A1	-	-	-	-	-	-
Aluminio-ferrito tetracálcico, más dos veces el aluminato tricálcico ( $C_4AF+2(C_3A)$ ), o solución sólida, ( $C_4AF \text{ } C_2F$ ), como sea aplicable, máx. %		-	-	-	-	-	25 <sup>B</sup>

**Fuente:** NTP 334.009

### 1.3.2 Características físicas y mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento se pueden decretar a través de ensayos sobre el cemento puro, pasta de cemento o el mortero. Estas pruebas se consuman en los laboratorios de las fábricas de cemento para afirmar que cumpla con la calidad establecida dentro de los requisitos de las Normas Técnicas Peruanas, en este caso NTP 334.009. (Acevedo y Martinez, 2017, p.24)

### *A Densidad*

La densidad del cemento se precisa como el peso de cemento por unidad de volumen de los sólidos o partículas, descartándose el aire entre las partículas. Se expresa en gramos por centímetro cúbico o en  $\text{kg/m}^3$  (Kosmatka et al., 2004).

No se debe involucrar los parámetros de densidad y peso volumétrico, puesto que el inicial hace reseña a la masa por unidad de volumen de la partícula aislada, mientras que el peso volumétrico hace referencia a la masa por unidad de volumen del conjunto de partículas y espacios entre partículas, la cual depende de la forma de la partícula, la densidad de esta y el acomodamiento de ellos.

El valor varía entre  $3,10 \text{ g/cm}^3$  y  $3,15 \text{ g/cm}^3$ , para cementos con mínima incorporación de adiciones tales son los casos de los cementos tipo II, III, IV y V, siendo inferior a  $3,10 \text{ g/cm}^3$  para el cemento adicionado tipo I dependiendo del tipo de incorporaciones y el porcentaje de transformación del clinker. Cuando presenta otras adiciones para obtener los cementos adicionados, que son de pequeña densidad a la del clinker puro, este valor se reduce notablemente e igualmente ocurre para los cementos meteorizados. La densidad del cemento no establece su calidad, pero examinado junto con la superficie específica se puede deducir si contiene o no adiciones.

El ensayo de densidad del cemento, se efectúa por medio del frasco de Le Chatelier, cuyo método se describe en la norma NTP 334.005.

### *B Finura de las partículas del cemento*

Este parámetro está fusionado a la resistencia y al proceso de hidratación del cemento, puesto que tiene un gran incidente en la velocidad de las reacciones químicas durante el fraguado y posterior endurecimiento del cemento. (Sánchez, 2001)

La hidratación del cemento es muy lenta, por consiguiente, si el grano de cemento es muy grueso, su hidratación total puede llegar a aplazar muchos años, e incluso puede que jamás se hidrate totalmente, por tanto, su rendimiento no será el superior, debido a que el núcleo del grano permanecerá inactivo. (Sánchez, 2001)

Cuando el cemento es muy refinado, la velocidad de hidratación es muy rápida, siendo mayor su aportación a las resistencias iniciales; además, una mayor área de hidratación puede retener mejor el agua originando una pequeña exudación que un cemento grueso. El

cemento surtido por granos finos, muestran una alta retracción y calor de hidratación, los cuales son nocivos para la durabilidad debido al agrietamiento que se puede presentar por estos dos efectos. (González, 1992)

Un incremento en la finura realza la cantidad de yeso requerida para conseguir un efecto retardante apropiado, puesto que en cementos más finos coexiste más C3A libre para una hidratación temprana. El contenido de agua de una pasta de consistencia normal es mayor en un cemento fino, pero un aumento en la finura del cemento mejora levemente la trabajabilidad de una mezcla de concreto. (Neville, 1988, p.14)

El procedimiento para la finura del cemento se puede realizar por diversos métodos, los cuales pueden ser directos, como el tamizado en seco o el tamizado por vía húmeda a través de los tamices de 75 y 45 micras respectivamente. Igualmente se usan los métodos indirectos como el turbidímetro de Wagner y el permeabilímetro de Blaine, este último es el más manipulado en Perú, cuyo procedimiento se describe en la norma NTP 334.002. (Sánchez, 2001)

El ensayo de permeabilidad al viento con el aparato de Blaine mide la superficie específica de las partículas de cemento por unidad de masa. Cementos con partículas crecidamente finas tienen superior superficie específica en metros cuadrados por kilogramo de cemento o en centímetros cuadrados por gramo. A excepción de la AASHTO M-85, la totalidad de las normas de cemento no presentan un límite superior para la finura, solo el mínimo.

Sin embargo, no se ha podido establecer una buena granulometría del cemento y la interrogante que se hacen los investigadores es: ¿Deben ser todas las partículas de similar tamaño o deberán poseer una partición tal que puedan construir una masa más densa?; los datos relativo la influencia del tamaño de las partículas en la velocidad de penetración del agua son algo confusos.

En la actualidad el cemento debe tener una distribución granulométrica aceptable por debajo de 45 micras y esto se determina por equipos de Granulometría Laser.

### *C Tiempo de Fraguado*

El fraguado del cemento es el cambio del estado plástico, a un estado rígido de la pasta de cemento, este efecto no se debe involucrar con el endurecimiento que es la obtención de

resistencia mecánica de la pasta de cemento después de que el fraguado ya se ha producido. (Sánchez, 2001)

En el fraguado del cemento se puede diferenciar dos estados principales, el tiempo de fraguado inicial que acontece desde la incorporación del agua hasta que la pasta presenta un acelerado incremento de su viscosidad y su temperatura, que indica que el cemento se encuentra ligeramente hidratado. La pasta continúa fraguando hasta llegar a la mayor temperatura con una gran pérdida de su plasticidad, este punto se conoce como tiempo de fraguado final. (Sánchez, 2001)

Uno de los factores que intervienen sobre los tiempos de fraguado de la pasta de cemento es la finura del cemento, puesto que entre más refinados son los granos de cemento, mayor es la velocidad de absorción por lo que el tiempo de fraguado será menor. (Sánchez, 2001)

La velocidad de fraguado del cemento es reglamentada con la inclusión del yeso durante el transcurso de fabricación, este reacciona con el C3A durante el transcurso de hidratación, formando la etringita que se transforma después en un monosulfatoaluminato, que imposibilita durante un lapso de tiempo la generación de los productos de hidratación de los demás componentes del cemento. (González, 1992)

En Perú, la determinación del tiempo de fraguado se efectúa con el método de la aguja de Vicat según la norma NTP 334.006 que radica en medir la penetración de una aguja con un peso de 300 gr, en una pasta de cemento de consistencia normal. Se supone que se ha presentado el tiempo de fraguado inicial, cuando la penetración de la aguja es de 25 mm, mientras que en el fraguado final deja una leve huella sobre la superficie de la pasta, sin penetrarla. (Acevedo y Martínez, 2017, p.33)

El endurecimiento correcto resulta de un equilibrio cuidadoso de los compuestos de sulfato y aluminato, temperatura y finura adecuada de los materiales (que controlan la hidratación y la tasa de disolución). La cantidad de sulfato convertido en el yeso tiene un efecto significativo, por ejemplo, en un cemento específico el 2% de yeso permite un tiempo de fraguado de 5 horas, mientras que con el 1% de yeso el fraguado fue rápido y con el 3% se presentó el falso fraguado. (Kosmatka et al., 2004, p.63).

#### *D Estabilidad de Volumen*

El ensayo de expansión en autoclave, bajo las condiciones normalizadas en ASTM C-151 para el cemento portland, pretende determinar en forma acelerada la expansión que experimentará el cemento y, por lo tanto, el mortero u hormigón en el que se utilice, cuando se halla sometido durante largo tiempo a condiciones de humedad permanente o variable. (Dante J. E. Veroneli Asesor Químico de CORCEMAR, 5. A.)

Pese a que todos los cementos muestran deformaciones durante el equilibrio termo-higrométrico, estas son mínimas y sin efectos perniciosos; sin embargo, la exuberancia de algunos compuestos como la cal libre, el óxido de magnesio, el yeso o sulfato de calcio, pueden originar deformaciones colosales luego del fraguado del cemento, los cuales pueden conllevar a la dispersión de los morteros y concretos. (González, 1992)

La verificación de la expansión se efectúa con el ensayo del autoclave NTP 334.004 que consiste en estimar la deformación en probetas prismáticas de pasta de 2,54 x 2,54 x 25,4 cm, sometida a un incremento en el transcurso de hidratación mediante temperaturas y presiones altas, y los valores obtenidos del cambio de longitud en porcentaje se denomina expansión en autoclave.

Si las materias primas que se incorporan al horno, la caliza es la que presenta mayor cantidad de cal de la que puede adherirse con los óxidos ácidos, por lo tanto, el exceso permanecerá en estado libre. Esta cal calcinada se hidrata en forma flemática y, como la cal apagada ocupa mayor volumen que el óxido de calcio original, da lugar a una expansión. A los cementos que experimentan expansión se les conoce como cementos con variación de volumen. (Neville, 1988, p.35)

La expansión del volumen la llaman “sanidad” que se refiere a la habilidad de la pasta de cemento en mantener su volumen. La falta de sanidad o la expansión destructiva retardada es causada por la cantidad excesiva de cal libre o magnesia súper calcinadas. La mayoría de las especificaciones para cemento portland limitan el contenido de magnesia (periclusa) y a la expansión máxima que se mide por el ensayo de expansión en autoclave. (Kosmatka et al., 2004, p.60).

### *E Resistencia a la compresión*

Esta es la característica más significativa del cemento, puesto que esta propiedad será transferida al mortero y el concreto elaborado con el cemento. Como se mencionó precedentemente en el progreso de este trabajo, la hidratación del C3S y C2S, siendo el primero el que suministra la mayor resistencia en edades cortas y el C2S suministra resistencias a edades superiores a 28 días. La resistencia a la compresión del cemento se efectúa sobre cubos de morteros elaborados con arena normalizada, debido que se ha comprobado que los resultados de la resistencia del cemento son muy disipados cuando se realiza en probetas de pasta de cemento. (Acevedo y Martinez, 2017, p.35)

El proceso de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión se encuentra en la norma NTP 334.051 y se establece en probetas cúbicas de 5 cm de lado que se elabora con una parte de cemento y 2,75 partes de arena. En cuanto al importe de agua que se debe adicionar a la mezcla será aquella que provoque una fluidez de  $110 \pm 5 \%$  con 25 golpes en la mesa de flujo.

La NTP 334.009 establece que; la resistencia a la compresión se debe perpetrar a edades de 3 y 7 días y sus valores mínimos son 12 y 19 MPa respectivamente, para el cemento tipo I.

La resistencia de la pasta cementante en el concreto pende de la calidad y de la cuantía de componentes reactivos en la pasta y de su grado de hidratación. El concreto se vuelve más resistente con el tiempo, cuando la temperatura y la humedad aprovechables sean adecuadas. Por lo tanto, la resistencia en cualquier edad es función tanto de la relación agua-cemento y del grado de hidratación del material cementante.

La importancia del curado temprano y minucioso se percibe fácilmente. La diferencia en la resistencia del concreto para una proporcionada relación agua-cemento puede resultar de los cambios del tamaño, granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez del agregado, deferencias en los tipos y fuentes del material cementante, contenido de aire incluido (incorporado), la presencia de aditivos y la duración del curado. (Kosmatka et al., 2004, p.186).

La resistencia a la compresión del cemento no puede ser usada como pronóstico de la resistencia del concreto con un alto grado de precisión, puesto que existen muchas variables en las características de los agregados, mezclado del concreto, procedimientos de construcción y las condiciones del medioambiente en la obra.

### ***1.3.3 Impacto ambiental***

La industria cementera genera impactos ambientales negativos para la salud, durante trabajos para su instalación involucrando a centros poblados. Las explotaciones del cemento incluyen infraestructuras con hornos que emplean el progreso fresco o seco para originar cemento de piedra caliza, y las que emplean agregado sutil para producirlo a partir de esquisto o pizarra. Se utilizan hornos giratorios que elevan los materiales a temperaturas de 1400 °C. Las materias primas principales son piedra caliza, arena de sílice, arcilla, esquisto, marga y óxidos de tiza. Se agrega sílice, aluminio y hierro en modo de arena, arcilla, bauxita, esquisto, mineral de hierro y escoria de alto horno.

Las plantas cementeras pueden tener impactos ambientales positivos en lo que se relaciona con el control de los desechos, la tecnología y los procesos son apropiados para la reutilización o ruina de una diversidad de materiales residuales, incluyendo algún despojos peligroso. Asimismo, el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, equilibrar los efluentes ácidos de las minas, fijar los desechos peligrosos para el asfalto.

### ***1.3.4 Seguridad y salud ocupacional.***

Los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, nos permite: identificar, en cada área, los vitales peligros; evaluar los riesgos y realizar una gestión oportuna para su prevención y mitigación. La seguridad y salud ocupacional se sustenta en el desarrollo de una cultura de prevención de riesgos, que busca promover en los colaboradores y contratistas una conducta responsable frente a la seguridad, tomando en cuenta, medidas preventivas y reactivas de protección de la salud e integridad del personal.

### ***1.3.5 Gestión de riesgos y prevención de desastres.***

Las tablas que se van a describir a continuación, van a contemplar las gestiones de riesgos y sus medidas preventivas. Debe recalcarse que existen multitudinarios agentes tales como (humanos y técnicos) que podrían maximizar la probabilidad de ocurrencias de los riesgos identificados.

### 1.3.5.1 Medidas preventivas en la cantera

**Tabla 5**

*Prevención de desastres (cantera)*

Actividad	Riesgos	Medidas preventivas
Manipulación de explosivos	Transporte	No fumar ni hacer llama. Transporte separado de los fulminantes. Evitar el transporte de materiales inflamables.
	Almacenamiento	No fumar ni hacer llama. Almacenar separado de los fulminantes. Evitar materiales inflamables. Limpiar los agujeros antes de cargarlos. Cargar los agujeros inmediatamente antes de la explosión. Nunca realizar simultáneamente en el mismo frente la perforación y carga de agujeros.
	Colocación y encendido de cargas en agujeros	Evitar las explosiones eléctricas en casos de tormentas. Verificar la continuidad de la línea de explosión por el Jefe de Cantera. Disponer de refugios y utilizarlos. Señalizar acústicamente la iniciación y final de la explosión. Impedir el acceso al área de explosión antes de que transcurra el intervalo de tiempo de seguridad.
	Después de la explosión de los agujeros	Cerciorarse que han hecho explosión todos los agujeros. Adoptar las medidas preventivas normalizadas y específicas en la retirada de agujeros no explosionados.

*Fuente: Elaboración propia.*

### 1.3.5.2 Medidas de prevención en los trabajos de trituración

**Tabla 6**

*Prevención de desastres (trituración de material cementante)*

Actividad	Riesgos	Medidas preventivas
Trituración de materia prima	Caída desde altura	Diseño y construcción adecuados de las instalaciones de trituración. Seguimiento estricto del procedimiento de trabajo. Mantener en estado adecuado la barrera de cadenas. Impedir que se remuevan o desplacen las protecciones colectivas instaladas. No sobrepasar nunca las barandillas o barreras de seguridad, respetar la señalización de seguridad.
	Proyecciones	Impedir que se remuevan o desplacen las protecciones colectivas instaladas.



		<p>No sobrepasar nunca las barandillas o barreras de seguridad, respetar la señalización de seguridad.</p> <p>Emplear equipos de protección individual: casco.</p> <p>Realizar un seguimiento estricto del procedimiento de trabajo.</p> <p>Impedir que se remuevan o desplacen las protecciones colectivas instaladas.</p> <p>No sobrepasar nunca las barandillas o barreras de seguridad, respetar la señalización de seguridad.</p>
Atrapamiento y golpes	y	<p>Poner atención en el empleo de barras, evitando golpear a otros compañeros.</p> <p>Prohibir acceder al interior de la trituradora sin antes haber colocado la caja de seguridad en cero y el cartel correspondiente. Además es necesario que un compañero permanezca siempre junto a la entrada.</p> <p>Jamás manipular en bandas de transporte en movimiento.</p> <p>Utilizar equipos de protección individual: guantes.</p>
Caídas a nivel		<p>Impedir que se remuevan o desplacen las protecciones colectivas instaladas.</p> <p>Emplear equipos de protección individual: botas de seguridad.</p>
Ruido		<p>Para evitar exposiciones a elevados niveles de ruido hay que utilizar el equipo de protección individual: protectores auditivos.</p>
Inhalación de polvo		<p>Para evitar inhalación de polvo se debe utilizar el equipo de protección individual: mascarilla antipolvo.</p>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 1.3.5.3 Medidas de prevención para transporte de materias.

**Tabla 7**

*Prevención de desastres (transporte de materias)*

Transportadores	Riesgos	Medidas preventivas
Neumáticos y manuales	Proyección de materias y de materiales (presión).	Aislar y controlar la producción del aire (compresor, ventilador).
	Calor (temperatura de la materia transportada).	Poner al aire libre el aparato bajo presión. Llevar los equipos individuales de protección (gafas, guantes).
Elevadores	Proyección y caída de materias.	<p>Funcionamiento: Llevar gafas. Alejarse de la zona de evolución de partes en movimiento.</p> <p>Intervención: Realizar un bloqueo mecánico visible</p>

Automáticos de bandas o cadenas	Arrastre de una herramienta a o de una parte corporal.	Asegurarse de ausencia de materias.
		Mantener en su sitio y en buen estado los protectores y los dispositivos de seguridad.
		Utilizar los transportadores solamente para transportar materias.
		No apoyar o dejar una herramienta sobre el transportador aunque no esté en funcionamiento.
		Visitar la instalación después de una parada accidental.

*Fuente: Elaboración propia.*

### **1.3.6 Estimación de costo**

- El pago por flete de materiales cementantes de las diversas marcas utilizadas.
- El pago de los ensayos de mecánica de materiales realizados por cada ensayo.

### **1.3.7 Normativa**

#### **1.1.1.1. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland (NTP 334.005:2011)**

Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para la determinación de la densidad del cemento Portland (Frasco Volumétrico Le Chatelier).

#### **1.1.1.2. Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 µm (No.325) (NTP 334.045:2010)**

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la finura del cemento por tamizado húmedo, mediante el empleo del tamiz normalizado N° 325 (45µm).

#### **1.1.1.3. Método de ensayo para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico (NTP 334.074).**

La presente norma establece el procedimiento para determinar la consistencia normal en cementos hidráulicos.

#### **1.1.1.4. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat (NTP 334.006:2013)**

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante la aguja de Vicat. Se consideran dos métodos; el Método A es el de referencia, el Método B permite el uso de una máquina Vicat automática la cual ha demostrado, de acuerdo a la calificación de esta Norma Técnica Peruana un comportamiento adecuado.

#### **1.1.1.5. Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento portland curado en agua. (NTP 334.093:2001)**

Este método de ensayo cubre la determinación de la expansión de barras de morteros elaborados de cemento hidráulico curadas en agua. La expansión de la barra de mortero puede relacionarse a la cantidad de sulfato en el cemento; la expansión se torna excesiva cuando el cemento contiene demasiado sulfato.

#### **1.1.1.6. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado (NTP 334.051:2013)**

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, usando cubos de 50 mm de lado.

#### **1.1.1.7. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland (NTP 334.057:2011 - revisada el 2016)**

La presente Norma Técnica Peruana establece los requisitos para la mesa de flujo y aparatos accesorios utilizados en la determinación de la fluidez para la consistencia de morteros en ensayos de cemento Portland, tal como, pero no limitado a, el método de ensayo descrito en la NTP 334.057.

### **1.1.1.8. Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico (NTP 334.048:2014)**

Esta Norma Técnica Peruana establece un procedimiento para determinar el contenido de aire en morteros de cemento hidráulico.

### **1.1.1.9. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica (NTP 334.003:2017)**

Esta Norma Técnica Peruana establece el método para obtener pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica y se requiere para la ejecución de los ensayos y determinaciones normalizadas.

#### ***1.3.8 Definición de términos.***

**Agua:** Es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

**Cemento:** Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. NTP 334.001.

**Cemento Portland:** Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. NTP 334.009.

**Consistencia normal:** Es la cantidad de agua requerida que se le agrega al cemento para lograr una determinada fluidez.

**Densidad:** Es la masa de una unidad de volumen de los sólidos del cemento Portland.

**Dosificación:** Dosis, cantidades que se toman para preparar algo.

**Equipo:** Elementos auxiliares para la realización de un trabajo.

**Estabilidad de Volumen:** Todos los cementos tienen pequeñas deformaciones de contracción y dilatación de acuerdo al equilibrio termo higrométrico en la zona de construcción; deformaciones previsibles y controlables. Estos desarreglos pueden atribuirse

a un exceso de los siguientes compuestos: Cal libre (CaO), Magnesia libre MgO especialmente cristalizada, Yeso (SO<sub>4</sub>Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O) (González de la Cotera S, Características Físicas y mecánicas del cemento, 1992).

**Finura:** Es el tamaño de las partículas que constituyen una masa de cemento.

**Fraguado del cemento:** Es el cambio del estado plástico al estado sólido de una pasta de cemento y esto se debe a las reacciones de hidrólisis que conllevan al fraguado y endurecimiento.

**Frasco de Le Chatelier:** Es un frasco de cristal de forma definida en la norma NTP 334.005 que tiene como objetivo fundamental determinar la densidad del cemento.

**Mezcla:** La mezcla tiene como objetivo recubrir todas las partículas de agregado con la pasta de cemento y combinar todos los componentes del concreto hasta lograr una masa uniforme.

**NTP:** Norma Técnica Peruana.

**Pasta de cemento:** Mezcla de cemento y agua. También llamada lechada de cemento.

**Resistencia a la compresión:** Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.

## **1.4 Formulación del problema**

¿Cómo varían comparativamente las características físico y mecánicas de las diferentes marcas de cemento portland tipo I, durante su comercialización en el norte y centro del Perú?

## **1.5 Justificación e importancia del estudio**

### ***1.5.1 Justificación técnica***

En la actualidad, los controles de calidad en obras de ingeniería son más frecuentes debido a que lo que se busca es que todo proyecto ejecutado cuente con respaldo de los materiales empleados y procesos constructivos, es por ello que la investigación busca causar un impacto técnico, demostrando así las competencias físicas y mecánicas, en relación a los requisitos mínimos de la NTP 334.009, de los cementos comercializados en el norte y centro del Perú.

### ***1.5.2 Justificación social***

Debido al perfeccionamiento de la humanidad, ha generado como producto al cemento, ya que hoy en día es el más usado en la industria de la construcción, consecuentemente, al conocer sus características físicas y mecánica implica la utilización de un producto de calidad en las futuras construcciones de nuestro País.

### ***1.5.3 Justificación económica***

Por lo general en el Perú, la industria de la construcción aumenta progresivamente, ello implica también el aumento de la producción del cemento, La investigación se justifica económicamente debido a que se va a evaluar el costo, beneficio y calidad del Cemento Portland Tipo I, debido a que es indispensable su uso en todo tipo de construcciones civiles.

## **1.6 Hipótesis**

Las características físicas y mecánicas de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I, durante su comercialización, varían proporcionalmente, dentro de los requisitos mínimos establecido en la NTP 334.009.

## **1.7 Objetivos**

### ***1.7.1 Objetivo general***

Evaluar comparativamente las características físico – mecánicas de las diferentes marcas de cemento portland tipo I, comercializadas en el norte y centro del Perú, para determinar el cumplimiento con los requisitos establecidos en la NTP 334.009.

### ***1.7.2 Objetivos específicos***

- a. Determinar las características físicas y mecánicas mediante los ensayos de laboratorio.
- b. Procesar los resultados de cada ensayo físico y mecánico para conocer la confiabilidad de los datos.
- c. Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la NTP 334.009.
- d. De acuerdo a los resultados obtenidos se sugerirá la utilización del cemento más rentable.

## **CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS**

## **2.1 Tipo y diseño de investigación**

### ***2.1.1 Tipo de Investigación***

**Cuantitativa – Tecnológica** ya que los valores de las variables son números (datos medibles) y genera conocimiento al comparar sus propiedades físicas y mecánicas del cemento portland tipo I, determinando su desempeño a través de ensayos estandarizados del cemento puro, pasta y mortero.

### ***2.1.2 Diseño de Investigación***

**Experimental**, ya que se estimulará la variable independiente (cemento Portland) a través de ensayos de laboratorio para medir los efectos causados en la variable dependiente (desempeño de las propiedades físicas y mecánicas).

**Descriptiva**, ya que comprende el proceso de identificación, descripción, caracterización de la realidad actual de las diferentes marcas del cemento Portland tipo I.

## **2.2 Población y muestra**

### ***2.2.1 Población:***

Consta del Cemento Portland Tipo I que se comercializan en el norte y centro del Perú.

### ***2.2.2 Muestra:***

El número de muestras para esta investigación está determinado por:



**Tabla 8***Cantidad de muestras de ensayo*

NTP 334.005:201 1	Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland (Frasco Volumétrico Le Chatelier).	NTP 334.006:2013	Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.			
	MARCA CEMENTO	N° de muestra	MARCA CEMENTO	N° de muestra		
	Cemento Qhuna	6	Cemento Qhuna	6		
	Cemento Quisqueya	6	Cemento Quisqueya	6		
	Cemento Pacasmayo	6	Cemento Pacasmayo	6		
	Cemento Sol	6	Cemento Sol	6		
	Cemento Andino	6	Cemento Andino	6		
	Cemento Inka	6	Cemento Inka	6		
		<b>36</b>		<b>36</b>		
NTP 334.045:201 0	Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 µm.	NTP 334.093:2001	Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento portland curado en agua.			
	MARCA CEMENTO	N° de muestra	MARCA CEMENTO	N° de muestra		
	Cemento Qhuna	4	Cemento Qhuna	4		
	Cemento Quisqueya	4	Cemento Quisqueya	4		
	Cemento Pacasmayo	4	Cemento Pacasmayo	4		
	Cemento Sol	4	Cemento Sol	4		
	Cemento Andino	4	Cemento Andino	4		
	Cemento Inka	4	Cemento Inka	4		
		<b>24</b>		<b>24</b>		
NTP 334.074:201 1	Método de ensayo para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico.	NTP 334.051:2013	Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado			
	MARCA CEMENTO	N° de muestra	MARCA CEMENTO	Tiempo de rotura	Repeticiones	N° de muestra
	Cemento Qhuna	2	Cemento Qhuna			12
	Cemento Quisqueya	3	Cemento Quisqueya			12
	Cemento Pacasmayo	4	Cemento Pacasmayo	3 días	4	12
	Cemento Sol	4	Cemento Sol	7 días		12
	Cemento Andino	3	Cemento Andino	28 días		12
	Cemento Inka	2	Cemento Inka			12
		<b>18</b>				<b>72</b>

**NTP 334.057:** Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros  
**2011** de cemento Portland

<b>MARCA CEMENTO</b>	<b>N° de muestra</b>
Cemento Nacional	4
Cemento Sol	4
Cemento Comacsa	3
Cemento Pacasmayo	2
Cemento Selva	3
Cemento Qhuna	1
	<b>17</b>

**NTP** Determinación del contenido de aire en morteros de  
**334.048:2014** cemento hidráulico

<b>MARCA CEMENTO</b>	<b>N° de muestra</b>
Cemento Qhuna	4
Cemento Quisqueya	4
Cemento Pacasmayo	4
Cemento Sol	4
Cemento Andino	4
Cemento Inka	4
	<b>24</b>

---

**N° TOTAL DE MUESTRAS A ENSAYAR** **251**

*Fuente:* Elaboración propia

## **2.3 Variables**

### **2.3.1 Variable independiente**

Características físicas y mecánicas.

### **2.3.2 Variable dependiente**

El cemento Portland tipo I

### 2.3.3 Operacionalización

#### 2.3.3.1 Variable independiente

Variable independiente	Dimensión	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnicas recolección información	de de	Instrumentos recolección información	de de	Instrumentos de medición	de		
Características del cemento portland	Físicas	Finura	área/ masa	cm <sup>2</sup> /g	Observación directa y análisis de documentos	de	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	de	NTP 334.045:2010 – Tamiz 45 µm (N°325)			
			de	Tiempo inicial Tiempo final							min min	NTP 334.006:2013 – Agujas de Vicat
	Mecánicas	Densidad	masa / volumen	g/cm <sup>3</sup>	Observación directa y análisis de documentos	de	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	de	NTP 334.005 – Frasco Le Chatelier			
			Expansión								%	NTP 334.093:2001 – Expansión de barras curadas en agua
												%
		Resistencia de cubos de mortero	de masa/área	Kg/cm <sup>2</sup>	Observación directa y análisis de documentos	de	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	de	NTP 334.051:2013 – Especímenes cúbicos de compresión			
		Contenido de aire	de	%							NTP 334.048:2014 – Medidor de contenido de aire	

### 2.3.3.2 Variable dependiente

Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnicas de recolección de información	Instrumentos de recolección de información	Instrumentos de medición
Cemento Portland tipo I	Marcas	Cemento Qhuna Cemento Quisqueya Cemento Pacasmayo Cemento Sol Cemento Andino Cemento Inka	Nominal	-	Observación directa y análisis de documentos	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	Compra directa
	Fichas técnicas	Propiedades físicas Propiedades mecánicas Propiedades químicas	Nominal	-	Observación directa y análisis de documentos	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	Ficha técnica de calidad de producción
	Análisis económico	Costo/Bolsa/Lugar	Ordinal	-	Observación directa y análisis de documentos	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	Costo unitario del mismo
	Localización	Costa Sierra Selva	nominal	-	Observación directa y análisis de documentos	Guía de observación – Análisis de documentos – Recolección de Datos	Lugar de producción

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1 Técnicas de recolección de datos

Observación: Dichos datos se obtuvieron de la ejecución de ensayos estandarizados de laboratorio debidamente controlados.

Análisis de documentos: Se recopiló, analizó y seleccionó información relacionada con el tema de investigación la cual se va a necesitar de libros, tesis, revistas, artículos, normas, etc.

### 2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

#### 2.4.2.1 Guía de Observación

Se emplearon formatos de recopilación de datos (finura, densidad, expansión, tiempo de fraguado, contenido de aire y resistencia) , a fin de registrar los resultados obtenidos según cada ensayo realizado en laboratorio, para ello se tuvo que revisar previamente ciertas normas técnicas el cual facilitaron el proceso.

#### 2.4.2.2 Guía de documentos

Contiene la normativa NTP; las cuales establecen especificaciones adecuadas en cuanto a la ejecución de ensayos de laboratorio a fin de obtener resultados confiables.

### Tabla 9

#### Descripción de las Normas Técnicas Peruanas (NTP)

Norma técnica	Descripción
NTP 334.005:2011	Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland
NTP 334.045:2010	Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 $\mu\text{m}$ (No.325)
NTP 334.074:2011	Método de ensayo para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico
NTP 334.006:2013	Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat
NTP 334.093:2001	Método de ensayo para determinar la expansión de barras de morteros de cemento portland curado en agua.
NTP 334.051:2013	Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado
NTP 334.057: 2011	Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland

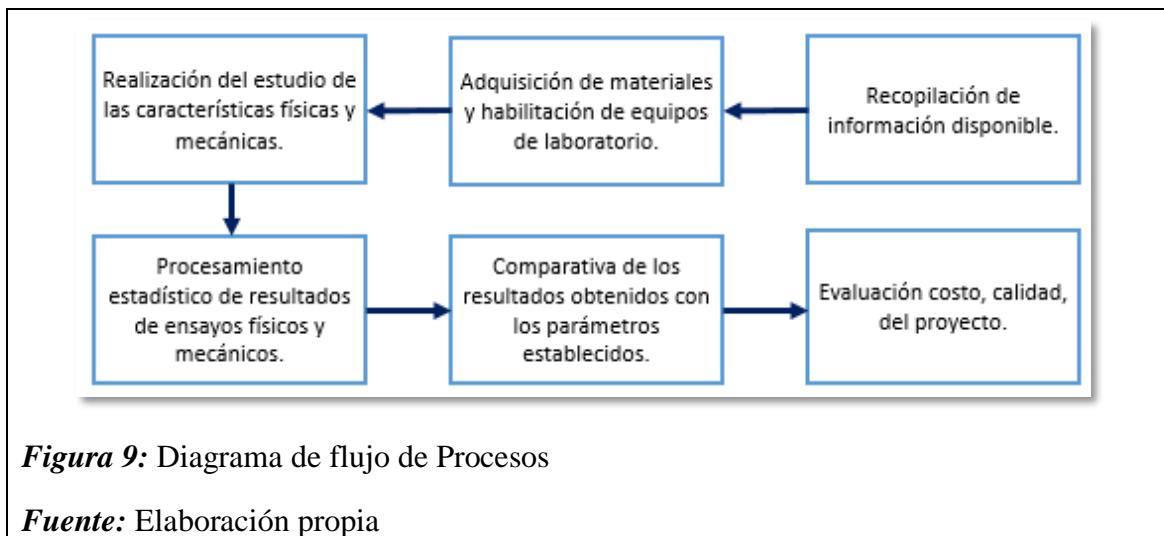
NTP 334.048:2014	Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico
NTP 334.003:2017	Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.5 Procedimientos de análisis de datos

Para el análisis de datos, se hará empleo de la estadística descriptiva, a través de la aplicación del software Microsoft office Excel de tal manera que permitirá procesar y tabular los datos.

### 2.5.1 Diagrama de flujo de procesos



### 2.5.2 Descripción de procesos

#### 2.5.2.1 Recopilación de información disponible.

Consistió en la recolección de información disponible referente a los estudios de las características físicas y mecánicas del Cemento Portland Tipo I, precedente del INACAL; Así como trabajos de investigación (tesis), relacionados al presente.

Para la obtención de las NTP, se ingresó al sitio web del INACAL ([www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)).

Desplazar hacia abajo y ubicarse en nuestros servicios (figura 10), haciendo clic en tienda virtual para accederla.



**Figura 10:** Sitio web INACAL.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 11:** Ventana de búsqueda de Normas - INACAL.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.5.2.2 Adquisición de materiales y habilitación de equipos de laboratorio.

Consistió en la adquisición de los materiales y equipos involucrados en la presente investigación, a la misma vez habilitación de los equipos presentes en el laboratorio de mecánica de suelos y rocas.



**Figura 12:** Equipos comprados por los tesistas.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 13:** Equipos de laboratorio.

**Fuente:** Elaboración propia.



### 2.5.2.3 Realización del estudio de las características físicas y mecánicas.

Se realizó los ensayos del Cemento Portland Tipo I, teniendo en cuenta los procedimientos que nos indican la Norma Técnica Peruana.

#### A. DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

Este ensayo se realizó con 64 g de cemento portland, el instrumento principal es el Frasco Le Chatelier, aseguramos que dicho frasco este seco y limpio de impurezas, llenamos el frasco entre las marcas de 0 y 1 ml (recomendable en la marca 0 ml) con el líquido especificado.



**Figura 14:** Llenado del Frasco Le Chatelier con kerosene.

**Fuente:** Elaboración propia.

Sumergimos el frasco en un depósito con agua a temperatura ambiente sin que existan diferencias mayores de  $0.2^{\circ}\text{C}$  entre la temperatura del líquido dentro del frasco y exterior a éste. (Tomamos lectura del volumen y la temperatura de ensayo).



**Figura 15:** Lectura inicial de ensayo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Depositamos los 64 g de cemento en cantidades pequeñas teniendo cuidado sin ocasionar salpicaduras y observando que el cemento no se adhiere en el interior del frasco. Luego de depositar el cemento colocamos el tapón en el frasco y hacemos girar éste en una posición inclinada de 45° y suavemente giramos circularmente de tal manera de liberar el aire del cemento hasta que no exista escape de burbujas hacia la superficie.



**Figura 16:** Deposición de los 64 g de cemento portland tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente sumergimos el frasco en el depósito con agua manteniendo la misma temperatura (tomamos lectura del volumen y temperatura).



**Figura 17:** Lectura final del ensayo.

**Fuente:** Elaboración propia.

*B. FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ 45  $\mu$ m (No.325)*

Este ensayo se realizó con 1.000 g de cemento portland tipo I y como equipo principal utilizamos el tamiz de 45  $\mu$ m (No. 325).

Colocamos los 1.000 g de muestra sobre el tamiz limpio y seco, humedeciéndolo completamente con una suave corriente de agua.



**Figura 18:** Depósito de los 1.000 g de cemento portland tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

Retiramos el tamiz del aspersor para luego ajustar la presión a 69 kPa  $\pm$  4 kPa y lavar la muestra por un minuto moviendo el tamiz en forma circular en un plano horizontal a la velocidad de una vuelta por segundo, manteniendo una distancia entre la base de la boquilla del rociador y la parte superior del tamiz de 12 mm.



**Figura 19:** Lavado de la muestra bajo el rociador del aspersor.

**Fuente:** Elaboración propia.

Volvemos a retirar el tamiz con la muestra para lavar aproximadamente con 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada, teniendo cuidado que se pierda residuos de la muestra.

Secamos la superficie inferior del tamiz con un paño húmedo, para llevarlo a un secado final a un horno (no calentar demasiado), manteniendo el tamiz de manera que el aire pueda pasar libremente a través de la parte inferior de éste.

Finalmente dejamos enfriar el tamiz, para luego retirar el residuo con una brocha y pesarlo en la balanza analítica con aproximación de 0,0005 g.



**Figura 20:** Retiro y pesado de la muestra.

**Fuente:** Elaboración propia.

### ***C. TIEMPO DE FRAGUADO DE LAS PASTAS DE CEMENTO PORTLAND***

Este ensayo se realizó con la preparación de una pasta de cemento utilizando 650 g. de cemento y con un porcentaje de agua necesario que se sugiere para una consistencia normal.



**Figura 21:** Preparación de pasta de cemento portland.

**Fuente:** Elaboración propia.

Inmediatamente después de la finalización del mezclado, moldeamos el espécimen de prueba haciendo una bola con las manos, pasándola seis veces de una mano a otra, manteniendo las manos apartada en 6” aproximadamente.



**Figura 22:** Moldeo del espécimen.

**Fuente:** Elaboración propia.

Ajustamos la mezcla dentro del extremo mayor del anillo cónico llenamos con la pasta hasta que sobresalga en el otro extremo. Removemos el exceso en el extremo mayor por un solo movimiento de la palma de la mano.

Colocamos el molde cónico con su extremo mayor en una placa de vidrio y cortamos el exceso de pasta en la parte superior del extremo con espátula.



**Figura 23:** Colocación del espécimen en el tronco cónico.

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego dejamos reposar el espécimen con la placa de vidrio en el gabinete húmedo por 30 minutos sin ser alterado.

Determinamos la penetración de la aguja de Vicat de 1 mm en ese momento y luego cada 15 min hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos.

Continuamos las penetraciones hasta determinar el tiempo transcurrido en el primer instante en que la aguja no haga una marca visible en la pasta endurecida. Éste tiempo será reportado como el tiempo de fraguado final.



**Figura 24:** Lectura de las penetraciones con la aguja de Vicat.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *D. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPÉCIMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO.*

Este ensayo se realizó inicialmente con la preparación del mortero mezclando 500 g. de cemento con 1375 g. de arena estandarizada.



**Figura 25:** Preparación de la mezcla de mortero.

**Fuente:** Elaboración propia.

La mezcla se realiza mecánicamente de acuerdo con el procedimiento de mezclado con un contenido de agua que garantice un flujo de  $110 \pm 5$  en 25 golpes de la mesa de flujo y se determina el flujo de la mezcla.





**Figura 26:** Mesa de flujo para determinar la fluidez del mortero.

**Fuente:** Elaboración propia.

Se mezcla nuevamente y se moldean los cubos.

Una vez que el mortero fragua, después de un día de curado en el molde, se desmoldan y se sumergen en agua.



**Figura 27:** Moldeado de los cubos de mortero de 50 mm de lado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente se determina la resistencia a la compresión aplicando carga en las caras del espécimen que estuvieron en contacto con la superficie del molde.



**Figura 28:** Determinación de la resistencia a la compresión de los cubos de mortero de 50 mm de lado.

**Fuente:** Elaboración propia.

*E. EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO CON CEMENTO PORTLAND CURADAS EN AGUA.*

Este ensayo se realizó al igual que el anterior preparando una mezcla de mortero utilizando 500 g. de cemento, 1375 g. de arena gradada. Indicado en la norma una relación agua – cemento de 0,485 para cemento portland.



**Figura 29:** Preparación del mortero para posterior ensayo.

**Fuente:** Elaboración propia.

La cantidad de especímenes a preparar serán cuatro por cada cemento de 25 mm x 25 mm x 285 mm (1 pulg x 1 pulg x 11,25 pulgadas). Luego moldearlos se colocan en un cuarto de curado húmedo por  $22.5 \pm 0.5$  h con superficie superior expuesta al aire húmedo pero protegida de goteo.



**Figura 30:** Moldeo de los especímenes de mortero en las barras.

**Fuente:** Elaboración propia.



Sacamos los moldes del cuarto húmedo después del tiempo indicado y lo colocamos en agua mantenida a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$  y luego de 30 minutos realizamos la medición inicial.

Finalmente luego de realizar la medición inicial nuevamente colocamos los moldes en el agua durante 14 días para poder realizar la lectura de la medición final.



**Figura 31:** Lectura de los especímenes en el equipo comparador de longitud.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### F. CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND.

Este ensayo se realizó preparando un mortero normal con 350 g. de cemento y 1400 g. de arena estándar 20-30 y agua suficiente para con un flujo de  $87,5\% \pm 7,5\%$  en la mesa de flujo.



**Figura 32:** Fluidez de la muestra en la mesa de Flujo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego procedimos a la determinación de la masa de mortero de 400 mL, donde mediante 3 capas iguales compactadas 20 veces por capa con el pisón alrededor de la superficie interna del recipiente de medida.



**Figura 33:** Llenado de los moldes en capas.

**Fuente:** Elaboración propia.

Después de llenado el recipiente de medida der ligeros golpes a los costados, para luego verificar el peso de la muestra con mortero más el molde.

La cantidad de muestra a ensayar serán 4 para cada cemento.

Finalmente, después de pesar las 4 muestras se procedería al trabajo de gabinete.

#### *2.5.2.4 Procesamiento estadístico de resultados de ensayos físicos y mecánicos.*

Consistió en el análisis y la validación de los resultados de ensayos realizados en el laboratorio mediante procesos estadísticos que permitirán proporcionar un resultado ponderado.

#### *2.5.2.5 Comparativa de los resultados obtenidos con los parámetros establecidos.*

La comparativa de los resultados obtenidos de las características físicas y mecánicas, se realizarán entre las diferentes marcas de Cemento Portland Tipo I en función a los requisitos mínimos establecidos en la NTP 334.009 – 2013.

#### *2.5.2.6 Evaluación costo, calidad del proyecto.*

Se determinará la rentabilidad del proyecto en función a la calidad, mediante indicadores, con el objetivo de evaluar el desempeño del cemento.

## **2.6 Criterios éticos**

### ***2.6.1 Ética de la recolección de datos***

Los formatos para la evaluación de las características físicas y mecánicas del cemento portland se aplicarán tal y como los correspondientes a la Norma Técnica Peruana.

Se presentará base teórica actualizada y confidencial, permitiendo así ser una guía para recopilar información del tema en estudio.

### ***2.6.2 Ética de la publicación***

Optimistas de tener resultados experimentales correctos producto de nuestra investigación, tomando en cuenta las Normas Técnicas Peruanas (NTP), se procederá a dar por terminado nuestro proyecto final de tesis, sirviendo así a posteriores estudios.

### ***2.6.3 Ética de la aplicación***

La investigación generará todo tipo de beneficios sociales, económicos, y técnicos, debido que al determinar las características físicas y mecánicas de las diferentes marcas de cemento portland tipo I comercializadas en el norte y centro del Perú daremos a conocer la calidad evaluadas de acuerdo a las NTP vigentes del cemento portland.

## **2.7 Criterios de Rigor científico**

Cuando hablamos de calidad de la investigación aludimos al rigor metodológico con que ha sido diseñada y desarrollada, y a la confianza que, como consecuencia de ello, podemos tener en la veracidad de los resultados conseguidos. En general, la idea de calidad de la investigación se asocia por tanto a la credibilidad del trabajo desarrollado. (Cortés & Iglesias, 2004)

### ***2.7.1 Fiabilidad***

Todos los estudios realizados en esta investigación son confiables, ya que se ejecutaron según las indicaciones brindadas por las respectivas normas. Además, se contó con óptimos equipos de laboratorio para la ejecución de los mismos brindando seguridad en la veracidad de los resultados.

## **CAPÍTULO III RESULTADOS**

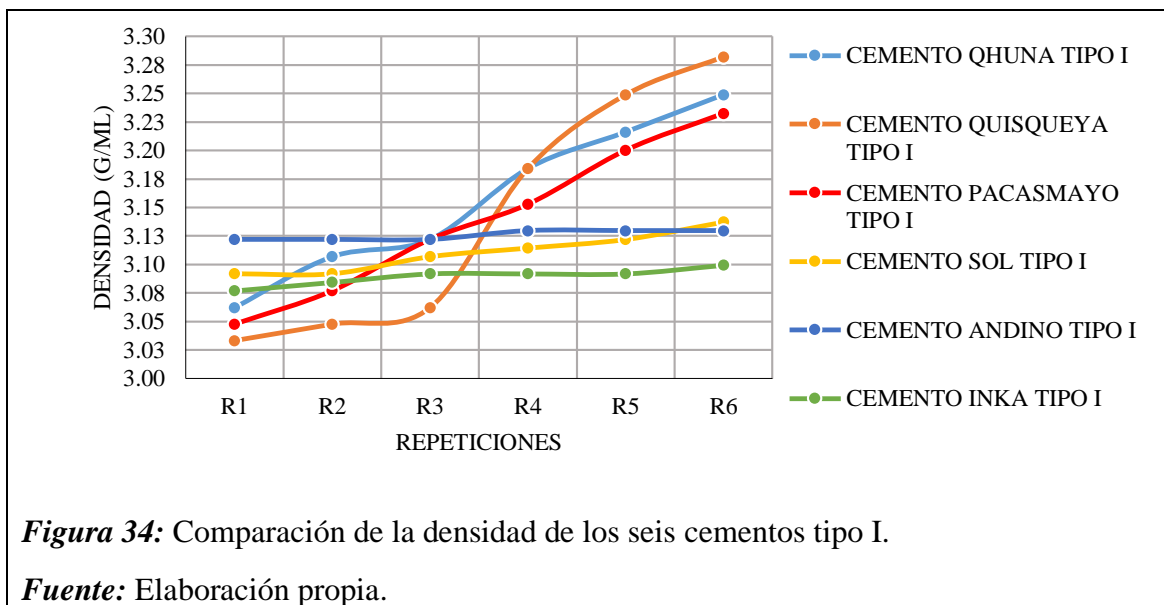
### 3.1 Resultados

#### 3.1.1 Determinar las características físicas y mecánicas mediante los ensayos de laboratorio.

Para la determinación de las características físicas y mecánicas de los cementos portland tipo I, se realizaron los ensayos en el laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, evaluando al cemento en puro, pasta y mortero. Las características físicas y mecánicas que se determinaron son densidad, finura, consistencia normal, tiempo de fraguado inicial y final, fluidez de mortero, expansión de barras de mortero, contenido de aire y resistencia a 3, 7 y 28 días.

##### 3.1.1.1 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland (Frasco Volumétrico Le Chatelier).

Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.005:2011), para la obtención de los siguientes resultados.



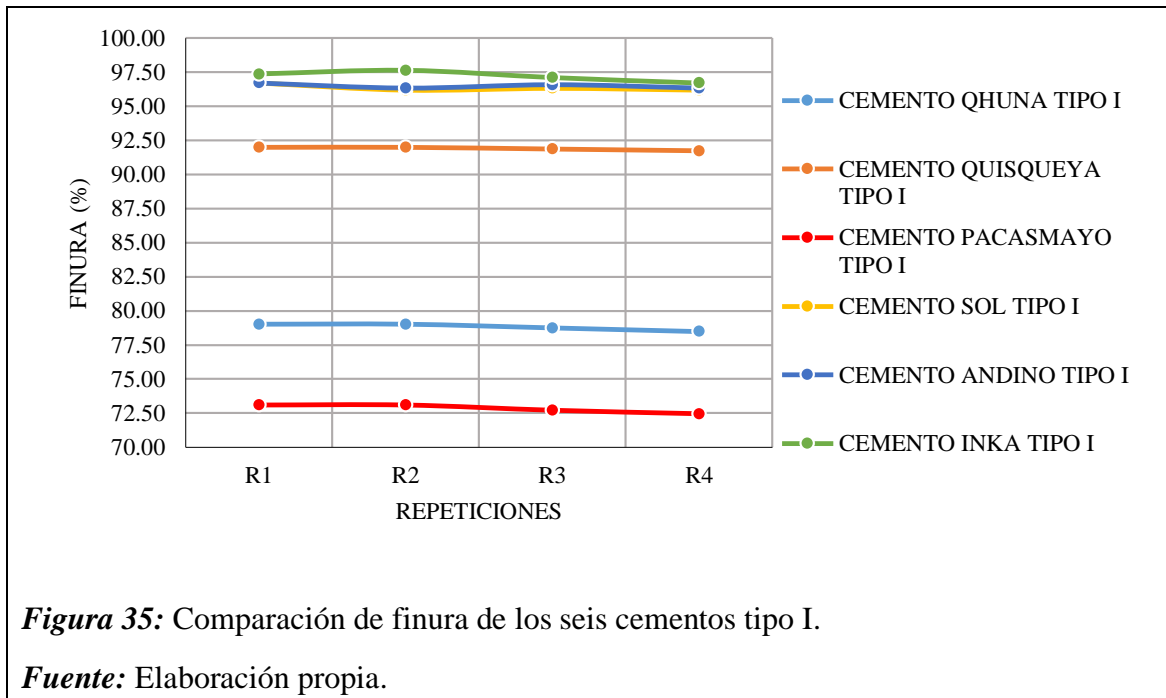
**Figura 34:** Comparación de la densidad de los seis cementos tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 34, las densidades de las 6 marcas de cemento no son semejantes entre ellos, lo cual indica que la cantidad de adicionales que se usan para la elaboración del cemento es distinta para cada uno.

### 3.1.1.2 Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 $\mu\text{m}$ .

Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.045:2010), para la obtención de los siguientes resultados.



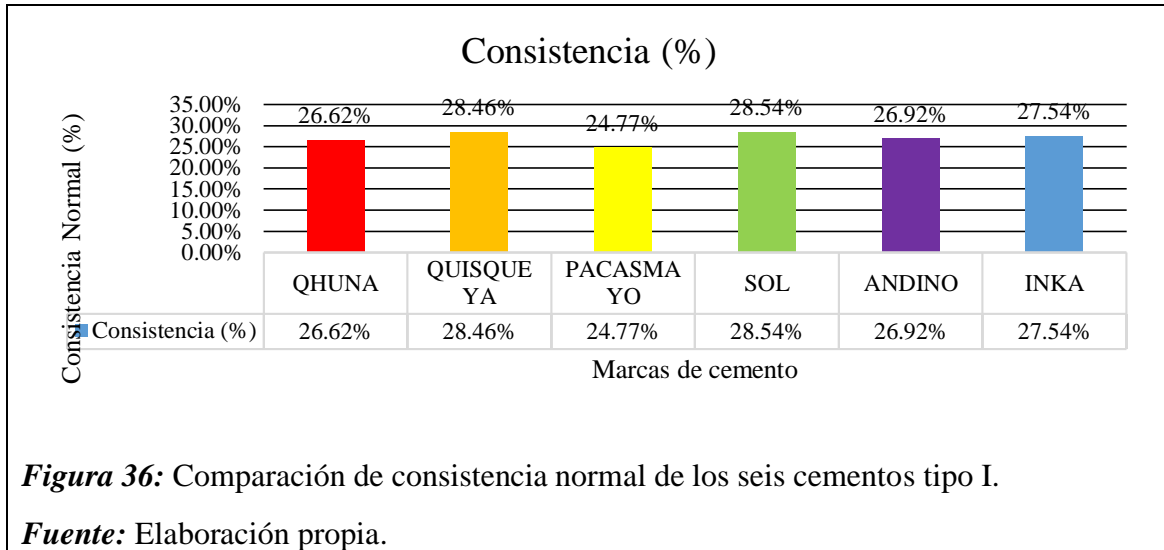
**Figura 35:** Comparación de finura de los seis cementos tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 35, se puede observar notoriamente que los cementos Inka, el cemento Andino, el cemento Sol y el cemento Quisqueya, presentan partículas muy finas que están por encima del 90%.

**3.1.1.3 Método de ensayo para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico.**

Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.074:2011), para la obtención de los siguientes resultados.



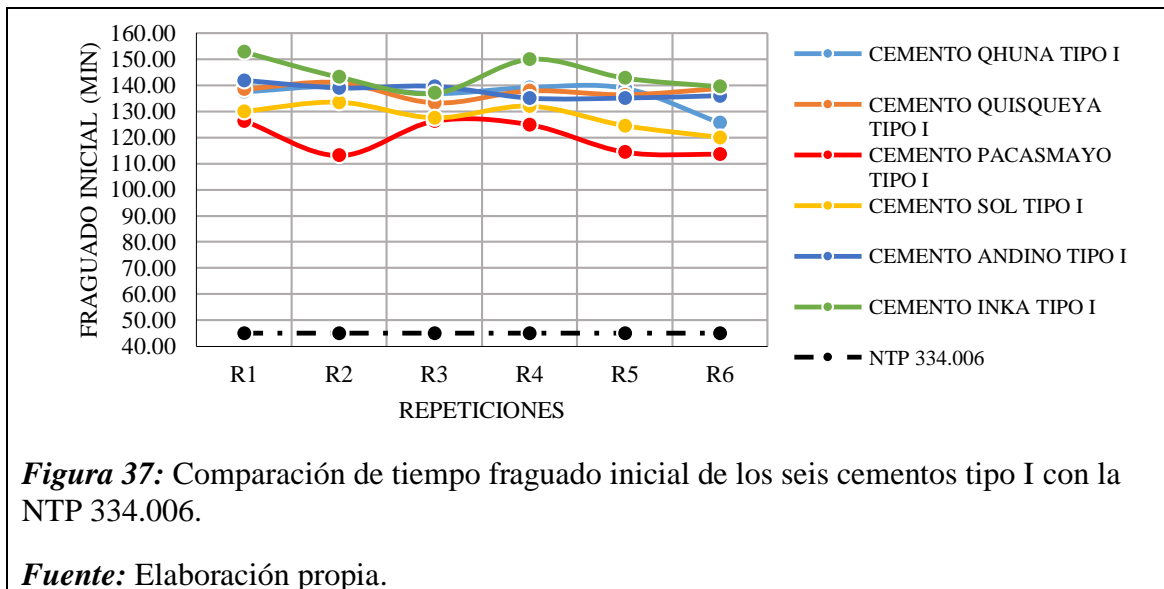
**Figura 36:** Comparación de consistencia normal de los seis cementos tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 36, se puede observar que las marcas de cemento que presentan un porcentaje de consistencia variante entre los mismos con el fin de lograr una penetración en el aparato de Vicat de 9.5mm.

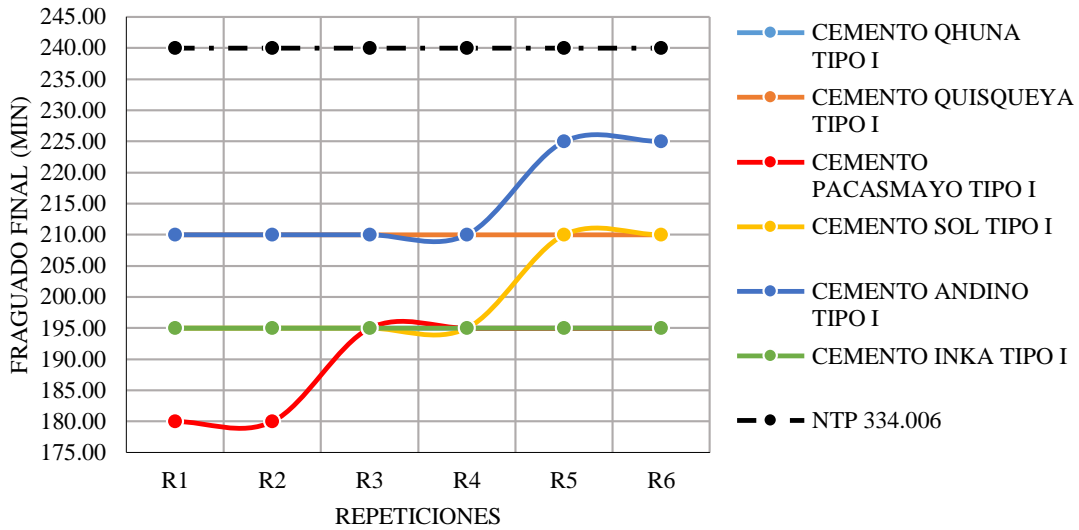
**3.1.1.4 Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.**

Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.006:2013), para la obtención de los siguientes resultados



**Figura 37:** Comparación de tiempo fraguado inicial de los seis cementos tipo I con la NTP 334.006.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 38:** Comparación de tiempo de fraguado final de los seis cementos tipo I con la NTP 334.006.

**Fuente:** Elaboración propia

De los resultados obtenidos en el tiempo de fraguado Inicial como el tiempo de fraguado final, presentados en la figura 37 y figura 38, respectivamente, se encuentran dentro del rango establecido por la NTP. 334.009.

**Tabla 10**

*Dosificación del mortero del cemento tipo I*

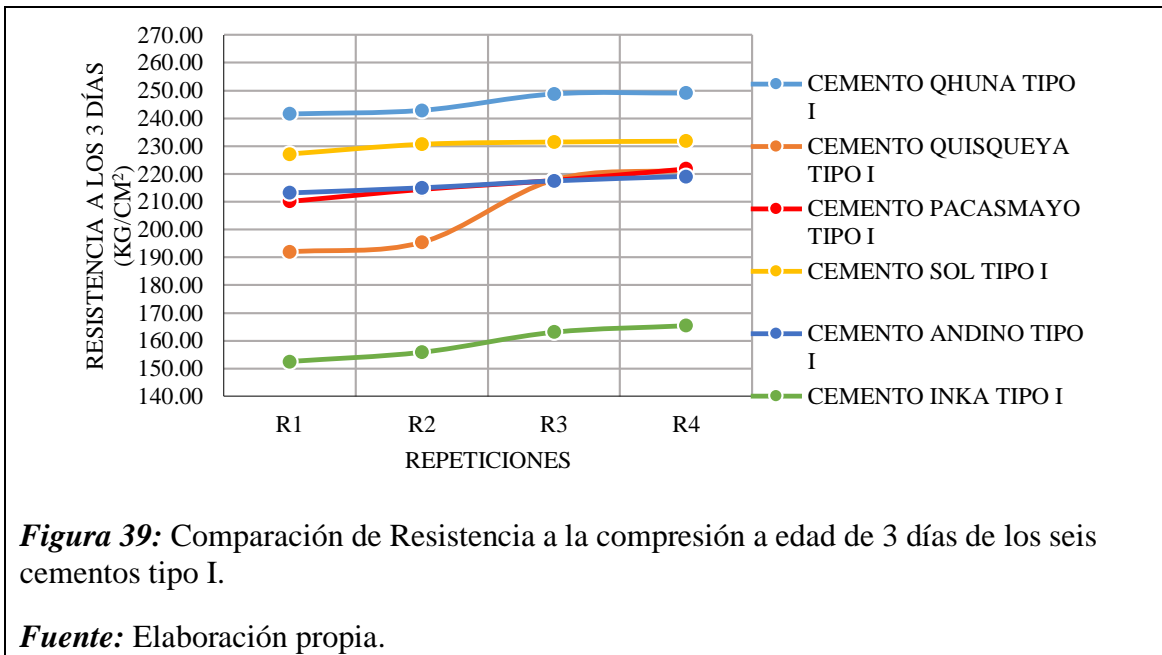
MATERIALES	MARCAS DE CEMENTO					
	QHUNA	QUISQUEYA	PACASMAYO	SOL	ANDINO	INKA
Cemento (gr)	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00
Arena de Otawa (gr)	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
Agua (gr)	241.50	287.00	287.00	294.00	287.00	294.00
Relación a/c	0.69	0.82	0.82	0.82	0.82	0.84
% Fluidez	82.34	80.35	84.33	81.34	85.82	81.09

**Fuente:** Elaboración propia

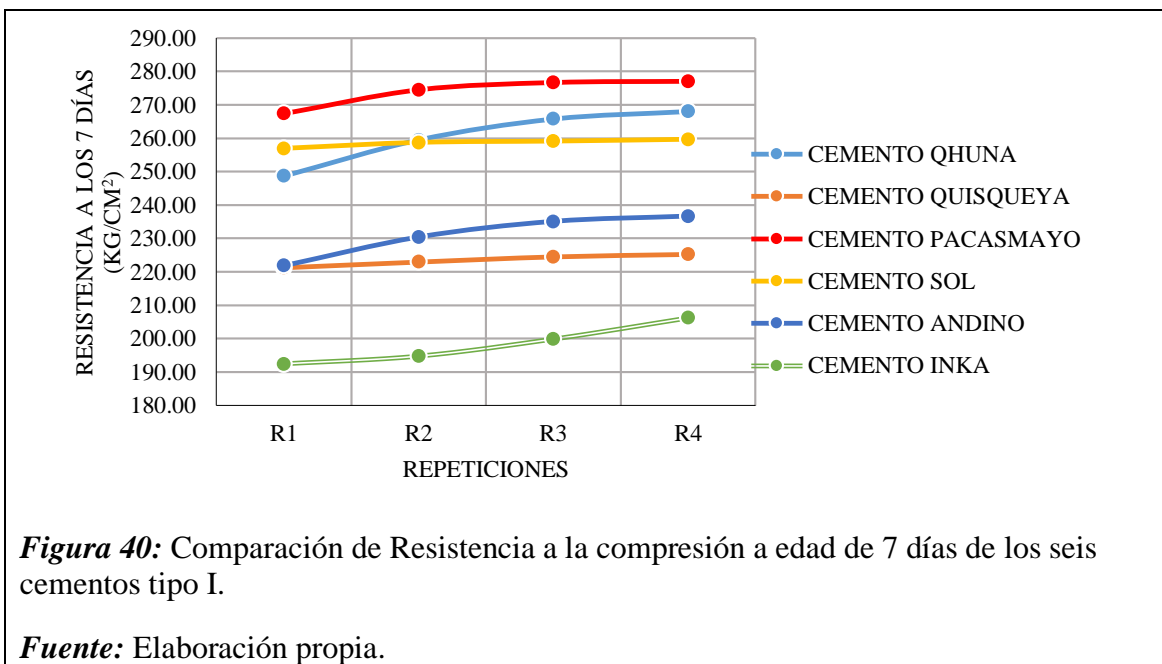


**3.1.1.5 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado**

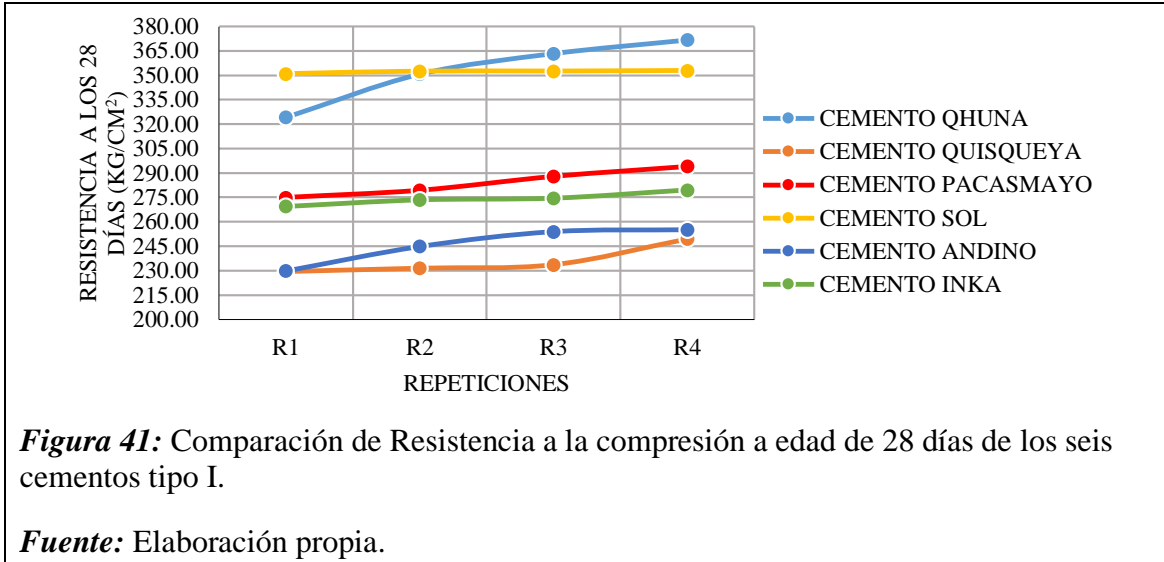
Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.051:2013), para la obtención de los siguientes resultados.



En la figura 39, se puede observar el comportamiento de los cementos, en resistencia a la compresión a la edad de 3 días, indicando que las 6 marcas de cemento estudiados, cumplen con los límites especificados en la NTP. 334.009.



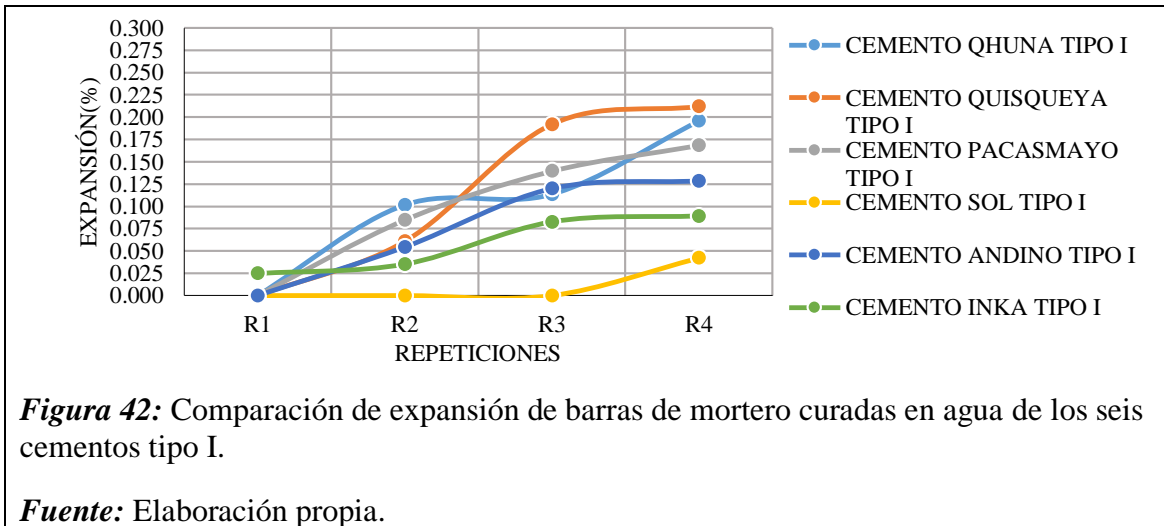
En la figura 40, se puede observar el comportamiento de los cementos, en resistencia a la compresión a una edad de 7 días, a diferido con respecto a la resistencia de los 3 días, siendo el cemento Pacasmayo que desarrollo una resistencia por encima de las 5 marcas de cemento estudiados, de la misma manera estos, cumplen con los límites especificados en la NTP. 334.009.



En la figura 41, el cemento Qhuna describe una resistencia a la compresión en dados de mortero, mayor a las demás marcas de cemento de estudio, pero todos cumpliendo con lo que establece la NTP. 334.009.

**3.1.1.6 Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento portland curado en agua.**

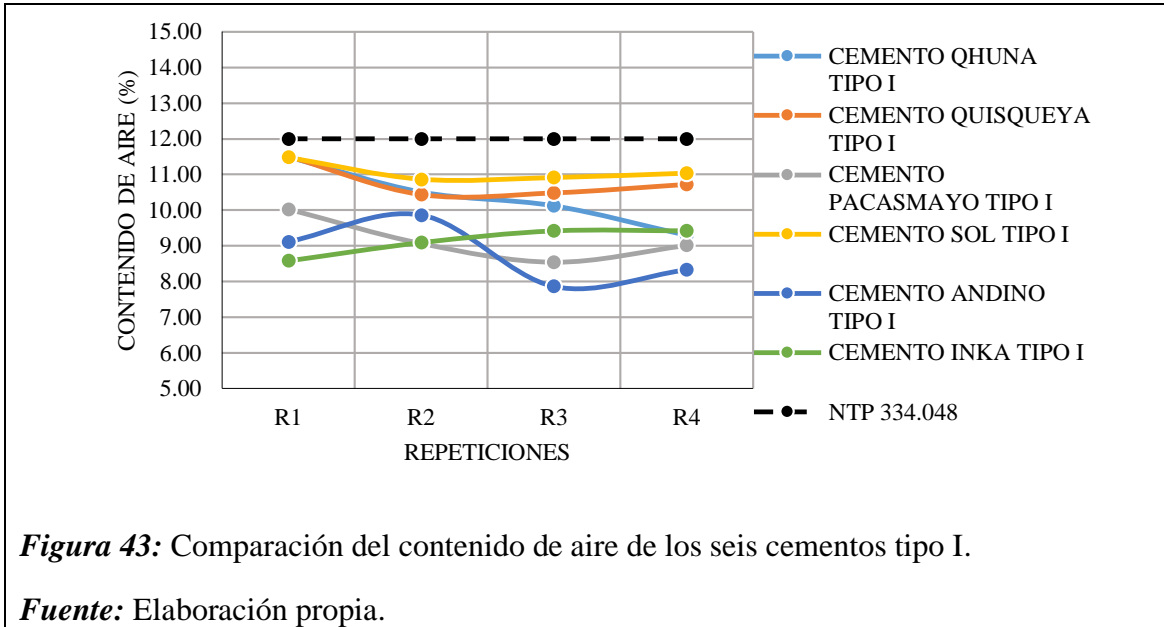
Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.093:2001), para la obtención de los siguientes resultados.



De la figura 42, se observa que, las marcas de cemento de estudio presentan comportamientos de expansión distintas entre ellos, deduciendo que la cantidad de sulfatos presentes para cada uno de ellos es distinta.

### 3.1.1.7 Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico

Se siguieron los parámetros de la siguiente (NTP 334.048:2014), para la obtención de los siguientes resultados.



**Figura 43:** Comparación del contenido de aire de los seis cementos tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

De la figura 43, todas las marcas de cemento en estudio en la presente investigación, presentan un comportamiento distinto entre ellos, pero todos cumpliendo con el parámetro mínimo estipulado en la NTP. 334.009.

**3.1.2 Procesar estadísticamente los resultados de cada ensayo físico y mecánico para conocer la confiabilidad de los datos.**

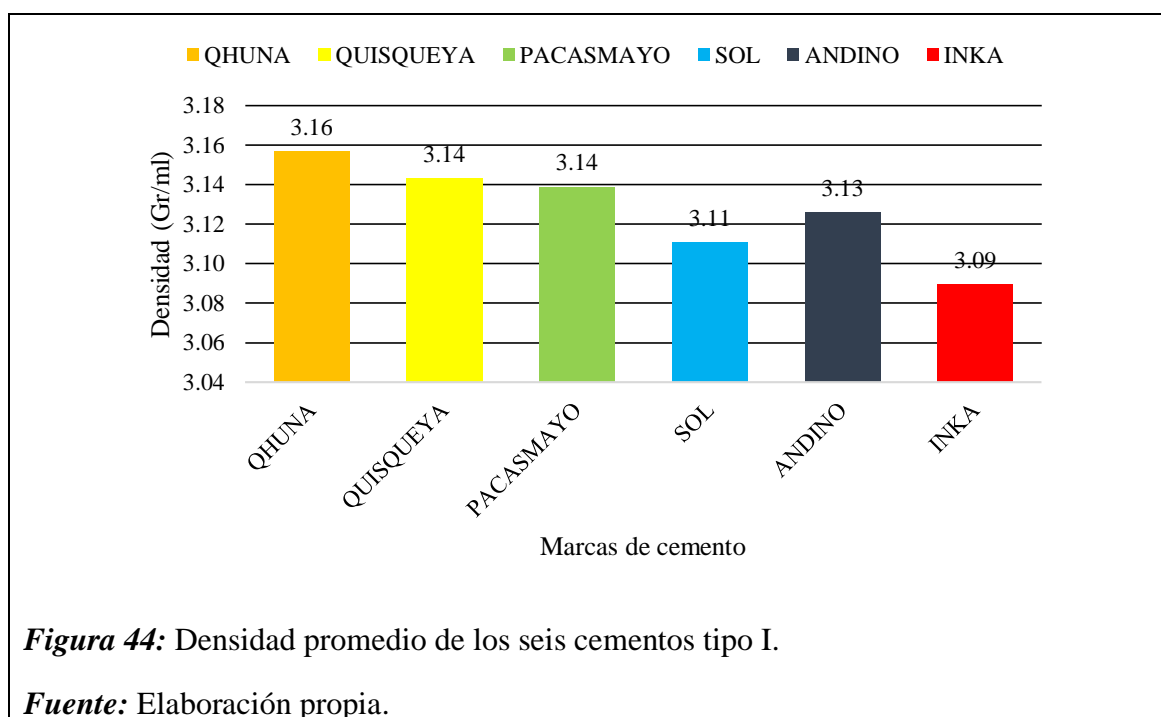
Para el proceso estadístico y la confiabilidad de los datos, consideramos el promedio, valor máximo, valor mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación.

**Tabla 11**

*Valores estadísticos de densidad de cemento tipo I*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)					
	QHUNA	QUISQUEYA	PACASMAYO	SOL	ANDINO	INKA
Promedio (Gr/ml)	3.16	3.14	3.14	3.11	3.13	3.09
Valor máximo (Gr/ml)	3.25	3.28	3.23	3.14	3.13	3.10
Valor mínimo (Gr/ml)	3.06	3.03	3.05	3.09	3.12	3.08
Desviación estándar (Gr/ml)	0.07	0.11	0.07	0.02	0.00	0.01
Coeficiente de variación (%)	2.26	3.48	2.26	0.57	0.13	0.25

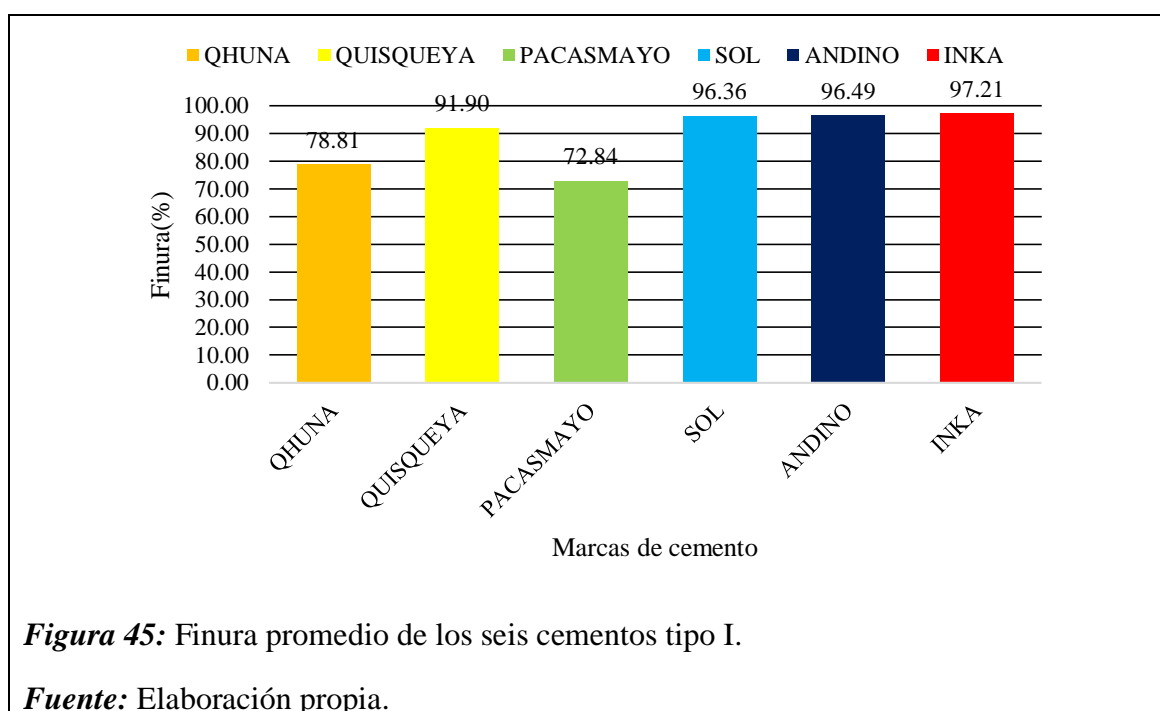
**Fuente:** Elaboración propia



De la figura 44, la marca de cemento Qhuna presenta un promedio de densidad de 3.16Gr/ml, a comparación del cemento Inka que presenta una densidad promedio de 3.09Gr/ml, demostrando que, para cada cemento, la presencia de adiciones es distinta.

**Tabla 12***Valores estadísticos de finura de los cementos tipo I*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)					
	QHUNA	QUISQUEYA	PACASMAYO	SOL	ANDINO	INKA
Promedio (%)	78.81	91.90	72.84	96.36	96.49	97.21
Valor máximo (%)	79.01	92.00	73.10	96.72	96.72	97.64
Valor mínimo (%)	78.48	91.73	72.45	96.20	96.33	96.72
Desviación estándar (%)	0.25	0.13	0.32	0.25	0.20	0.39
Coefficiente de variación (%)	0.32	0.14	0.44	0.26	0.20	0.40

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 45:** Finura promedio de los seis cementos tipo I.**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 45, el cemento Pacasmayo y el cemento Qhuna, presentan una finura relativamente baja, lo cual indica que estas 2 marcas de cemento no presentaran dificultades en almacenamientos prolongados.

**Tabla 13**

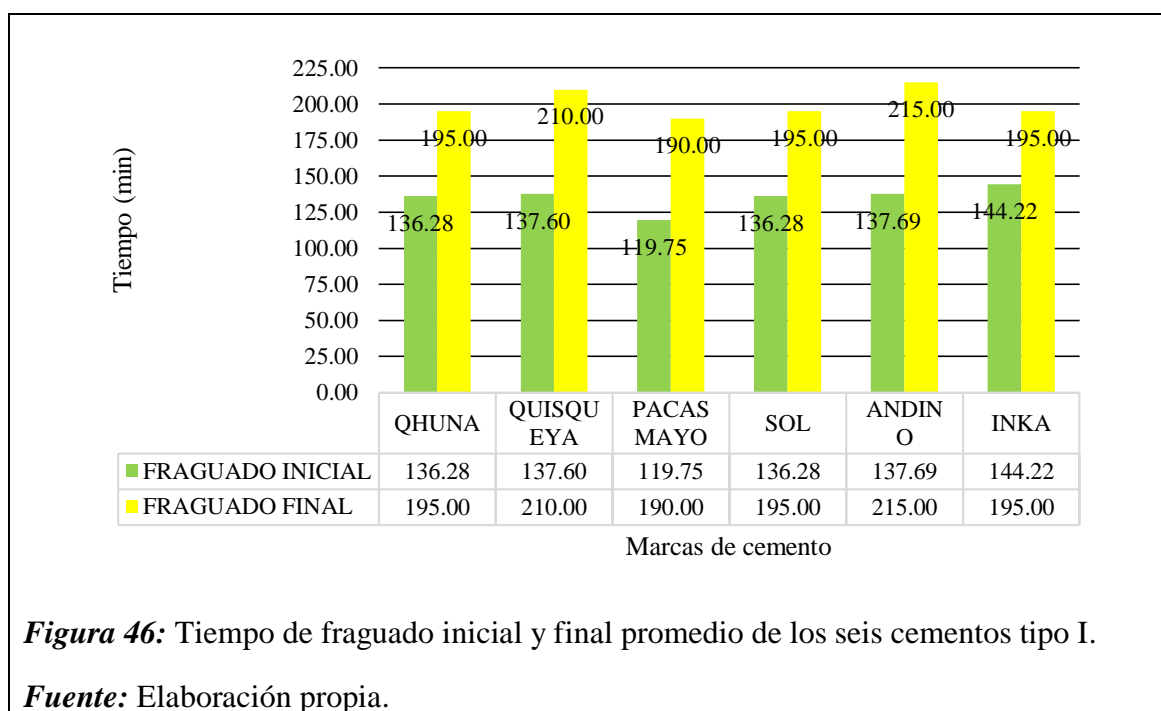
*Valores estadísticos del tiempo de fraguado de las pastas de cemento tipo I*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	TIEMPO DE FRAGUADO (mm)					
	CEMENTO QHUNA		CEMENTO QUISQUEYA		CEMENTO PACASMAYO	
	T.F.inicial	T.F.final	T.F.inicial	T.F.final	T.F.inicial	T.F.final
Promedio (mm)	136.28	195.00	137.60	210.00	119.75	190.00
Valor máximo (mm)	139.69	195.00	141.00	210.00	126.36	195.00
Valor mínimo (mm)	125.63	195.00	133.24	210.00	113.11	180.00
Desviación estándar (mm)	5.33	0.00	2.62	0.00	6.65	7.75
Coefficiente de variación (%)	3.91	0.00	1.90	0.00	5.55	4.08

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	TIEMPO DE FRAGUADO (mm)					
	CEMENTO SOL		CEMENTO ANDINO		CEMENTO INKA	
	T.F.inicial	T.F.final	T.F.inicial	T.F.final	T.F.inicial	T.F.final
Promedio (mm)	136.28	195.00	137.69	215.00	144.22	195.00
Valor máximo (mm)	139.69	195.00	141.80	225.00	152.81	195.00
Valor mínimo (mm)	125.63	195.00	135.00	210.00	137.00	195.00
Desviación estándar (mm)	5.33	5.31	2.80	7.75	6.08	0.00
Coefficiente de variación (%)	3.91	2.72	2.03	3.60	4.21	0.00

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 46:** Tiempo de fraguado inicial y final promedio de los seis cementos tipo I.

**Fuente:** Elaboración propia.

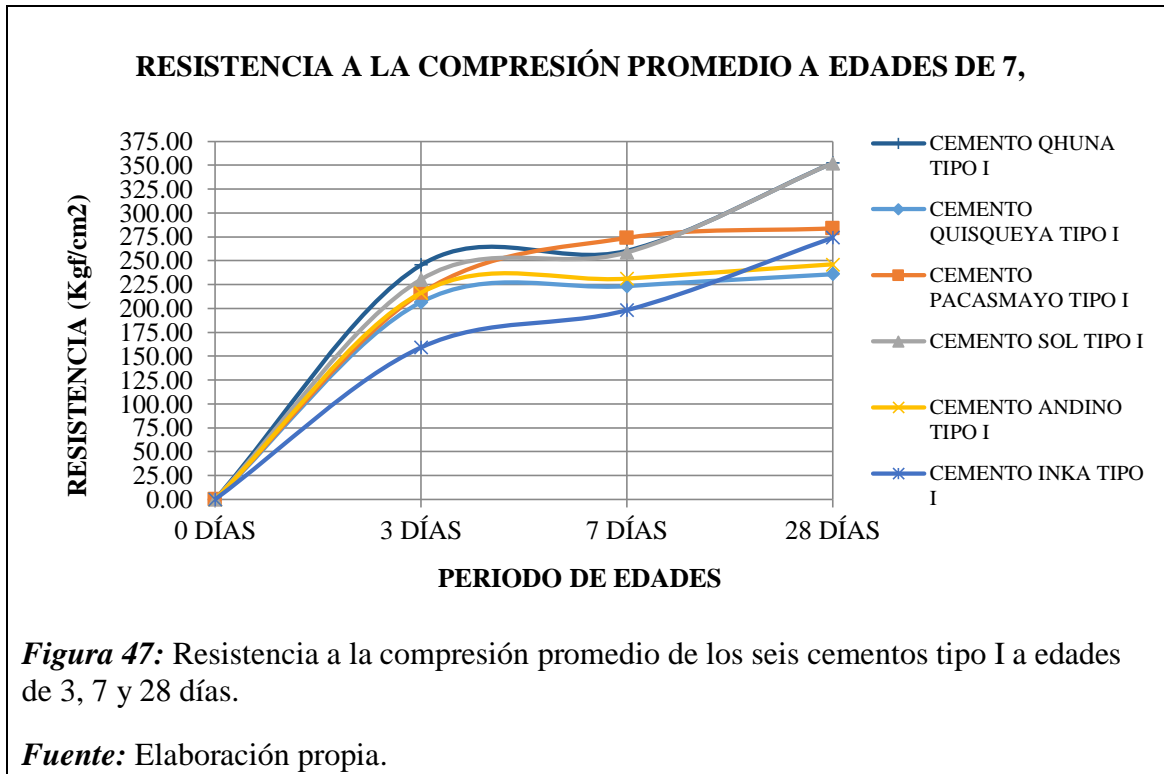
De acuerdo a la figura 46, el cemento Inka presenta un valor de tiempo de fraguado inicial de 144.22 minutos, siendo este valor mayor a las demás marcas de cemento, mientras que, para el tiempo de fraguado final, el cemento Andino, tardo 215 minutos.

**Tabla 14**

*Valores estadísticos de Resistencia a la compresión de morteros de cemento tipo I a edades de 3, 7 y 28 días.*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )					
	CEMENTO QHUNA			CEMENTO QUISQUEYA		
	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	245.62	260.52	352.50	206.72	223.52	235.97
Valor máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	249.12	268.05	371.71	221.43	225.27	249.54
Valor mínimo (Kg/cm <sup>2</sup> )	241.60	248.69	324.22	192.06	221.27	229.34
Desviación estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.92	8.67	20.74	15.07	1.77	9.21
Coefficiente de variación (%)	1.60	3.33	5.88	7.29	0.79	3.90
	CEMENTO PACASMAYO			CEMENTO SOL		
Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	216.05	273.89	284.03	230.30	258.60	352.20
Valor máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	221.82	276.99	294.05	231.86	259.66	352.87
Valor mínimo (Kg/cm <sup>2</sup> )	210.18	267.44	274.88	227.10	256.92	350.95
Desviación estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )	4.93	4.44	8.59	2.19	1.19	0.85
Coefficiente de variación (%)	2.28	1.62	3.02	0.95	0.46	0.24
	CEMENTO ANDINO			CEMENTO INKA		
Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	216.23	231.00	245.99	159.25	188.54	274.26
Valor máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	219.08	236.64	255.19	165.47	192.45	279.54
Valor mínimo (Kg/cm <sup>2</sup> )	213.27	221.86	229.86	152.53	184.22	269.46
Desviación estándar (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.57	6.64	11.70	6.06	3.68	4.14
Coefficiente de variación (%)	1.19	2.88	4.76	3.81	1.95	1.51

**Fuente:** Elaboración propia



De la figura 47, se divide con claridad que el comportamiento de resistencia de los cementos Andino y Quisqueya, no presentan una evolución ascendente a comparación del cemento Inka que a lo largo del proceso de evaluación de la resistencia describe una trayectoria ascendente en la resistencia del cubo de mortero.

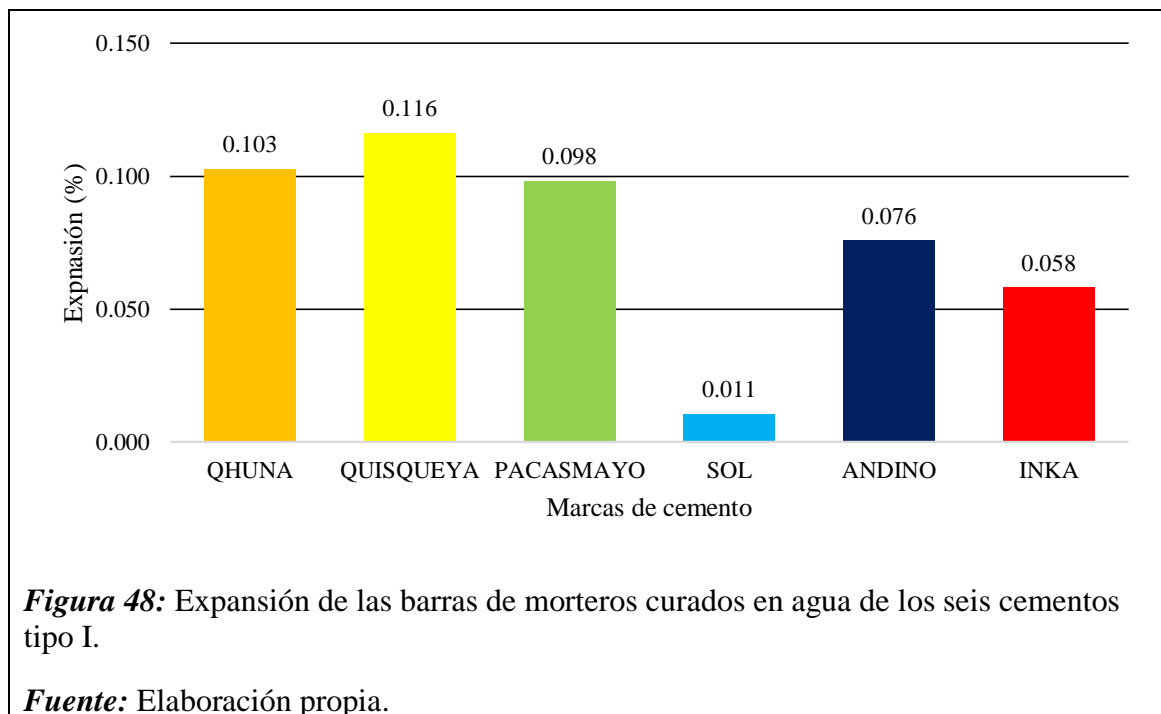
**Tabla 15**

*Valores estadísticos de expansión de morteros curados en agua de los seis cementos tipo I*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO CURADAS EN AGUA (%)					
	QHUNA	QUISQUEYA	PACASMAYO	SOL	ANDINO	INKA
Promedio (%)	0.103	0.116	0.098	0.011	0.076	0.058
Valor máximo (%)	0.196	0.212	0.168	0.042	0.129	0.089
Valor mínimo (%)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
Desviación estándar (%)	0.080	0.102	0.074	0.021	0.060	0.033
Coefficiente de variación (%)	0.781	0.882	0.755	2.000	0.798	0.561

**Fuente:** Elaboración propia





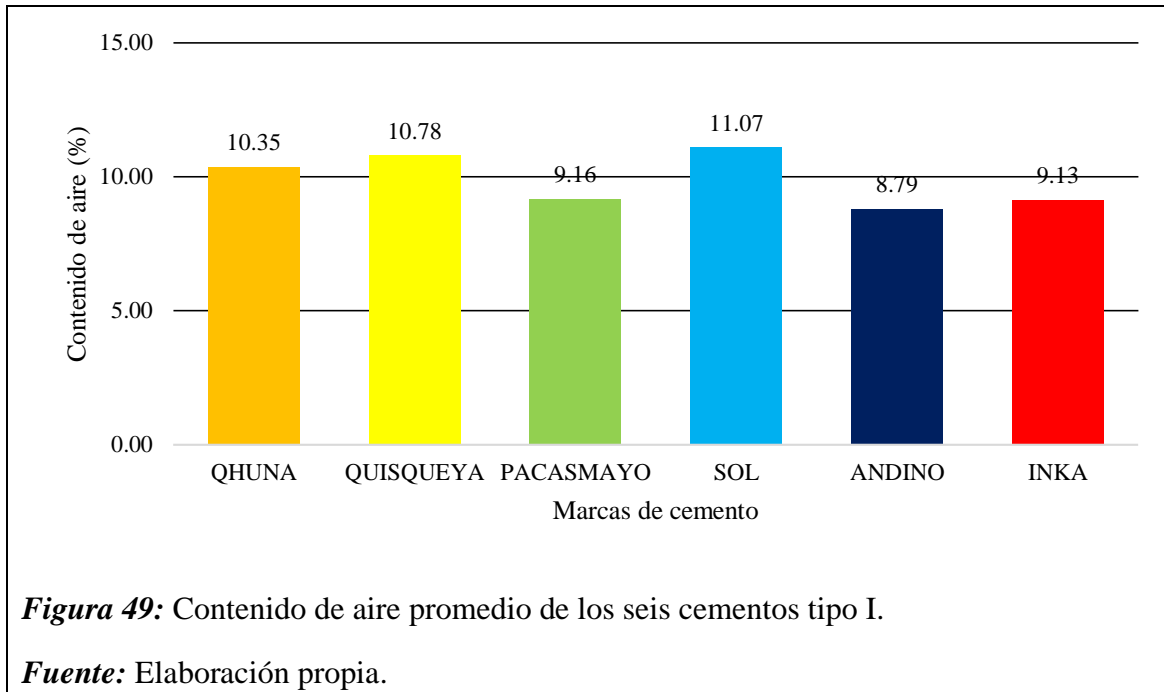
De la figura 48, el cemento que menos expansión describe es el Sol, por otra parte, se nota claramente que la expansión de los cementos Qhuna, Quisqueya y Pacasmayo, son casi similares, lo mismo pasa con los cementos Andino y Inka.

**Tabla 16**

*Valores estadísticos de contenido de aire de los cementos tipo I*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)					
	QHUNA	QUISQUEYA	PACASMAYO	SOL	ANDINO	INKA
Promedio (%)	10.35	10.78	9.16	11.07	8.79	9.13
Valor máximo (%)	11.49	11.50	10.02	11.48	9.86	9.43
Valor mínimo (%)	9.28	10.43	8.55	10.86	7.86	8.58
Desviación estándar (%)	0.92	0.50	0.62	0.28	0.88	0.40
Coefficiente de variación (%)	0.09	0.05	0.07	0.03	0.10	0.04

**Fuente:** Elaboración propia



El contenido de aire presente en cada marca de cemento, difiere uno del otro, tal y como nos muestra la figura 49, siendo el cemento Sol con el porcentaje más alto de 11.07% y el cemento Andino con el porcentaje más bajo de 8.79%.

### 3.1.3 Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la NTP 334.009.

Se presenta tabla detallada con los resultados obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio de suelos de las diferentes marcas de cemento tipo I, comparado con los requisitos mínimos de la NTP 334.009.

**Tabla 17**

*Resultados de los ensayos de laboratorio de las diferentes marcas de cemento tipo I comparadas con los requisitos de la NTP 334.009.*

Características físicas y mecánicas del cemento portland tipo I	Requisitos NTP 334.009	Qhuna	Observación	Quisqueya	Observación	Pacas mayo	Observación	Sol	Observación	Andino	Observación	Inka	Observación
<b>Densidad (Gr/ml)</b>	-	3.16	CUMPLE	3.14	CUMPLE	3.14	CUMPLE	3.11	CUMPLE	3.13	CUMPLE	3.09	CUMPLE
<b>Finura (%)</b>	-	78.81	CUMPLE	91.90	CUMPLE	72.84	CUMPLE	96.36	CUMPLE	96.49	CUMPLE	97.21	CUMPLE
<b>Tiempo de Fraguado (mm)</b>													
Tiempo de fraguado no menor que:	45	136.28	CUMPLE	137.60	CUMPLE	119.75	CUMPLE	136.28	CUMPLE	137.69	CUMPLE	144.22	CUMPLE
Tiempo de fraguado no mayor que:	375	195.00	CUMPLE	210.00	CUMPLE	190.00	CUMPLE	195.00	CUMPLE	215.00	CUMPLE	195.00	CUMPLE
<b>Expansión curada en agua (%)</b>	-	0.103	-	0.116	-	0.098	-	0.011	-	0.076	-	0.058	-
<b>Resistencia a la compresión (MPa)</b>													
3 días	12	24.09	CUMPLE	20.27	CUMPLE	21.19	CUMPLE	22.58	CUMPLE	21.2	CUMPLE	15.62	CUMPLE
7 días	19	25.55	CUMPLE	21.92	CUMPLE	26.86	CUMPLE	25.36	CUMPLE	22.65	CUMPLE	19.45	CUMPLE
28 días	-	34.57	CUMPLE	23.14	CUMPLE	27.85	CUMPLE	34.54	CUMPLE	24.12	CUMPLE	26.90	CUMPLE
<b>Contenido de Aire (%)</b>													
mín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
máx	12	10.35	CUMPLE	10.78	CUMPLE	9.16	CUMPLE	11.07	CUMPLE	8.79	CUMPLE	9.13	CUMPLE

*Fuente:* Elaboración propia.

**3.1.4 De acuerdo a los resultados obtenidos se sugerirá la utilización del cemento más rentable.**

**Tabla 18**

*Resultados de los diversos ensayos de las características físico mecánicas del cemento portland tipo I.*

<b>Características físicas y mecánicas del cemento portland tipo I</b>	<b>Qhuna</b>	<b>Quisqueya</b>	<b>Pacasmayo</b>	<b>Sol</b>	<b>Andino</b>	<b>Inka</b>
<b>Densidad (Gr/ml)</b>	3.16	3.14	3.14	3.11	3.13	3.09
<b>Finura (%)</b>	78.81	91.90	72.84	96.36	96.49	97.21
<b>Tiempo de Fraguado (mm)</b>						
Tiempo de fraguado no menor que:	136.28	137.60	119.75	136.28	137.65	144.22
Tiempo de fraguado no mayor que:	195.00	210.00	190.00	195.00	215.00	195.00
<b>Expansión curada en agua (%)</b>	0.103	0.116	0.098	0.011	0.076	0.058
<b>Resistencia a la compresión -(MPa)</b>						
3 días	24.09	20.27	21.19	22.58	21.20	15.62
7 días	25.55	21.92	26.86	25.36	22.65	19.45
28 días	34.57	23.14	27.85	34.54	24.12	26.90
<b>Contenido de Aire (%)</b>						
mín	-	-	-	-	-	-
máx	10.35	10.78	9.16	11.07	8.79	9.13

**Fuente:** Elaboración propia.

## **3.2 Discusión de Resultados**

### ***3.2.1 Determinar las características físicas y mecánicas mediante los ensayos de laboratorio.***

#### ***3.2.1.1 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland (Frasco Volumétrico Le Chatelier).***

En la “Figura 34” se presentan los resultados de las regeneraciones del ensayo de densidad perpetradas a las seis marcas de cemento portland tipo I, observándose que las densidades de los mismos presentan no son iguales, de tal manera sucede que en cada una de sus fichas técnicas de calidad las densidades de estos cementos varían un rango no significativo.

Como afirman es su tesis (Cortez y Perilla, 2014), la cantidad de material adicionado empleado para la realización del cemento es diferente para cada uno.

El comportamiento de las densidades del cemento Andino y cemento Inka es uniforme y un poco variada en sus repeticiones, si verificamos en su ficha técnica de calidad de cada uno de sus cementos podemos observar que la densidad de ambos cementos solo varia un 0.01g/ml.

#### ***3.2.1.2 Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 $\mu$ m.***

En la “Figura 35” se presentan resultados en porcentaje referente a la finura del cemento portland tipo I, observando que las partículas del cemento Pacasmayo no son tan finas, dando a entender que no presentan adicionales, tal como lo aclara (Gonzales, 1992).

A la vez los cementos Andino, Inka y Sol, se observan partículas muy finas en la masa del mismo, debiéndose a la inclusión de adiciones, generando incidencias en la retracción y calor de hidratación.

La norma peruana no establece un valor mínimo ni máximo para la finura del cemento en porcentaje; en la “Figura 35” se observan que en líneas generales todos los cementos de estudio presentan un promedio general de 88.93%.

### *3.2.1.3 Método de ensayo para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico.*

De acuerdo a la norma se afirma que el ensayo de consistencia normal tiene por finalidad encontrar la óptima cantidad de agua para lograr una penetración de 10 mm con el aparato de Vicat; de lo anterior mencionado, en la “Figura 36” se puede observar que el porcentaje de consistencia del cemento Sol es el valor más alto con 28.54%, seguido por el cemento Quisqueya con un valor de 28.46%, el cemento Inka, Andino y Qhuna presentan una consistencia de 27.54%; 26.92%; 26.62% respectivamente, y el cemento Pacasmayo ostento el menor valor de consistencia 24.77%.

La norma peruana no instituye un valor mínimo ni máximo para la consistencia normal; en la “Figura 36” se afirman que los cementos estudiados exhiben un valor similar a excepción del cemento Pacasmayo que exhibo un valor más bajo a todos los cementos estudiados.

### *3.2.1.4 Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.*

Los resultados conseguidos de los tiempos de fraguado de los cementos ensayados se observan en la “Figura 37” el fraguado inicial y “Figura 38” el fraguado final, en las cuales se observa que los resultados iniciales se encuentran en los rangos establecidos en la NTP 334.009, siendo para el tiempo de fraguado inicial mayor a 45 minutos y menor a 375 minutos para el tiempo de fraguado final.

### *3.2.1.5 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*

Los resultados que se muestran en las “Figuras 39, 40 y 41” demuestran que las 6 marcas de cemento si cumplen con los requisitos mínimos de resistencia evaluadas en los días 3; 7; 28, según la NTP 334.009.

De acuerdo a la figura anteriormente mencionada, el cemento Qhuna a diferencia del cemento Andino, presentan un comportamiento uniforme en las distintas fechas de ensayos de resistencia a diferencia del otro cemento que a los 28 días, presenta una resistencia inferior a las demás marcas de cemento en evaluación.

### *3.2.1.6 Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento portland curado en agua.*

Los resultados que se presentan en la “Figura 42” del ensayo de expansión de barras de mortero, los seis cementos estudiados describen comportamientos diferentes, siendo el cemento Quisquilla el que describe una expansión de (0.2224 %), por encima de las demás marcas de cemento en estudio, seguido del cemento Qhuna con una expansión de (0.1957 %).

Los resultados del presente ensayo corroboran lo mencionado en la NTP 334.093, debido a que los sulfatos son parte integral del cemento hidráulico.

### *3.2.1.7 Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico*

Los resultados que se presentan en la “Figura 43” del ensayo de contenido de aire, los seis cementos estudiados cumplen con el porcentaje máximo de 12% del contenido de aire en el mortero, indicado en la NTP 334.009.

De la figura mencionada, se puede divisar que el comportamiento del cemento Sol y cemento Quisqueya presentan valores un tanto homogéneo.

## ***3.2.2 Procesar estadísticamente los resultados de cada ensayo físico y mecánico para conocer la confiabilidad de los datos.***

### *3.2.2.1 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland (Frasco Volumétrico Le Chatelier).*

Según (Fernández y Velarde, 2015), presenta que la densidad es inversamente proporcional a la cantidad de adicional presente en el cemento, dependiendo del porcentaje de sustitución del mismo en el Clinker.

De acuerdo a la “Figura 44” el cemento que posee mínima densidad es el Inka con un valor promedio de 3.09 gr/ml y el de mayor densidad es el Qhuna con un valor promedio 3.16 gr/ml.

Los cementos estudiados presentan un valor promedio de 3.15 gr/ml, comparando este resultado con la “Figura 44”, el cemento Andino es el que se aproxima al valor promedio

de los seis cementos y en efecto esta marca de cemento es la que presenta características intermedias comparadas con las otras.

#### *3.2.2.2 Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 $\mu$ m.*

El valor más bajo de la finura del cemento que se divisa en la “Figura 45” es Pacasmayo con un porcentaje de 72.81% y el de mayor finura Inka con 97.21%.

El cemento inka por ser muy fino, está expuesto a que la retracción y el calor de hidratación presenten picos altos, siendo también sensible a la humedad la cual ocasionaría una meteorización tras un prolongado periodo de almacenamiento.

#### *3.2.2.3 Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.*

En la “Figura 46” se observa que el cemento Pacasmayo presentó los valores mínimos para el tiempo de fraguado inicial y para el fraguado final, con tiempos de 119.75, minutos para el fraguado inicial y de 190 minutos para el fraguado final, de lo cual se deduce que este cemento ostenta un tiempo de manejo menor a los demás cementos estudiados.

En cuanto al tiempo de fraguado final, el cemento Andino se aplazó en conseguir el tiempo de fraguado final en un tiempo de 215 minutos, esto nos indica que el cemento andino adquiere una resistencia, más lenta en comparación con los demás cementos de estudio.

#### *3.2.2.4 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*

De acuerdo a la “Figura 47” el cemento con mejor comportamiento es el Qhuna, teniendo como resultados por encima del valor promedio de resistencia de los cementos evaluados, comparado con la NTP 334.009.

En cuanto al cemento Qhisqueya a pesar de que cumple con los requerimientos de la NTP 334.009, no presenta una evolución en el comportamiento de su resistencia con el pasar de los días de curado.



El cemento Inka, parte de una resistencia a la compresión en los 3 primeros días, inferior al promedio de los demás cementos evaluados. Pero describe un comportamiento ascendente logrando un aumento a los 28 días, del 72% de su resistencia inicial.

#### *3.2.2.5 Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento portland curado en agua.*

De acuerdo a la “Figura 48” la barra de cemento que posee menor expansión es el Sol con un valor promedio de 0.011% y el de mayor expansión es el Qhisqueya con un valor promedio 0.111%.

De la “Figura 48” se deduce que los cementos con porcentaje casi similares de sulfatos son el Andino con (0.076%) y Inka con (0.058) así como también lo son el Cemento Qhuna con (0.103%) y Pacasmayo con (0.098%).

#### *3.2.2.6 Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico*

De acuerdo a la “Figura 49” el cemento que tiene mínimo contenido de aire es el Andino con un valor promedio de 8.79% y el de mayor contenido de aire es el Sol con un valor promedio 11.07%.

Los cementos analizados ostentan un valor promedio de 9.88%, cotejando este resultado con la “Figura 49”, el cemento Pacasmayo es el que se acerca al valor promedio de los seis cementos y en consecuencia esta marca de cemento es la que presenta características intermedias comparadas con las otras.

#### ***3.2.3 Evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la NTP 334.009.***

De los cementos estudiados, los resultados de los ensayos comparados con la NTP 334.009 son muy diversos; tal y como nos muestra la “Tabla 17”; allí podemos divisar que el cemento Qhuna presenta un comportamiento superior en resistencia a la compresión, además los resultados de los diversos ensayos difieren con las fichas técnicas de los cementos de estudio, durante el proceso de producción.

***3.2.4 De acuerdo a los resultados obtenidos se sugerirá la utilización del cemento más rentable.***

De las marcas de cemento que se comercializan en el norte del Perú y de la “Tabla 18” que se muestra, describe que el cemento más rentable en función a su calidad, es Qhuna. Al igual para la zona centro del Perú, el cemento rentable en función a su calidad es el cemento Sol.

## **CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1 Conclusiones

Los cementos estudiados portland tipo I que se comercializan en el norte y centro del Perú, es mínima la incorporación de adiciones. Lo mencionado, fue constatado por los parámetros físicos tales como la densidad que está en el rango de (3.10 – 3.15) gr/ml y una finura promedio de (88.73%).

Durante el desarrollo del ensayo de finura del cemento tipo I, se observó que tanto el Cemento Qhuna como el Cemento Pacasmayo presentan menor cantidad de finos, ello nos permite llegar a la conclusión que su hidratación total puede llegar a tomar más tiempo con respecto a los cementos que presentan partículas más finas

Durante el desarrollo de los ensayos de tiempos de fraguado con las agujas de Vicat se observó que la cantidad de agua agregada para conseguir la consistencia normal, influye en los tiempos de fraguado final, debido que entre más agua requiera el cemento, los tiempos de fraguado finales se alargarán, revelando que los cementos Pacasmayo y Qhuna al contener pocas partículas de finos, será mejor su comportamiento y prolongación de fraguado total, en comparación con los cementos Andino, Inka, Sol y Quisqueya que contienen mayores finos por el cual su fraguado final se prolongarán mucho mas.

Existe una relación entre la finura y el desarrollo de resistencia a edades prematuras al observar que la elevada finura del cemento Andino, Sol y Quisqueya coincide con la superior resistencia a la compresión de este a los 3 días, pese a esto el cemento Sol ostenta valores de resistencia mayores a los cementos Andino y Quisqueya a los 28 días, esto se debe a que los cementos precedentemente mencionados tienen una demanda de agua elevada tanto en los ensayos de consistencia normal como en el ensayo de fluidez para la preparación de pastas y morteros, debido a que requieren más agua para lograr la manejabilidad anhelada, de esto se puede inferir que las adiciones que se usan son cenizas volantes con mucho carbón, que demanda más agua que una ceniza de mejor calidad.

Durante el progreso del ensayo de expansión del cemento tipo I, los valores obtenidos, del cemento Sol a comparación del cemento Quisqueya, es bajo, lo cual podemos inferir que la composición química del cemento, presenta bajo porcentaje de cal libre, lo cual es un indicio de procesos industriales técnicamente ajustados.

Los parámetros físicos y mecánicos de los seis cementos evaluados concluimos que los resultados de cada ensayo realizado se encuentran en los límites admisibles estipulados en NTP 334.009.

Para optar por un cemento rentable en una construcción, la variable más trascendental es, las características Físicas y Mecánicas de los seis cementos con los que se realizó esta tesis, con el fin de que cumplan con los parámetros de diseño que se desea realizar. No obstante, el comportamiento de los mismos varía de acuerdo a la zona de la obra, en este caso para la zona norte del Perú, el Cemento Qhuna es el más rentable debido a que el precio en el mercado no supera los S/. 22.00 además, posee una finura promedio de (77.99%), generando menores tiempos de fraguado final y una resistencia a la compresión a los 28 días de (352.5 kg/cm<sup>2</sup>), superando a Cementos Pacasmayo, Inka y Quisqueya. Para la zona centro del Perú, el cemento Sol es el más rentable con un precio en el mercado de S/. 23.00, resaltando la resistencia a la compresión que este alcanza a los 28 días con (352.2 kg/cm<sup>2</sup>), a diferencia del cemento Andino que a los 28 días obtuvo (245.99 kg/cm<sup>2</sup>).

## **4.2 Recomendaciones**

Los cementos portland tipo I analizados en la presente investigación, presentan adiciones debido a que los parámetros físicos tanto de densidad que los resultados nos han demostrado que son bajos y la finura que son relativamente alta, se recomienda complementar este tipo de estudio con el análisis químico de los cementos, con la finalidad de integrar los resultados obtenidos en este trabajo. Teniendo una visión más clara del comportamiento físico, mecánico de los mismos.

Este estudio realizó la evaluación de las características físico – mecánicas del Cemento Portland Tipo 1, en el proceso de comercialización, se recomendaría evaluar dichas características para los demás tipos de cementos (II, III, IV, V, IP) que se comercializan en todo el Perú.

En el presente estudio se evaluó el comportamiento Físico – mecánico del cemento como un elemento individual, como equipo de trabajo recomendamos evaluar el comportamiento integral de una mezcla de concreto (cemento – agua – agregados).

De los resultados de nuestra investigación, recomendamos para las ciudades de Tumbes, Piura, Jaen y Utcubamba, que superan temperaturas de 25°C, el cemento Inka; Para las ciudades de Chiclayo, Trujillo, Ancash y Lima, que no superan temperaturas de 25°C, recomendamos los cementos Pacasmayo y Sol.

## **REFERENCIAS**

- Acevedo, W, & Martinez W (2017). *DESEMPEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO “NACIONAL” COMPARADO CON EL CONCRETO DOSIFICADO CON CEMENTO “SOL”*. (Tesis de titulación). Universidad San Martín de Porres, Lima. Recuperado de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/3014>.
- ASOCEM (Asociación de Productores de Cemento). (2018). Reporte Estadístico mensual Octubre 2018. Recuperado de <http://www.asocem.org.pe/estadisticas-nacionales/reporte-estadistico-mensual-October>.
- ASOCIACIÓN DOMINICANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO PORTLAND. (2013). CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO. Recuperado de <http://www.adocem.org/capacitacion-y-publicaciones/boletin-tecnico/1829-control-de-calidad-del-cemento.html>.
- Ávalo, J. (2015). Las Normas Técnicas de cemento y concreto en el Perú. Lima. Recuperado de <https://www.astm.org/GLOBAL/docs/Presentacion-Juan-Avalo.pdf>.
- Blanco, T. (2016). Congreso Internacional de Química del Cemento. Lima.
- CEMENT. (January de 2017). U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries. Recuperado de <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/mcs-2017-cemen.pdf>.
- Cortés, M. & Iglesias, M. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. Universidad Autónoma del Carmen. México. Consultado en: <http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/contenido2.pdf>
- Cortez, E, & Perilla, J (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECANICAS DE CUATRO CEMENTOS COMERCIALES PORTLAND TIPO I*. (Tesis de titulación). Universidad Militar Nueva Granada, BOGOTÁ. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11044>.
- Feijoo, O. (2016). *Estudio del comportamiento del cemento tipo I Co almacenado con envase protector aislante*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5484>.
- Fernández Montero, K., & Velarde Acarapi, G. (2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DE LOS CONCRETOS EMPLEANDO LOS CEMENTOS COMERCIALES EN CUSCO*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/1526>.
- Goma F. (1979). *El Cemento Portland y otros Aglomerantes*. Barcelona: técnicos asociados.
- Gonzales de la Cotera, M. (1992). ASOCEM, Asociación de productores de cemento. *Características físicas y mecánicas del cemento*.
- Kosmatka, S, Kerkhoff, B, Panarese, W, & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association.



- Luna, A. (2010). *Comparación del desempeño de diferentes marcas comerciales de cemento Pórtland CPC-30R, empleado para elaborar concreto de resistencia media*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMICH), México. Recuperado de <http://www.remeri.org.mx/tesis/INDEXE-TEISIS.jsp?id=oai:bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:123456789/1268>.
- Murga, F. (2016). *DESEMPEÑO DEL CONCRETO ELABORADO EN LA PROVINCIA DE HUANUCO CON LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I*. (Tesis de titulación). UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN, Huánuco. Recuperado de [http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE\\_a50357b98dff329d8cd4aeb0bf00c7e7](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_a50357b98dff329d8cd4aeb0bf00c7e7).
- Neville, A. (1988). *Tecnología del Concreto*. Mexico: Limusa. Consultado en: [http://imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca\\_digital/TECNOLOGIA\\_DEL\\_CONCRETO.pdf](http://imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca_digital/TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO.pdf)
- Noor-ul- Amin. (2010). *Study of the Physical Parameters of Ordinary Portland Cement of Khyber Pakhtoon Khwa Pakistan and their comparison with Pakistan standard Specifications*. (Boletín de investigación en ingeniería química). Universidad de Mardan, Departamento de Química, Paquistán. Recuperado de <https://www.banglajol.info/index.php/CERB/article/view/3729>.
- NTP 334.009:2010. Cementos Portland Requisitos. R.0046-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-07-27.
- NTP 334.003: 2017. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica. R.D.N°057-2017-INACAL/DN. Publicada el 2018-01-03.
- NTP 334.005: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland. R.0041-2011/CNB-INDECOPI. Publicada el 2011-10-09.
- NTP 334.006:2013: Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat. R.0113-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16.
- NTP 334.045:2010: Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (No.325). R.0018-2010/INDECOPI-CNB Publicada 2010-09-26.
- NTP 334.048:2014: Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico. R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14
- NTP 334.051:2013: Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16
- NTP 334.057:2011 – revisada el 2016: Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento portland. R.D.N° 018-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-08-02.

- NTP 334.074: Método de ensayo para para la cantidad de agua requerida para la determinación de la consistencia normal en pastas de cemento hidráulico. R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16.
- NTP 334.093:2016: Método de ensayo normalizado para determinar la expansión de barras de mortero hidráulico curadas en agua. R.D.N° 022-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-09-014.
- NTP 334.126: 2015: Mesa de flujo para ensayos de Cemento Portland. 2ª Edición. R.N°015-2015/INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31.
- Ramón, A. (2014). *Estudio del sector cementero a nivel mundial y nacional, con particularización de una empresa cementera situada en la Comunidad Valenciana*. (Tesis de Pregrado). Universitat Politècnica de Valencia, Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/45659/PFC%20Alejandro.Ram%C3%B3n.pdf?sequence=1>.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogota: Bhandar Editores LTDA.
- Sanjuán, Á, & Chinchón, S. (2014). *INTRODUCCIÓN A LA FABRICACIÓN Y NORMALIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND*. San Vicente del Raspeig (Alicante), España: PUBLICACIONES UNIVERSIDAD DE ALICANTE.
- Suárez , S. (2010). *Mezclas binarias y ternarias basadas en cenizas volantes*. (Tesis de Master). Universidad Politècnica de Catalunya, Catalunya. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/12260>.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. FICHAS TÉCNICAS DE CALIDAD**

**ANEXO 1.1. CEMENTO ANDINO TIPO I**

**INFORME DE CALIDAD**

MARCA: Andino Tipo I  
 TIPO DE CEMENTO: Portland Tipo I Fecha:  
 ESPECIFICACIÓN VIGENTE: ASTM C-150 2a. Quincena de marzo de 2018  
 NTP 334.009

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**


PRUEBAS FÍSICAS:	Result. Ensayo	Spec. Límite	ANÁLISIS QUÍMICO:	Result. Ensayo	Spec. Límite	
1) Superficie específica (BLAINE)	cm <sup>2</sup> /gr.	3680	2800 MÍN.	1) Pérdida por ignición.	1.33 % 3.00 MÍN.	
				2) Residuo Insoluble	0.69 % 0.75 MÍN.	
2) Tiempo de fraguado (VICA T)	Minutos		3) Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	20.65 %	—	
	INICIAL	101	45 MÍN.	4) Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.84 %	—
	FINAL	286	375 MÍN.	5) Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.39 %	—
3) Expansión Autoclave	%	0.00	0.8 MÍN.	6) Óxido de Calcio (CaO)	64.37 %	—
				7) Óxido de Magnesio (MgO)	1.64 % 6.0 MÍN.	
4) Contenido de Aire, en volumen	%	5.08	12 MÍN.	7) Cal libre	0.93 %	—
				8) Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	2.62 % 3.0 MÍN.	
				10) Óxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.06 %	—
				11) Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.56 %	—
5) Resistencia a la compresión				<b>PARS MINERALÓGICAS SEGÚN BOGUE</b>		
	Mpa	(lb/pulg <sup>2</sup> )	Mpa	SILICATO TRICÁLCICO (C <sub>3</sub> S)	56.55 %	—
a 3 Días	25.99	3770	12.0 MÍN.	SILICATO DICÁLCICO (C <sub>2</sub> S)	16.56 %	—
a 7 Días	32.12	4670	19.0 MÍN.	ALUMINATO TRICÁLCICO (C <sub>3</sub> A)	7.07 %	—
a 28 Días*	43.22	6300	—	FERRALUMINATO TETRACÁLCICO (C <sub>4</sub> A <sub>3</sub> F)	10.31 %	—
6) Densidad	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.15				

**REQUISITOS OPCIONALES**

7) Falso Fraguado, penetración final	%	90.00	50 MÍN.	<u>ALCALIS EQUIVALENTES</u>	0.43 %	0.60 MÍN.
8) Resistencia a sulfatos				Calor de Hidratación a 7 días	68.18	cal/g
Expansión a 180 días	%	0.083	0.1 MÍN.	Calor de Hidratación a 28 días	77.88	cal/g

\* Corresponde a la segunda quincena de febrero de 2018

FORMATO UCC-25-10000-006-04

  
 Ing. Hamán La Jara S.  
 División Química

**ANEXO 1.2. CEMENTO INKA TIPO I**



## CERTIFICADO DE CALIDAD

Tipo: CEMENTO INKA PORTLAND TIPO I

Mes: AGOSTO

Guía de Remisión:

Fecha: 14.09.2018

Cliente: SERVICIOS AGRO INDUST. Y DE CONSTRUCCION SRL

Atención:

ANÁLISIS QUÍMICO	% EN PESO		NTP 334.009 , ASTM C-150
Óxido de Magnesio ( MgO )	%	0.8	Máx. 6.0
Trióxido de Azufre ( SO <sub>3</sub> )	%	3.2	Máx. 3.5
Pérdida por Ignición	%	2.4	Máx. 3.0
Residuo Insoluble	%	1.1	Máx. 1.5
Álcalis Equivalentes	%	0.39	Máx. 0.60

### ENSAYOS FÍSICOS

Densidad Le Chatelier	g/cm <sup>3</sup>	3.14	-
Contenido de aire mortero	% Vol	6	Máx. 12
Finura Blaine	cm <sup>2</sup> /g	3,660	Mín. 2600
Expansión Autoclave	%	0.07	Máx. 0.80

### TIEMPO DE FRAGUADO

Inicial	minutos	116	Mín. 45
Final	minutos	255	Máx 375

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

1 día	kg/cm <sup>2</sup>	155	-
3 días	kg/cm <sup>2</sup>	256	Mín. 122
7 días	kg/cm <sup>2</sup>	351	Mín. 194
28 días	kg/cm <sup>2</sup>	438	Mín. 286

El presente certificado muestra las PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS - PROMEDIO DEL LOTE DE PRODUCCIÓN confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las NORMAS TÉCNICAS PERUANAS NTP 334.009 Y ASTM C - 150 .

Ing° Waldir Lozano Vasquez  
Superintendente de Producción

Ing° Alexander Rojas Ortiz  
Jefe de Control de Calidad

## Contáctanos



### TELÉFONO

(511) 5000 600  
9465 28340



### DIRECCIÓN

Sub Lote 2C Cajamarquilla  
Lurigancho - Chosica



### E-MAIL

ventas@cementosinka.com.pe



**ANEXO 1.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
 Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
 Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
 Versión 01

## Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Agosto del 2018

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-07-2018 al 30-07-2018  
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2016  
 (\*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello  
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

## **ANEXO 1.4. CEMENTO QHUNA TIPO I**

## CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE, MENOS BOLSAS



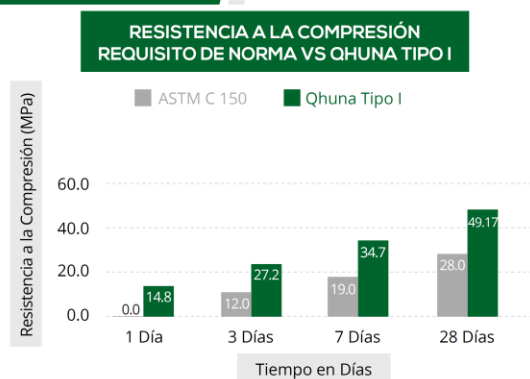
Cemento portland TIPO I, es un cemento de uso general, fabricado mediante la molienda de clinker y yeso en adecuadas proporciones, asegurando de esa manera un producto de calidad, con mayores resistencias y tiempo de fraguado óptimo para una buena trabajabilidad para construcciones donde se requieran propiedades de avance y durabilidad en obra.

Cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROPIEDADES FÍSICAS	CEMENTO QHUNA - TIPO I	REQUISITO DE NORMA NTP 334.009 - ASTM C 150
Superficie Específica (cm <sup>2</sup> / gr)	3540	Mínimo 2800
Contenido de Aire (%)	8.0	Máximo 12.0
Expansión de autoclave (%)	0.01	Máximo 0.80
PROPIEDADES MECÁNICAS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
1 Día - MPa	14.8	NE
3 Días - MPa	27.2	12.0
7 Días - MPa	34.7	19.0
28 Días - MPa	50.00	28.0
TIEMPO DE FRAGUADO		
Fraguado Inicial, Método Vicat (min)	121	45 Mínimo
Fraguado Final, Método Vicat (min)	270	375 Máximo
COMPOSICIÓN QUÍMICA		
SO (%)	2.53	Máximo 3.0
MgO (%)	0.90	Máximo 6.0
Pérdida por Ignición (%)	1.90	Máximo 3.0
Residuo Insoluble (%)	0.52	Máximo 0.75
Fe O (%)	3.59	Máximo 6.0
Al O (%)	4.79	Máximo 6.0
C A (%)	6.42	Máximo 8.0

### CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



## **ANEXO 1.5. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**



**CERTIFICADO DE CALIDAD**  
**N° 2017001250**

CMA3897/2017

**1. CLIENTE:**

**RAZÓN SOCIAL:** CEMEX PERU S.A.  
**DIRECCIÓN:** AV. REPÚBLICA DE COLOMBIA 791 OFIC. 503, SAN ISIDRO, LIMA – PERÚ

**2. DATOS DEL LOTE**

**PRODUCTO DECLARADO:** CEMENTO PORTLAND – CEM I 52.5N – USO ESTRUCTURAL  
**NOMBRE DE EMBARCACIÓN:** M/V IVY DELTA  
**ENSAYOS EFECTUADOS POR:** EN LABORATORIOS EXTERNOS  
**INFORME DE ENSAYO:** 1711300358 REF N° 226980.Q2 CERTIFICATE: 1711100039



**3. ALCANCE:**

LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA DE PRODUCTO FUERON COMPARADOS CON LA NTP 334.009.2016

**4. DE LA INSPECCION:**

DE LOS RESULTADOS QUE SE DETALLAN A CONTINUACION CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.

**5. RESULTADOS:**

**REQUERIMIENTOS QUIMICOS**

REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACION NTP 334.009-2016	RESULTADO	EVALUACION
Oxido de Magnesio (MgO) - % Máx.	6.0	1.89	CONFORME
Trióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) - % Máx.	3.0	2.75	CONFORME
Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) - % Máx.	N.E.	4.52	N.E.
Oxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) - % Máx.	N.E.	3.30	N.E.
R <sub>2</sub> O (Total Álkalí) -% Max.	0.6	0.47	CONFORME

N.E: NO ESPECIFICA

**REQUERIMIENTOS FISICOS**

REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACION NTP 334.009- 2016	RESULTADO	EVALUACION
<b>1.Resistencia a la Compresión, Min(Mpa)</b>			
3 Días Min.	12	34.9	CONFORME
7 Días Min.	19	41.5	CONFORME
28 Días Min.	28	54.6	CONFORME
<b>2.Tiempo de Fraguado Inicial, Vicat (Minutos), Min</b>	45	110	CONFORME
<b>Tiempo de Fraguado Final, Vicat (Minutos), Max</b>	<375	160	CONFORME



**CERTIFICADO DE CALIDAD**  
**N° 2017001250**

CMA3897/2017

<b>3. Prueba de Finura</b>			
Superficie específica (m <sup>2</sup> /kg) Min.	260	375.7	CONFORME
Retenido en tamiz de 45µm %	N.E	2.8	N.E.
<b>4. Expansión en autoclave-Max %</b>	0.80	0.02	CONFORME
<b>5. Contenido de aire en el mortero -Max.</b>	12	4.8	CONFORME

N.E: NO ESPECIFICA

**METODOS DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: ASTM C109/C109M-16

CONTENIDO DE AIRE DEL MORTERO: ASTM C 185-08

EXPANSIÓN EN AUTOCLAVE: ASTM C151

FINURA, SUPERFICIE ESPECÍFICA BLAINE: ASTM C204-11

FRAGUADA VICAT: BS EN 196.3- 2005

OXIDO DE MAGNESIO; TRIOXIDO DE AZUFRE, TRIÓXIDO DE ALUMINIO, OXIDO DE SÍLICE, TRIÓXIDO DE FIERRO, R2O (TOTAL ÁLCALI): BS EN 196.2

**6. CONCLUSIÓN:**

EL PRODUCTO CEMENTO PORTLAND – CEM I 52.5N – USO ESTRUCTURAL EVALUADO ES **CONFORME** CON RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES DE LA NORMA REQUISITO: NTP 334.009- 2016 CEMENTOS. CEMENTO PÓRTLAND. REQUISITOS

**7. PERIODO DE VALIDEZ DEL CERTIFICADO DE CALIDAD:**

90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE CERTIFICADO.

FECHA DE EMISION: 27 DE DICIEMBRE DEL 2017

*Maria Elena Cerrón Méndez*  
Gerente de Certificaciones e Inspecciones



**ANEXO 1.6. CEMENTO SOL TIPO I**



## Ficha Técnica

# CEMENTO SOL

### Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

### Formato de Distribución:

- **Bolsas de 42.5 Kg:** 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- **Granel:** A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



## Recomendaciones

### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

### Manipulación:

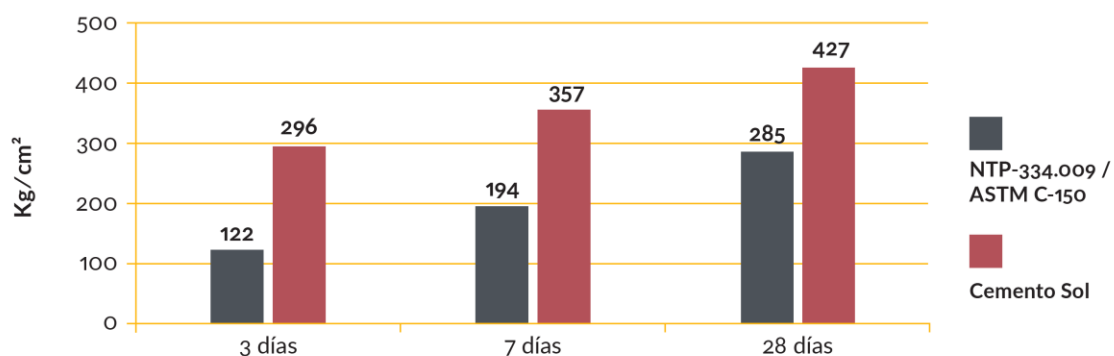
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

### Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional

## **ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO 2.1. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR  
LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND**

**ANEXO 2.1.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

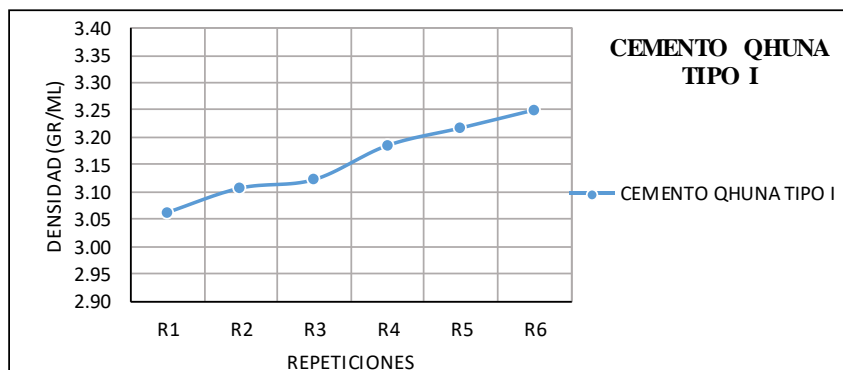
ENSA YO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.005:2011

**CEMENTO QHUNA TIPO I**

Repeticiones	Peso del cemento (gr)	Lectura inicial (mm)	Lectura final (mm)	Densidad (Gr/ml)
R1	64	0.20	21.10	3.06
R2	64	0.40	21.00	3.11
R3	64	1.00	21.50	3.12
R4	64	0.60	20.70	3.18
R5	64	0.60	20.50	3.22
R6	64	0.50	20.20	3.25

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)
	QHUNA
Promedio (Gr/ml)	3.16
Valor máximo (Gr/ml)	3.25
Valor mínimo (Gr/ml)	3.06
Desviación estándar (Gr/ml)	0.07
Coefficiente de variación (%)	2.26



**ANEXO 2.1.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

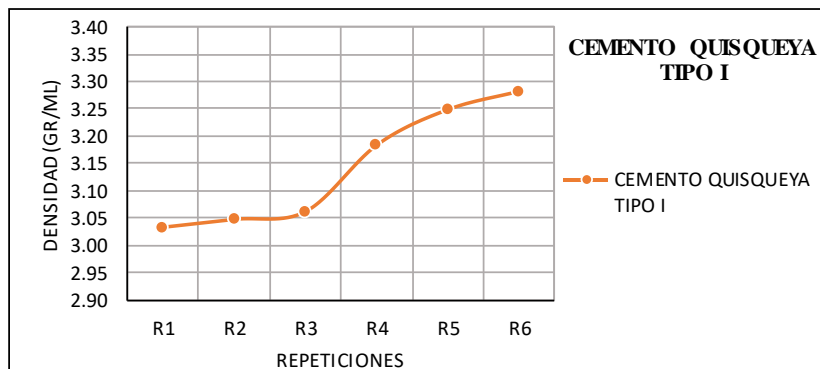
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**TESIS** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"  
**TESISTAS** : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN  
**ENSA YO** : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND  
**REFERENCIA** : NTP 334.005:2011

**CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

Repeticiones	Peso del cemento (gr)	Lectura inicial (mm)	Lectura final (mm)	Densidad (Gr/ml)
R1	64	0.50	21.60	3.03
R2	64	0.50	21.50	3.05
R3	64	0.30	21.20	3.06
R4	64	0.00	20.10	3.18
R5	64	0.80	20.50	3.25
R6	64	0.70	20.20	3.28

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)
	QUISQUEYA
Promedio (Gr/ml)	3.14
Valor máximo (Gr/ml)	3.28
Valor mínimo (Gr/ml)	3.03
Desviación estándar (Gr/ml)	0.11
Coefficiente de variación (%)	3.48





**ANEXO 2.1.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

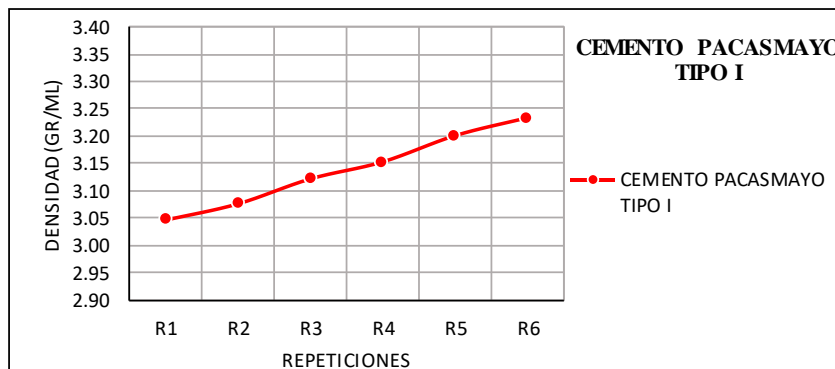
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.005:2011

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

Repeticiones	Peso del cemento (gr)	Lectura inicial (mm)	Lectura final (mm)	Densidad (Gr/ml)
R1	64	1.00	22.00	3.05
R2	64	0.70	21.50	3.08
R3	64	0.50	21.00	3.12
R4	64	0.10	20.40	3.15
R5	64	0.30	20.30	3.20
R6	64	0.80	20.60	3.23

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)
	PACASMAYO
Promedio (Gr/ml)	3.14
Valor máximo (Gr/ml)	3.23
Valor mínimo (Gr/ml)	3.05
Desviación estándar (Gr/ml)	0.07
Coefficiente de variación (%)	2.26



**ANEXO 2.1.4. CEMENTO SOL TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

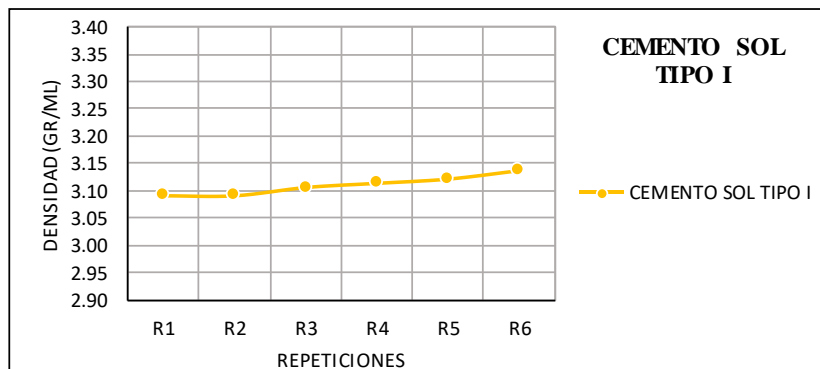
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.005:2011

**CEMENTO SOL TIPO I**

Repeticiones	Peso del cemento (gr)	Lectura inicial (mm)	Lectura final (mm)	Densidad (Gr/ml)
R1	64	0.00	20.70	3.09
R2	64	0.80	21.50	3.09
R3	64	0.70	21.30	3.11
R4	64	0.35	20.90	3.11
R5	64	0.10	20.60	3.12
R6	64	0.10	20.50	3.14

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)
	SOL
Promedio (Gr/ml)	3.11
Valor máximo (Gr/ml)	3.14
Valor mínimo (Gr/ml)	3.09
Desviación estándar (Gr/ml)	0.02
Coefficiente de variación (%)	0.57



**ANEXO 2.1.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

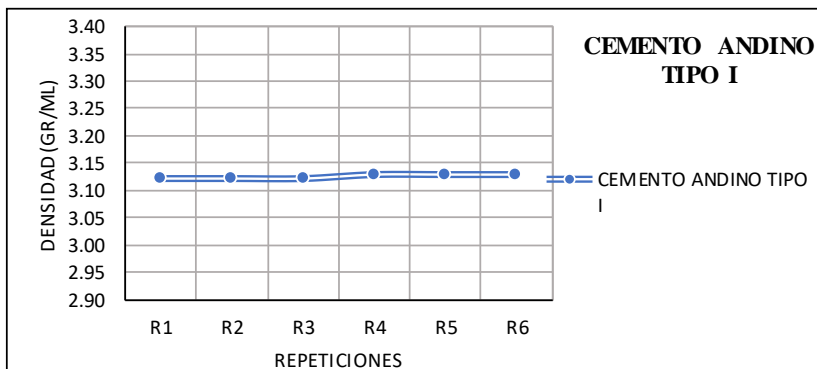
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.005:2011

**CEMENTO ANDINO TIPO I**

Repeticiones	Peso del cemento (gr)	Lectura inicial (mm)	Lectura final (mm)	Densidad (Gr/ml)
R1	64	0.30	20.80	3.12
R2	64	0.10	20.60	3.12
R3	64	0.50	21.00	3.12
R4	64	0.50	20.95	3.13
R5	64	0.35	20.80	3.13
R6	64	0.30	20.75	3.13

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)
	ANDINO
Promedio (Gr/ml)	3.13
Valor máximo (Gr/ml)	3.13
Valor mínimo (Gr/ml)	3.12
Desviación estándar (Gr/ml)	0.00
Coefficiente de variación (%)	0.13



**ANEXO 2.1.6. CEMENTO INKA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

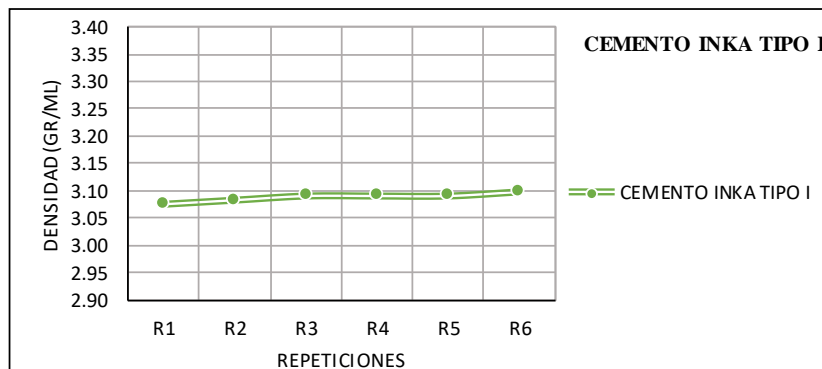
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.005:2011

**CEMENTO INKA TIPO I**

Repeticiones	Peso del cemento (gr)	Lectura inicial (mm)	Lectura final (mm)	Densidad (Gr/ml)
R1	64	0.20	21.00	3.08
R2	64	0.10	20.85	3.08
R3	64	0.10	20.80	3.09
R4	64	0.30	21.00	3.09
R5	64	0.20	20.90	3.09
R6	64	0.35	21.00	3.10

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD (Gr/ml)
	INKA
Promedio (Gr/ml)	3.09
Valor máximo (Gr/ml)	3.10
Valor mínimo (Gr/ml)	3.08
Desviación estándar (Gr/ml)	0.01
Coefficiente de variación (%)	0.25





**ANEXO 2.2. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR  
LAFINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)**

**ANEXO 2.2.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

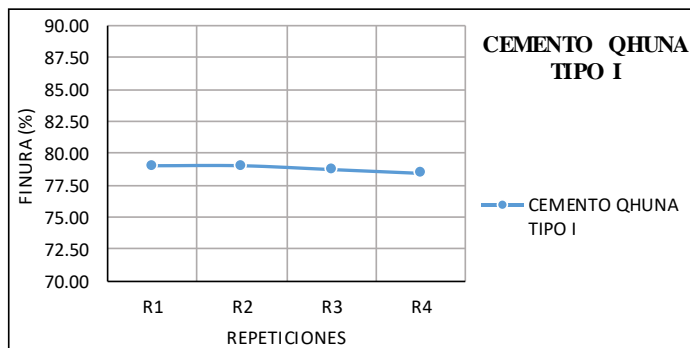
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)

REFERENCIA : NTP 334.045:2010

**CEMENTO QHUNA TIPO I**

Material	Peso de material (gr)	Factor de corrección de la malla (%)	Residuo retenido en la malla No.325 (%)	Residuo corregido (%)	Finura del cemento (%)
R1	1.000	31.2	0.160	20.992	79.01
R2	1.000	31.2	0.160	20.992	79.01
R3	1.000	31.2	0.162	21.254	78.75
R4	1.000	31.2	0.164	21.517	78.48

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)
	QHUNA
Promedio (%)	78.81
Valor máximo (%)	79.01
Valor mínimo (%)	78.48
Desviación estándar (%)	0.25
Coefficiente de variación (%)	0.32



**ANEXO 2.2.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

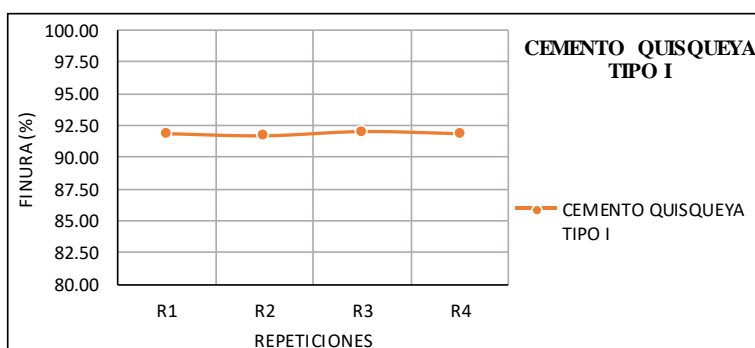
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)

REFERENCIA : NTP 334.045:2010

### CEMENTO QUISQUEYA TIPO I

Material	Peso de material (gr)	Factor de corrección de la malla (%)	Residuo retenido en la malla No.325 (%)	Residuo corregido (%)	Finura del cemento (%)
R1	1.000	31.2	0.061	8.003	92.00
R2	1.000	31.2	0.061	8.003	92.00
R3	1.000	31.2	0.062	8.134	91.87
R4	1.000	31.2	0.063	8.266	91.73

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)
	QUISQUEYA
Promedio (%)	91.90
Valor máximo (%)	92.00
Valor mínimo (%)	91.73
Desviación estándar (%)	0.13
Coefficiente de variación (%)	0.14



**ANEXO 2.2.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

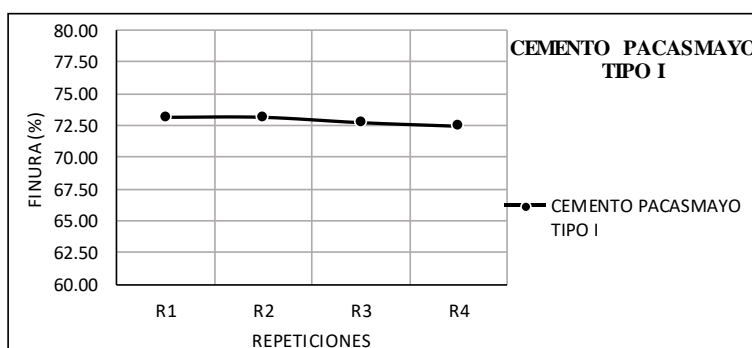
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)

REFERENCIA : NTP 334.045:2010

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

Material	Peso de material (gr)	Factor de corrección de la malla (%)	Residuo retenido en la malla No.325 (%)	Residuo corregido (%)	Finura del cemento (%)
R1	1.000	31.2	0.205	26.896	73.10
R2	1.000	31.2	0.205	26.896	73.10
R3	1.000	31.2	0.208	27.290	72.71
R4	1.000	31.2	0.210	27.552	72.45

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)
	PACASMAYO
Promedio (%)	72.84
Valor máximo (%)	73.10
Valor mínimo (%)	72.45
Desviación estándar (%)	0.32
Coefficiente de variación (%)	0.44



**ANEXO 2.2.4. CEMENTO SOL TIPO I**



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

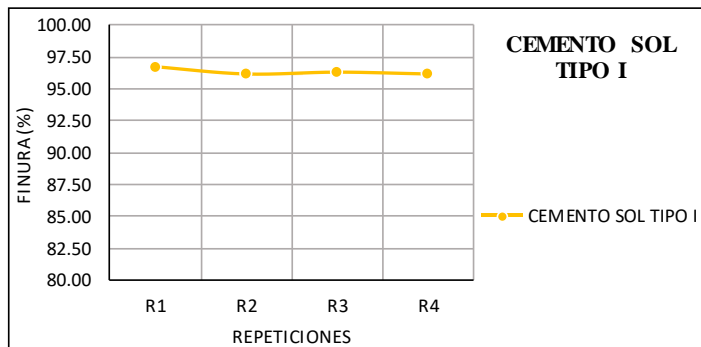
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)

REFERENCIA : NTP 334.045:2010

**CEMENTO SOL TIPO I**

Material	Peso de material (gr)	Factor de corrección de la malla (%)	Residuo retenido en la malla No.325 (%)	Residuo corregido (%)	Finura del cemento (%)
R1	1.000	31.2	0.025	3.280	96.72
R2	1.000	31.2	0.029	3.805	96.20
R3	1.000	31.2	0.028	3.674	96.33
R4	1.000	31.2	0.029	3.805	96.20

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)
	SOL
Promedio (%)	96.36
Valor máximo (%)	96.72
Valor mínimo (%)	96.20
Desviación estándar (%)	0.25
Coefficiente de variación (%)	0.26



**ANEXO 2.2.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

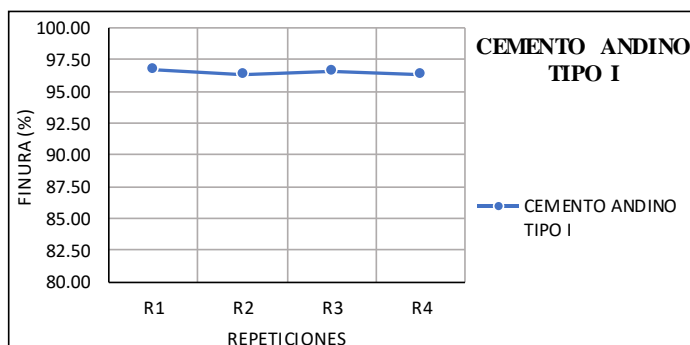
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO**  
**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**TESIS** : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"  
**TESISTAS** : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN  
**ENSAYO** : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)  
**REFERENCIA** : NTP 334.045:2010

**CEMENTO ANDINO TIPO I**

Material	Peso de material (gr)	Factor de corrección de la malla (%)	Residuo retenido en la malla No.325 (%)	Residuo corregido (%)	Finura del cemento (%)
R1	1.000	31.2	0.025	3.280	96.72
R2	1.000	31.2	0.028	3.674	96.33
R3	1.000	31.2	0.026	3.411	96.59
R4	1.000	31.2	0.028	3.674	96.33

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)
	ANDINO
Promedio (%)	96.49
Valor máximo (%)	96.72
Valor mínimo (%)	96.33
Desviación estándar (%)	0.20
Coefficiente de variación (%)	0.20



**ANEXO 2.2.6. CEMENTO INKA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

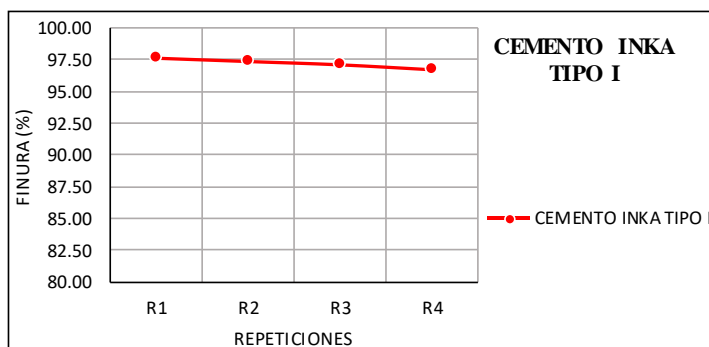
ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND POR EL TAMIZ DE  $\mu\text{m}$  (N° 325)

REFERENCIA : NTP 334.045:2010

**CEMENTO INKA TIPO I**

Material	Peso de material (gr)	Factor de corrección de la malla (%)	Residuo retenido en la malla No.325 (%)	Residuo corregido (%)	Finura del cemento (%)
R1	1.000	31.2	0.020	2.624	97.38
R2	1.000	31.2	0.018	2.362	97.64
R3	1.000	31.2	0.022	2.886	97.11
R4	1.000	31.2	0.025	3.280	96.72

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	FINURA (%)
	INKA
Promedio (%)	97.21
Valor máximo (%)	97.64
Valor mínimo (%)	96.72
Desviación estándar (%)	0.39
Coefficiente de variación (%)	0.40



**ANEXO 2.3. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA  
REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA  
NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO**

**ANEXO 2.3.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.074

**CONSISTENCIA NORMAL CEMENTO QHUNA TIPO I**

PARÁMETROS	ENSAYO
	1
A= Masa de cemento (gr)	650
B= Masa de agua (gr)	173
Penetración (mm)	9.5
Consistencia (%) = $B/A * 100$	26.6%

*Nota: La pasta será considerada de consistencia normal cuando el vástago del Aparato de Vicat penetre  $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$  a los 30 seg de haber sido liberada (NTP 334.074) .*

*Está consistencia normal servirá para realizar el ensayo de tiempo de fraguado utilizando la Aguja de Vicat (NTP 334.006)*



**ANEXO 2.3.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSA YO : MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.074

**CONSISTENCIA NORMAL CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

PARÁMETROS	ENSAYO
	1
A= Masa de cemento (gr)	650
B= Masa de agua (gr)	185
Penetración (mm)	9.5
Consistencia (%) = B/A*100	28.5%

*Nota: La pasta será considerada de consistencia normal cuando el vástago del Aparato de Vicat penetre 10mm ± 1mm a los 30 seg de haber sido liberada (NTP 334.074)*

*Esta consistencia normal servirá para realizar el ensayo de tiempo de fraguado utilizando la Aguja de Vicat (NTP 334.006)*

**ANEXO 2.3.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.074

**CONSISTENCIA NORMAL CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

PARÁMETROS	ENSAYO
	1
A= Masa de cemento (gr)	650
B= Masa de agua (gr)	161
Penetración (mm)	9.5
Consistencia (%) = B/A *100	24.8%

*Nota: La pasta será considerada de consistencia normal cuando el vástago del Aparato de Vicat penetre 10mm ± 1mm a los 30 seg de haber sido liberada (NTP 334.074)*

*Está consistencia normal servirá para realizar el ensayo de tiempo de fraguado utilizando la Aguja de Vicat (NTP 334.006)*

**ANEXO 2.3.4. CEMENTO SOL TIPO I**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSA YO : MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.074

**CONSISTENCIA NORMAL CEMENTO SOL TIPO I**

PARÁMETROS	ENSAYO
	1
A= Masa de cemento (gr)	650
B= Masa de agua (gr)	185.5
Penetración (mm)	9.5
Consistencia (%) = B/A*100	28.5%

*Nota: La pasta será considerada de consistencia normal cuando el vástago del Aparato de Vicat penetre 10mm ± 1mm a los 30 seg de haber sido liberada (NTP 334.074)*

*Está consistencia normal servirá para realizar el ensayo de tiempo de fraguado utilizando la Aguja de Vicat (NTP 334.006)*

**ANEXO 2.3.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSA YO : MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.074

**CONSISTENCIA NORMAL CEMENTO ANDINO TIPO I**

PARÁMETROS	ENSAYO
	1
A= Masa de cemento (gr)	650
B= Masa de agua (gr)	175
Penetración (mm)	9.5
Consistencia (%) = B/A*100	26.9%

*Nota: La pasta será considerada de consistencia normal cuando el vástago del Aparato de Vicat penetre 10mm ± 1mm a los 30 seg de haber sido liberada (NTP 334.074)*

*Está consistencia normal servirá para realizar el ensayo de tiempo de fraguado utilizando la Aguja de Vicat (NTP 334.006)*



**ANEXO 2.3.6. CEMENTO INKA TIPO I**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL EN PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.074

**CONSISTENCIA NORMAL CEMENTO INKA TIPO I**

PARÁMETROS	ENSAYO
	1
A= Masa de cemento (gr)	650
B= Masa de agua (gr)	179
Penetración (mm)	9.5
Consistencia (%) = B/A*100	27.5%

*Nota: La pasta será considerada de consistencia normal cuando el vástago del Aparato de Vicat penetre 10mm ± 1mm a los 30 seg de haber sido liberada (NTP 334.074)*

*Esta consistencia normal servirá para realizar el ensayo de tiempo de fraguado utilizando la Aguja de Vicat (NTP 334.006)*

**ANEXO 2.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL  
CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT**

**ANEXO 2.4.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

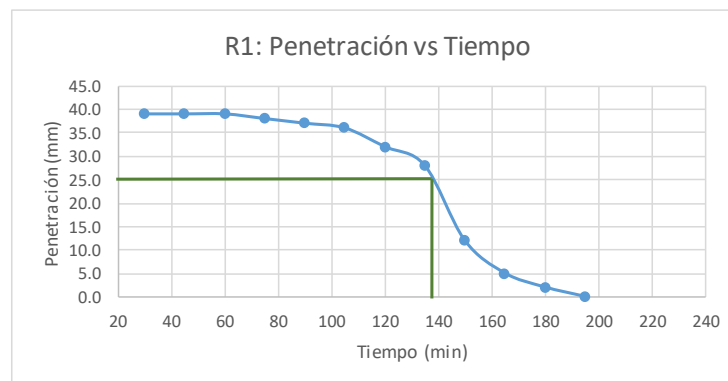
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

REFERENCIA : NTP 334.074:2013

**CEMENTO QHUNA TIPO I**

Hora	(min)	Penetración (mm)						PROMEDIO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
00:30:00	30	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
00:45:00	45	39.0	38.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
01:00:00	60	38.0	38.0	38.5	38.5	38.5	38.0	39.0
01:15:00	75	38.0	37.5	38.5	38.5	38.5	36.0	38.0
01:30:00	90	37.0	37.0	37.5	37.0	37.5	34.0	37.0
01:45:00	105	35.0	36.0	37.5	37.0	36.0	30.0	36.0
02:00:00	120	31.0	31.0	34.5	34.0	32.0	28.0	32.0
02:15:00	135	27.0	30.0	27.5	30.0	29.5	20.0	28.0
02:30:00	150	15.0	14.0	7.0	12.0	12.0	8.5	12.0
02:45:00	165	6.0	3.0	4.5	5.0	4.0	6.0	5.0
03:00:00	180	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
03:15:00	195	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03:30:00	210							
03:45:00	225							
04:00:00	240							
<b>Tiempo inicial (min)</b>		137.50	139.69	136.83	139.17	138.86	125.63	137.0
<b>Tiempo final (min)</b>		195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.0



**ANEXO 2.4.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

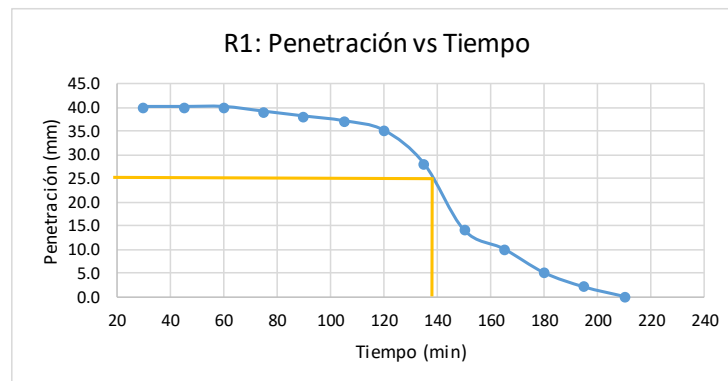
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

REFERENCIA : NTP 334.074:2013

**CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

Hora	(min)	Penetración (mm)						PROMEDIO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
00:30:00	30	39.5	40.0	39.0	40.0	40.0	40.0	40.0
00:45:00	45	38.0	40.0	39.0	39.5	40.0	40.0	40.0
01:00:00	60	38.0	39.5	39.0	39.5	39.5	39.5	40.0
01:15:00	75	38.0	39.0	38.5	38.0	38.0	38.0	39.0
01:30:00	90	37.5	39.0	38.5	37.5	37.5	37.5	38.0
01:45:00	105	37.5	38.0	35.0	37.5	37.0	35.0	37.0
02:00:00	120	36.0	38.0	32.5	35.0	34.0	32.5	35.0
02:15:00	135	28.0	31.0	24.0	28.0	26.0	28.5	28.0
02:30:00	150	15.0	16.0	10.0	12.0	15.0	14.5	14.0
02:45:00	165	8.0	13.0	7.0	7.0	10.0	11.0	10.0
03:00:00	180	4.5	4.5	3.0	4.0	4.0	4.5	5.0
03:15:00	195	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
03:30:00	210	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03:45:00	225							
04:00:00	240							
<b>Tiempo inicial (min)</b>		138.5	141.0	133.2	137.8	136.4	138.8	138.0
<b>Tiempo final (min)</b>		210.0	210.0	210.0	210.0	210.0	210.0	210.0



**ANEXO 2.4.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

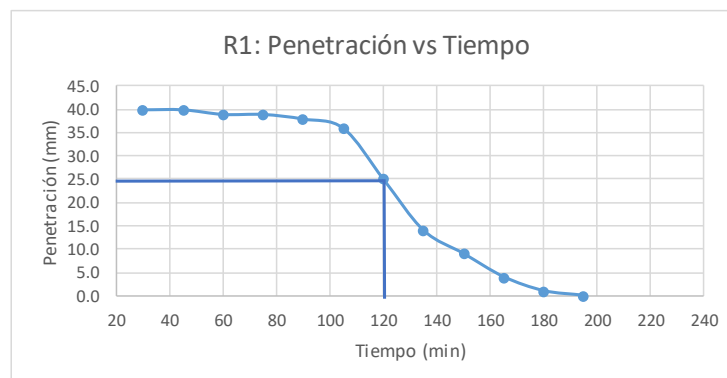
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

REFERENCIA : NTP 334.074:2013

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

Hora	(min)	Penetración (mm)						PROMEDIO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
00:30:00	30	40.0	39.5	40.0	40.0	40.0	39.0	40.0
00:45:00	45	39.0	39.5	39.0	39.5	39.5	39.0	40.0
01:00:00	60	38.5	38.5	38.5	39.0	39.0	38.5	39.0
01:15:00	75	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.0	39.0
01:30:00	90	38.0	37.0	38.0	38.0	37.0	37.0	38.0
01:45:00	105	34.0	35.0	35.0	34.0	36.0	36.5	36.0
02:00:00	120	32.0	16.5	32.0	30.0	18.5	16.5	25.0
02:15:00	135	15.5	11.5	15.0	14.5	12.5	12.0	14.0
02:30:00	150	11.0	8.5	10.0	9.5	5.0	5.5	9.0
02:45:00	165	5.0	2.5	6.0	4.0	2.0	1.5	4.0
03:00:00	180	1.0	1.0	1.5	1.0	0.0	0.0	1.0
03:15:00	195	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
03:30:00	210							
03:45:00	225							
04:00:00	240							
<b>Tiempo inicial (min)</b>		126.4	113.1	126.2	124.8	114.4	113.6	120.0
<b>Tiempo final (min)</b>		195.0	195.0	195.0	195.0	180.0	180.0	190.0



**ANEXO 2.4.4. CEMENTO SOL TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

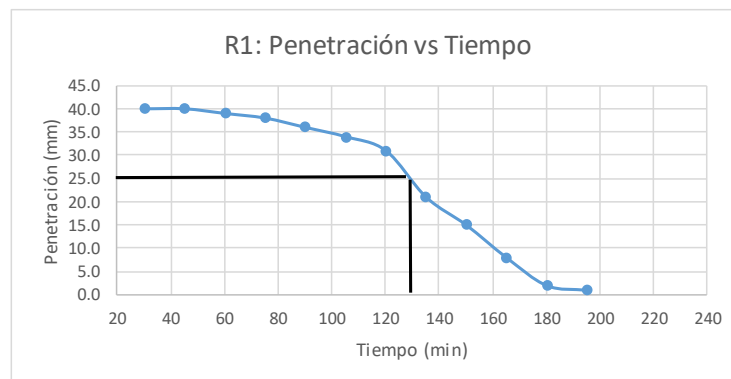
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

REFERENCIA : NTP 334.074:2013

**CEMENTO SOL TIPO I**

Hora	(min)	Penetración (mm)						PROMEDIO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
00:30:00	30	39.0	39.0	39.0	40.0	39.0	40.0	40.0
00:45:00	45	39.0	39.0	39.0	40.0	39.0	40.0	40.0
01:00:00	60	39.0	38.0	38.0	39.0	38.0	38.0	39.0
01:15:00	75	37.0	37.0	38.0	38.0	36.0	37.0	38.0
01:30:00	90	36.0	36.0	35.0	38.0	34.0	33.0	36.0
01:45:00	105	35.0	35.0	34.0	37.0	32.0	30.0	34.0
02:00:00	120	29.0	34.0	30.0	37.0	28.0	25.0	31.0
02:15:00	135	23.0	24.0	20.0	22.0	18.0	16.0	21.0
02:30:00	150	15.0	24.0	13.0	14.0	13.0	9.0	15.0
02:45:00	165	11.0	12.0	8.0	4.0	7.0	4.0	8.0
03:00:00	180	4.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
03:15:00	195	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
03:30:00	210	0.0	0.0					
03:45:00	225							
04:00:00	240							
<b>Tiempo inicial (min)</b>		130.0	133.5	127.5	132.0	124.5	120.0	128.0
<b>Tiempo final (min)</b>		210.0	210.0	195.0	195.0	195.0	195.0	200.0



**ANEXO 2.4.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

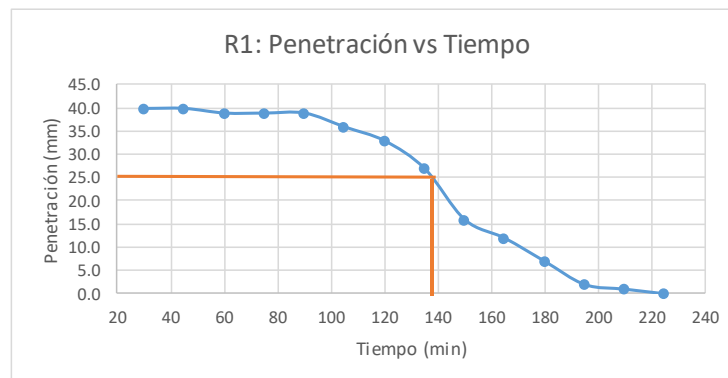
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

REFERENCIA : NTP 334.074:2013

**CEMENTO ANDINO TIPO I**

Hora	(min)	Penetración (mm)						PROMEDIO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
00:30:00	30	39.5	39.5	39.5	40.0	39.5	39.5	40.0
00:45:00	45	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	40.0
01:00:00	60	39.0	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	39.0
01:15:00	75	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	39.0
01:30:00	90	38.5	38.5	38.0	38.5	38.0	38.0	39.0
01:45:00	105	38.5	36.5	35.0	36.0	34.5	34.5	36.0
02:00:00	120	37.5	34.0	32.0	31.0	30.0	32.0	33.0
02:15:00	135	29.5	28.5	28.0	25.0	25.0	26.0	27.0
02:30:00	150	19.5	15.0	18.0	17.0	14.0	12.0	16.0
02:45:00	165	14.0	12.0	14.0	11.0	10.0	10.0	12.0
03:00:00	180	10.0	8.0	6.0	7.0	5.0	3.0	7.0
03:15:00	195	3.0	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	2.0
03:30:00	210	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
03:45:00	225	0.0	0.0					0.0
04:00:00	240							
<b>Tiempo inicial (min)</b>		141.8	138.9	139.5	135.0	135.0	135.9	138.0
<b>Tiempo final (min)</b>		225.0	225.0	210.0	210.0	210.0	210.0	215.0



**ANEXO 2.4.6. CEMENTO INKA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

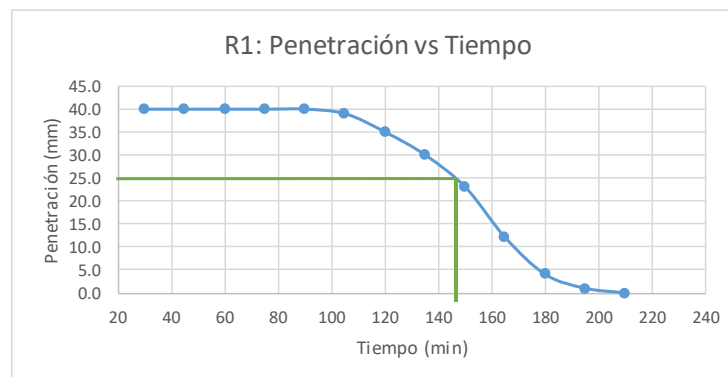
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

REFERENCIA : NTP 334.074:2013

**CEMENTO INKA TIPO I**

Hora	(min)	Penetración (mm)						PROMEDIO
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
00:30:00	30	39.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
00:45:00	45	39.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
01:00:00	60	39.5	39.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
01:15:00	75	39.0	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	40.0
01:30:00	90	38.0	38.5	39.5	39.5	39.5	39.5	40.0
01:45:00	105	37.0	38.5	38.0	38.5	38.5	38.5	39.0
02:00:00	120	34.0	35.0	36.5	35.0	34.0	35.0	35.0
02:15:00	135	31.0	31.0	26.0	30.0	31.0	30.0	30.0
02:30:00	150	28.0	20.0	18.5	25.0	19.5	21.5	23.0
02:45:00	165	12.0	10.0	12.5	12.0	12.0	10.0	12.0
03:00:00	180	4.0	3.0	4.5	4.0	4.0	4.5	4.0
03:15:00	195	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
03:30:00	210	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03:45:00	225							
04:00:00	240							
<b>Tiempo inicial (min)</b>		152.8	143.2	137.0	150.0	142.8	139.5	145.0
<b>Tiempo final (min)</b>		195.0	195.0	195.0	195.0	195.0	195.0	195.0



**ANEXO 2.5. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA  
A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO  
ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO**



**ANEXO 2.5.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

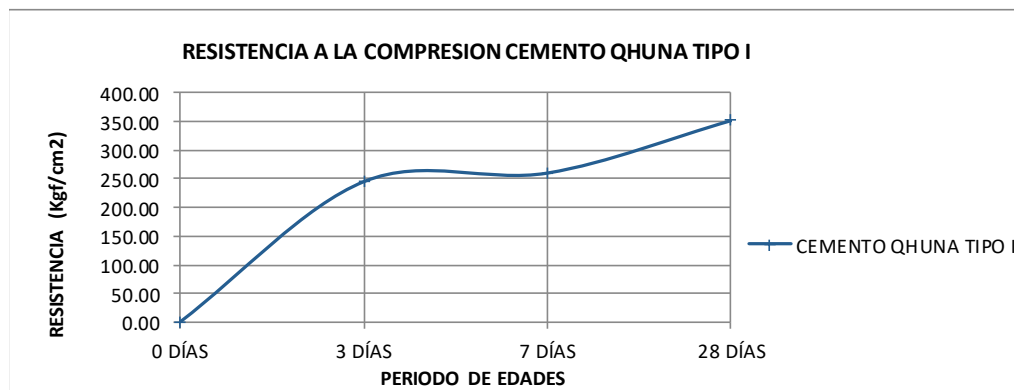
TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO

REFERENCIA : NTP 334.051:2013

**CEMENTO QHUNA TIPO I**

Muestra	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad	Resistencia a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	04/09/2018	07/09/2018	3 Dias	241.60	245.62
		07/09/2018	3 Dias	249.12	
	05/09/2018	08/09/2018	3 Dias	242.91	
		08/09/2018	3 Dias	248.83	
2	04/09/2018	11/09/2018	7 Dias	259.52	260.52
		11/09/2018	7 Dias	265.80	
	05/09/2018	12/09/2018	7 Dias	248.69	
		12/09/2018	7 Dias	268.05	
3	04/09/2018	02/10/2018	28 Dias	324.22	352.50
		02/10/2018	28 Dias	371.71	
	05/09/2018	03/10/2018	28 Dias	350.73	
		03/10/2018	28 Dias	363.36	



**ANEXO 2.5.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

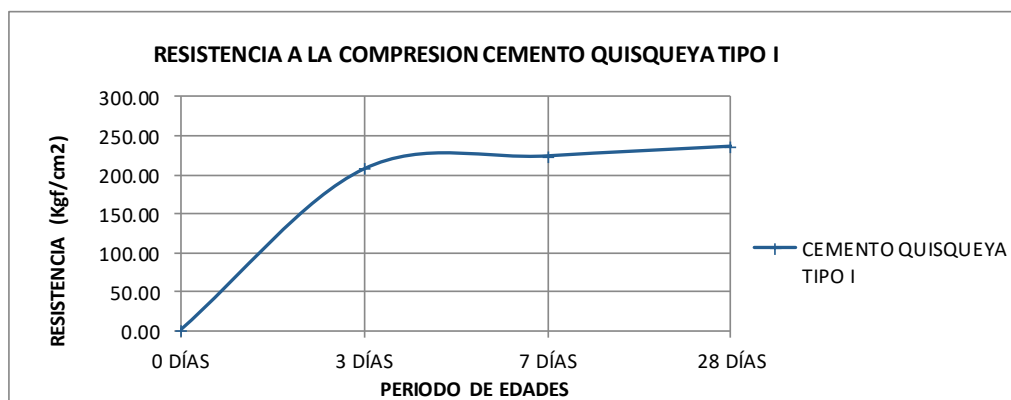
TESISTAS BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO

REFERENCIA NTP 334.051:2013

**CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

Muestra	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad	Resistencia a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	07/09/2018	10/09/2018	3 Días	195.51	206.72
		10/09/2018	3 Días	221.43	
	08/09/2018	11/09/2018	3 Días	192.06	
		11/09/2018	3 Días	217.88	
2	07/09/2018	14/09/2018	7 Días	224.54	223.52
		14/09/2018	7 Días	222.99	
	08/09/2018	15/09/2018	7 Días	221.27	
		15/09/2018	7 Días	225.27	
3	07/09/2018	05/10/2018	28 Días	229.34	235.97
		05/10/2018	28 Días	233.58	
	08/09/2018	06/10/2018	28 Días	231.43	
		06/10/2018	28 Días	249.54	



**ANEXO 2.5.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

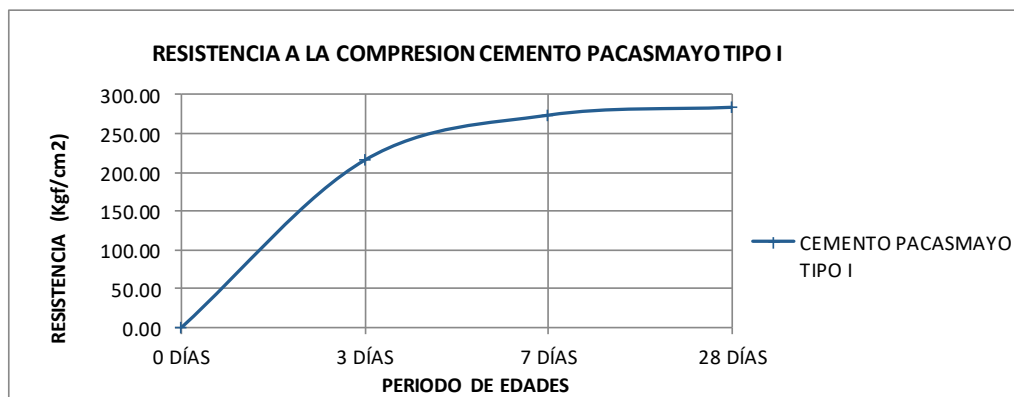
TESISTAS BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO

REFERENCIA NTP 334.051:2013

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

Muestra	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad	Resistencia a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10/09/2018	13/09/2018	3 Días	221.82	216.05
		13/09/2018	3 Días	210.18	
	11/09/2018	14/09/2018	3 Días	214.49	
		14/09/2018	3 Días	217.70	
2	10/09/2018	17/09/2018	7 Días	267.44	273.89
		17/09/2018	7 Días	276.99	
	11/09/2018	18/09/2018	7 Días	274.49	
		18/09/2018	7 Días	276.64	
3	10/09/2018	08/10/2018	28 Días	274.88	284.03
		08/10/2018	28 Días	294.05	
	11/09/2018	09/10/2018	28 Días	279.31	
		09/10/2018	28 Días	287.89	



**ANEXO 2.5.4. CEMENTO SOL TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

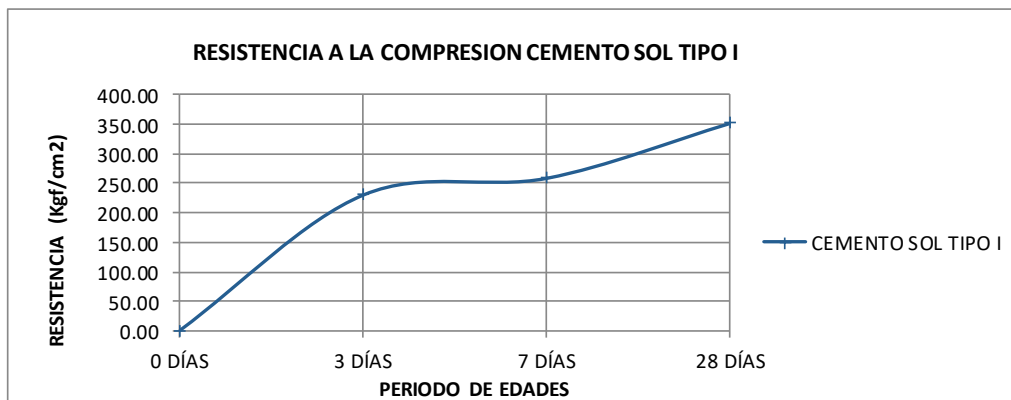
TESISTAS BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO

REFERENCIA NTP 334.051:2013

**CEMENTO SOL TIPO I**

Muestra	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad	Resistencia a la compresión (Kgf/cm2)	Resistencia Promedio a la compresión (Kgf/cm2)
1	12/09/2018	15/09/2018	3 Días	227.10	230.30
		15/09/2018	3 Días	231.86	
	14/09/2018	17/09/2018	3 Días	230.70	
		17/09/2018	3 Días	231.55	
2	12/09/2018	19/09/2018	7 Días	256.92	258.60
		19/09/2018	7 Días	259.66	
	14/09/2018	21/09/2018	7 Días	259.11	
		21/09/2018	7 Días	258.72	
3	12/09/2018	10/10/2018	28 Días	352.87	352.20
		10/10/2018	28 Días	352.51	
	14/09/2018	12/10/2018	28 Días	350.95	
		12/10/2018	28 Días	352.48	





**ANEXO 2.5.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

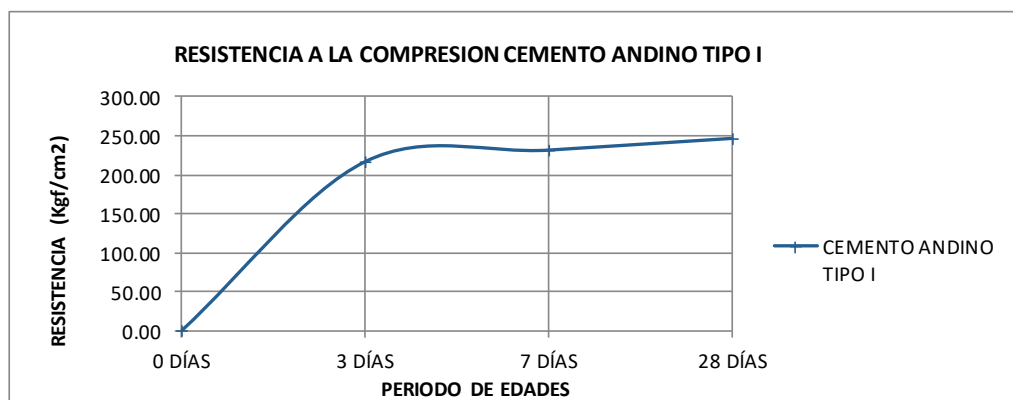
TESISTAS BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO

REFERENCIA NTP 334.051:2013

**CEMENTO ANDINO TIPO I**

Muestra	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad	Resistencia a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	15/09/2018	18/09/2018	3 Días	215.07	216.23
		18/09/2018	3 Días	213.27	
	17/09/2018	20/09/2018	3 Días	219.08	
		20/09/2018	3 Días	217.51	
2	15/09/2018	22/09/2018	7 Días	221.86	231.00
		22/09/2018	7 Días	236.64	
	17/09/2018	24/09/2018	7 Días	230.41	
		24/09/2018	7 Días	235.07	
3	15/09/2018	13/10/2018	28 Días	229.86	245.99
		13/10/2018	28 Días	255.19	
	17/09/2018	15/10/2018	28 Días	244.88	
		15/10/2018	28 Días	254.01	



**ANEXO 2.5.6. CEMENTO INKA TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

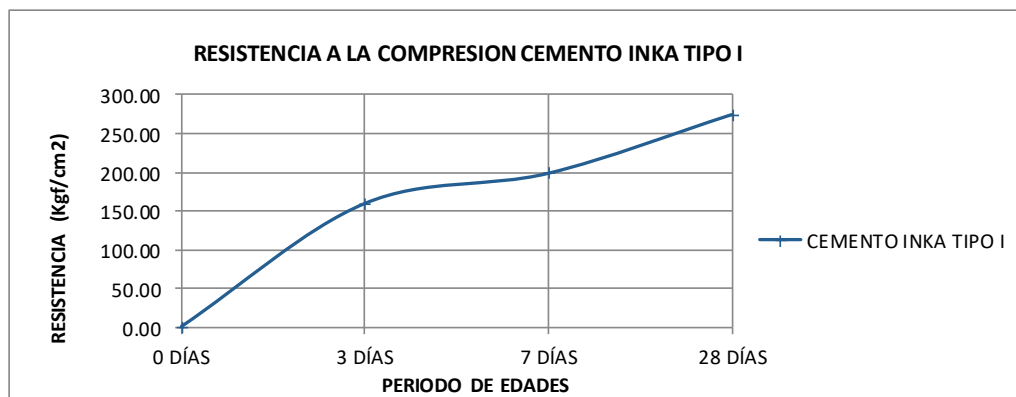
TESISTAS BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50mm DE LADO

REFERENCIA NTP 334.051:2013

**CEMENTO INKA TIPO I**

Muestra	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad	Resistencia a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	18/09/2018	21/09/2018	3 Dias	163.12	159.25
		21/09/2018	3 Dias	155.87	
	19/09/2018	22/09/2018	3 Dias	165.47	
		22/09/2018	3 Dias	152.53	
2	18/09/2018	25/09/2018	7 Dias	194.77	198.34
		25/09/2018	7 Dias	192.45	
	19/09/2018	26/09/2018	7 Dias	206.25	
		26/09/2018	7 Dias	199.90	
3	18/09/2018	16/10/2018	28 Dias	269.46	274.26
		16/10/2018	28 Dias	274.52	
	19/09/2018	17/10/2018	28 Dias	273.50	
		17/10/2018	28 Dias	279.54	



**ANEXO 2.6. ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS  
DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA**

**ANEXO 2.6.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

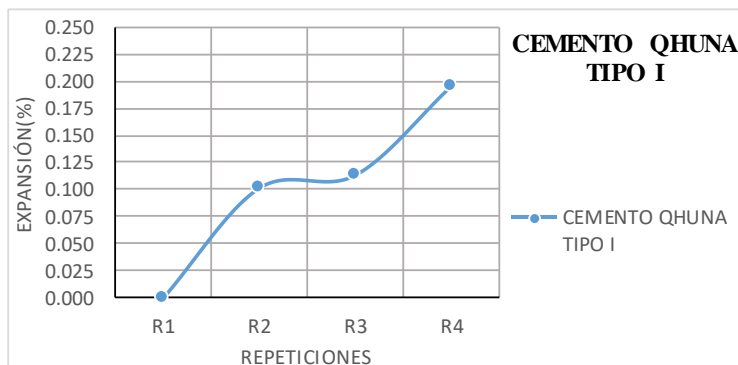
ENSAYO : ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA

REFERENCIA : NTP 334.093:2001

### CEMENTO QHUNA TIPO I

MUESTRA	LECTURA INICIAL DE LONGITUD	LECTURA FINAL DE LONGITUD	EXPANSION DE BARRA (%)
R1	0.898 mm	0.898 mm	0.000
R2	0.984 mm	0.985 mm	0.102
R3	0.880 mm	0.881 mm	0.114
R4	1.020 mm	1.022 mm	0.196

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	QHUNA
Promedio (%)	0.103
Valor máximo (%)	0.196
Valor mínimo (%)	0.000
Desviación estándar (%)	0.080
Coefficiente de variación (%)	0.781



**ANEXO 2.6.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

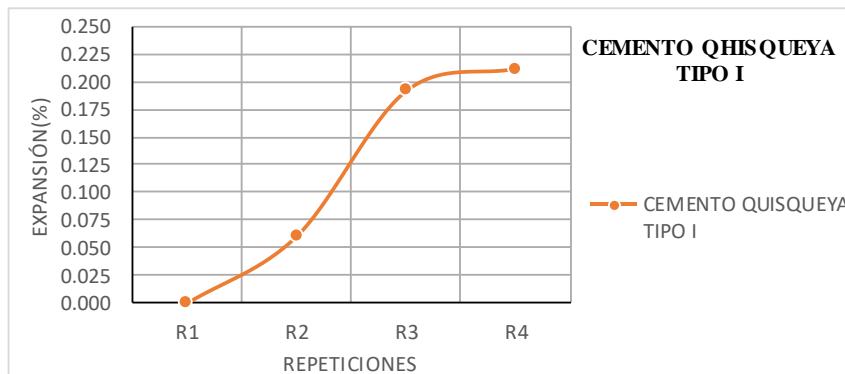
ENSAYO : ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA

REFERENCIA : NTP 334.093:2001

**CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

MUESTRA	LECTURA INICIAL DE LONGITUD	LECTURA FINAL DE LONGITUD	EXPANSION DE BARRA (%)
R1	0.546 mm	0.546 mm	0.000
R2	1.648 mm	1.649 mm	0.061
R3	1.560 mm	1.563 mm	0.192
R4	0.942 mm	0.944 mm	0.212

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	QUISQUEYA
Promedio (%)	0.116
Valor máximo (%)	0.212
Valor mínimo (%)	0.000
Desviación estándar (%)	0.102
Coefficiente de variación (%)	0.882



**ANEXO 2.6.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

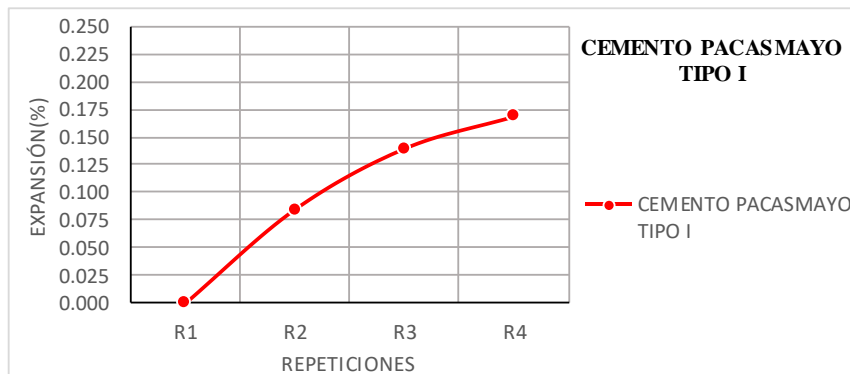
ENSAYO : ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA

REFERENCIA : NTP 334.093:2001

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

MUESTRA	LECTURA INICIAL DE LONGITUD	LECTURA FINAL DE LONGITUD	EXPANSION DE BARRA (%)
R1	0.892 mm	0.892 mm	0.000
R2	1.652 mm	1.653 mm	0.085
R3	0.644 mm	0.645 mm	0.140
R4	0.652 mm	0.653 mm	0.168

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	PACASMAYO
Promedio (%)	0.098
Valor máximo (%)	0.168
Valor mínimo (%)	0.000
Desviación estándar (%)	0.074
Coefficiente de variación (%)	0.755



**ANEXO 2.6.4. CEMENTO SOL TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

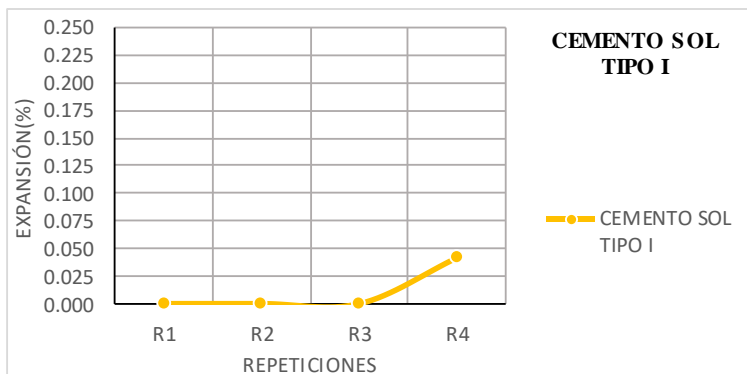
ENSAYO : ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA

REFERENCIA : NTP 334.093:2001

**CEMENTO SOL TIPO I**

MUESTRA	LECTURA INICIAL DE LONGITUD	LECTURA FINAL DE LONGITUD	EXPANSION DE BARRA (%)
R1	0.352 mm	0.352 mm	0.000
R2	0.001 mm	0.001 mm	0.000
R3	0.635 mm	0.635 mm	0.000
R4	1.185 mm	1.186 mm	0.042

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	SOL
Promedio (%)	0.011
Valor máximo (%)	0.042
Valor mínimo (%)	0.000
Desviación estándar (%)	0.021
Coefficiente de variación (%)	2.000



**ANEXO 2.6.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

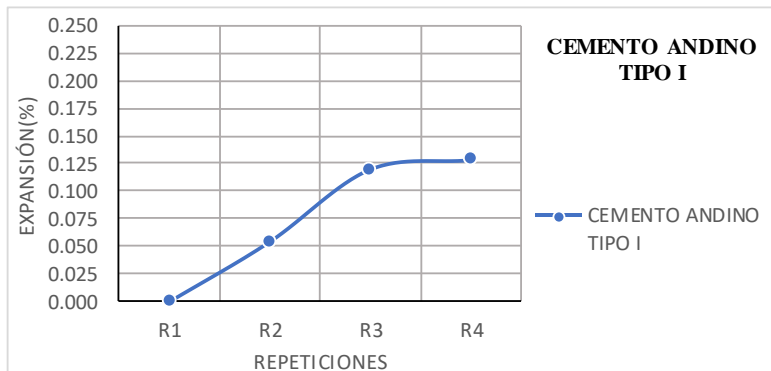
ENSA YO : ENSA YO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA

REFERENCIA : NTP 334.093:2001

**CEMENTO ANDINO TIPO I**

MUESTRA	LECTURA INICIAL DE LONGITUD	LECTURA FINAL DE LONGITUD	EXPANSION DE BARRA (%)
R1	0.184 mm	0.184 mm	0.000
R2	0.184 mm	0.184 mm	0.054
R3	1.666 mm	1.668 mm	0.120
R4	1.554 mm	1.556 mm	0.129

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	ANDINO
Promedio (%)	0.076
Valor máximo (%)	0.129
Valor mínimo (%)	0.000
Desviación estándar (%)	0.060
Coefficiente de variación (%)	0.798



**ANEXO 2.6.6. CEMENTO INKA TIPO I**



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

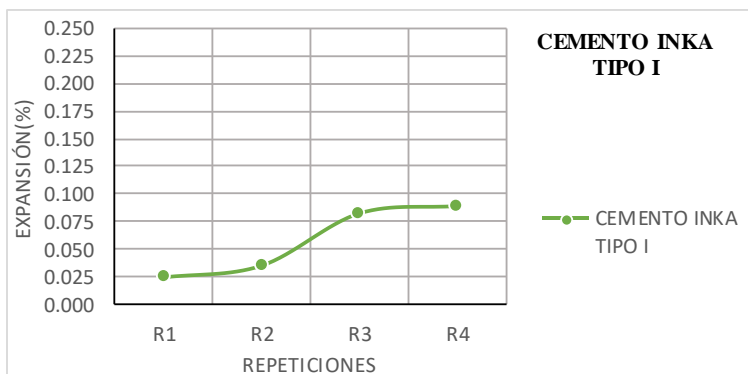
ENSAYO : ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO DE CEMENTO PORTLAND CURADO EN AGUA

REFERENCIA : NTP 334.093:2001

**CEMENTO INKA TIPO I**

MUESTRA	LECTURA INICIAL DE LONGITUD	LECTURA FINAL DE LONGITUD	EXPANSION DE BARRA (%)
R1	0.401 mm	0.401 mm	0.025
R2	0.282 mm	0.282 mm	0.035
R3	0.121 mm	0.121 mm	0.083
R4	0.112 mm	0.112 mm	0.089

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	INKA
Promedio (%)	0.058
Valor máximo (%)	0.089
Valor mínimo (%)	0.025
Desviación estándar (%)	0.033
Coefficiente de variación (%)	0.561



**ANEXO 2.7. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ  
DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND**

**ANEXO 2.7.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"  
 TESISISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN  
 ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND  
 REFERENCIA : NTP 334.057:2016

**DOSIFICACIÓN CEMENTO QHUNA TIPO I**

**ENSAYO N° 01**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.90</b>	DB	D1	D2	D3	D4	DP
CEMENTO	350.00			10.05	22.1	21.4	21.5	22.0	<b>21.75</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	315								
<b>FLUIDEZ =</b>					116.42 %				

**ENSAYO N° 02**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.80</b>	DB	D1	D2	D3	D4	DP
CEMENTO	350.00			10.05	19.0	19.8	20.9	19.9	<b>19.90</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	280								
<b>FLUIDEZ =</b>					98.01 %				

**ENSAYO N° 03**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.75</b>	DB	D1	D2	D3	D4	DP
CEMENTO	350.00			10.05	20.7	19.2	18.7	20.0	<b>19.65</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	262.5								
<b>FLUIDEZ =</b>					95.52 %				

**ENSAYO N° 04**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.69</b>	DB	D1	D2	D3	D4	DP
CEMENTO	350.00			10.05	18.1	18.4	18.3	18.5	<b>18.33</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	241.5								
<b>FLUIDEZ =</b>					82.34 % OK				

*Nota: Agua suficiente para un flujo de 87.5% ± 7.5% (NTP 334.048)*

**ANEXO 2.7.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.057:2016

**DOSIFICACIÓN CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

**ENSAYO N° 01**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.75</b>	DB					
CEMENTO	350.00			10.05	18.0	17.1	17.6	18.1	<b>17.70</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	262.5								
<b>FLUIDEZ =</b>					<b>76.12 %</b>				

**ENSAYO N° 02**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.80</b>	DB					
CEMENTO	350.00			10.05	17.6	18.6	18.0	17.6	<b>17.95</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	280								
<b>FLUIDEZ =</b>					<b>78.61 %</b>				

**ENSAYO N° 03**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.85</b>	DB					
CEMENTO	350.00			10.05	20.3	20.0	20.8	20.3	<b>20.35</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	297.5								
<b>FLUIDEZ =</b>					<b>102.49 %</b>				

**ENSAYO N° 04**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.82</b>	DB					
CEMENTO	350.00			10.05	18.2	18.2	18.1	18.0	<b>18.13</b>
ARENA	1400.00								
AGUA (ml)	287								
<b>FLUIDEZ =</b>					<b>80.35 % OK</b>				

*Nota: Agua suficiente para un flujo de 87.5% ± 7.5% (NTP 334.048)*

**ANEXO 2.7.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.057:2016

**DOSIFICACIÓN CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

**ENSAYO N° 01**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)					
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4	DP
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.75</b>	DB						
CEMENTO		350.00		10.05	16.0	15.7	16.5	16.6	<b>16.20</b>	
ARENA		1400.00								
AGUA (ml)		262.5								
					<b>FLUIDEZ = 61.19 %</b>					

**ENSAYO N° 02**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)					
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4	DP
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.85</b>	DB						
CEMENTO		350.00		10.05	22.0	22.1	21.2	22.1	<b>21.85</b>	
ARENA		1400.00								
AGUA (ml)		297.5								
					<b>FLUIDEZ = 117.36 %</b>					

**ENSAYO N° 03**

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)					
	CEMENTO	ARENA	A/C		DB	D1	D2	D3	D4	DP
MATERIALES (gr.)	<b>1</b>	<b>4.0</b>	<b>0.82</b>	DB						
CEMENTO		350.00		10.05	18.7	18.4	18.4	18.6	<b>18.53</b>	
ARENA		1400.00								
AGUA (ml)		287								
					<b>FLUIDEZ = 84.33 % OK</b>					

*Nota: Agua suficiente para un flujo de 87.5% ± 7.5% (NTP 334.048)*



**ANEXO 2.7.4. CEMENTO SOL TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : NTP 334.057:2016

**DOSIFICACIÓN CEMENTO SOL TIPO I  
ENSAYO N° 01**

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO 1	ARENA 4.0	A/C 0.82		DB	D1	D2	D3	D4
CEMENTO ARENA AGUA (ml)		350.00 1400.00 287		10.05	18.1	17.5	17.5	18.0	<b>17.78</b>
<b>FLUIDEZ =</b>					76.87 %				

**ENSAYO N° 02**

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO 1	ARENA 4.0	A/C 0.84		DB	D1	D2	D3	D4
CEMENTO ARENA AGUA (ml)		350.00 1400.00 294		10.05	18.0	18.1	18.3	18.5	<b>18.23</b>
<b>FLUIDEZ =</b>					81.34 % OK				

*Nota: Agua suficiente para un flujo de 87.5% ± 7.5% (NTP 334.048)*

**ANEXO 2.7.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"  
 TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN  
 ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND  
 REFERENCIA : NTP 334.057:2016

**DOSIFICACIÓN CEMENTO ANDINO TIPO I  
ENSAYO N° 01**

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO 1	ARENA 4.0	A/C 0.85		DB	D1	D2	D3	D4
CEMENTO ARENA AGUA (ml)		350.00 1400.00 297.5		10.05	22.0	21.7	21.0	21.1	<b>21.45</b>
<b>FLUIDEZ =</b>					113.43 %				

**ENSAYO N° 02**

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO 1	ARENA 4.0	A/C 0.83		DB	D1	D2	D3	D4
CEMENTO ARENA AGUA (ml)		350.00 1400.00 290.5		10.05	18.5	20.6	20.9	18.8	<b>19.70</b>
<b>FLUIDEZ =</b>					96.02 %				

**ENSAYO N° 03**

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO 1	ARENA 4.0	A/C 0.82		DB	D1	D2	D3	D4
CEMENTO ARENA AGUA (ml)		350.00 1400.00 287		10.05	18.2	18.0	18.5	20.0	<b>18.68</b>
<b>FLUIDEZ =</b>					85.82 % OK				

*Nota: Agua suficiente para un flujo de 87.5% ± 7.5% (NTP 334.048)*

**ANEXO 2.7.6. CEMENTO INKA TIPO I**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"  
 TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN  
 ENSAYO : MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND  
 REFERENCIA : NTP 334.057:2016

**DOSIFICACIÓN CEMENTO INKA TIPO I  
ENSAYO N° 01**

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO MESA DE FLUIDEZ (cm.)	DIAMETRO DE FLUIDEZ (cm.)				
	CEMENTO 1	ARENA 4.0	A/C 0.84		DB	D1	D2	D3	D4
CEMENTO		350.00		10.05	18.5	18.6	17.7	18.0	<b>18.20</b>
ARENA		1400.00							
AGUA (ml)		294							
<b>FLUIDEZ =</b>					81.09 %		OK		

*Nota: Agua suficiente para un flujo de 87.5% ± 7.5% (NTP 334.048)*

**ANEXO 2.8. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN  
MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO**

**ANEXO 2.8.1. CEMENTO QHUNA TIPO I**



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

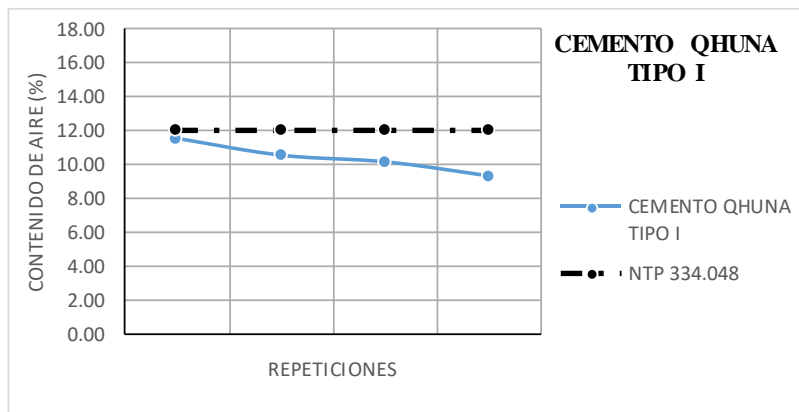
ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.048:2014

**CEMENTO QHUNA TIPO I**

MUESTRA	PESO MOLDE	PESO MOLDE + MORTERO	PESO MORTERO	A/C	CONTENIDO DE AIRE (%)
R1	443.68	1244.00	800.32	69.00	11.49
R2	443.77	1253.00	809.23		10.51
R3	445.26	1258.00	812.74		10.12
R4	447.67	1268.00	820.23		9.29

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	QHUNA
Promedio (%)	10.35
Valor máximo (%)	11.49
Valor mínimo (%)	9.29
Desviación estándar (%)	0.91
Coefficiente de variación (%)	0.09



**ANEXO 2.8.2. CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

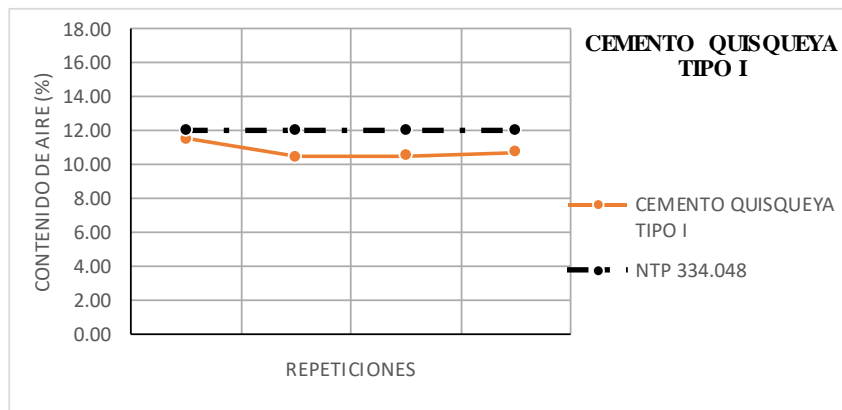
ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.048:2014

**CEMENTO QUISQUEYA TIPO I**

MUESTRA	PESO MOLDE	PESO MOLDE + MORTERO	PESO MORTERO	A/C	CONTENIDO DE AIRE (%)
R1	443.68	1222.00	778.32	82.00	11.50
R2	445.26	1233.00	787.74		10.43
R3	447.67	1235.00	787.33		10.48
R4	443.77	1229.00	785.23		10.72

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	QUISQUEYA
Promedio (%)	10.78
Valor máximo (%)	11.50
Valor mínimo (%)	10.43
Desviación estándar (%)	0.50
Coefficiente de variación (%)	0.05



**ANEXO 2.8.3. CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

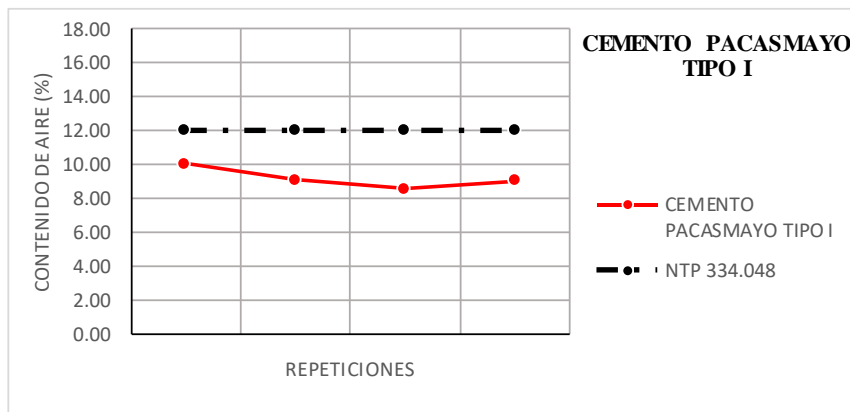
ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.048:2014

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

MUESTRA	PESO MOLDE	PESO MOLDE + MORTERO	PESO MORTERO	A/C	CONTENIDO DE AIRE (%)
R1	443.68	1235.00	791.32	82.00	10.02
R2	445.26	1245.00	799.74		9.07
R3	447.67	1252.00	804.33		8.55
R4	443.77	1244.00	800.23		9.01

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	PACASMAYO
Promedio (%)	9.16
Valor máximo (%)	10.02
Valor mínimo (%)	8.55
Desviación estándar (%)	0.62
Coefficiente de variación (%)	0.07



**ANEXO 2.8.4. CEMENTO SOL TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

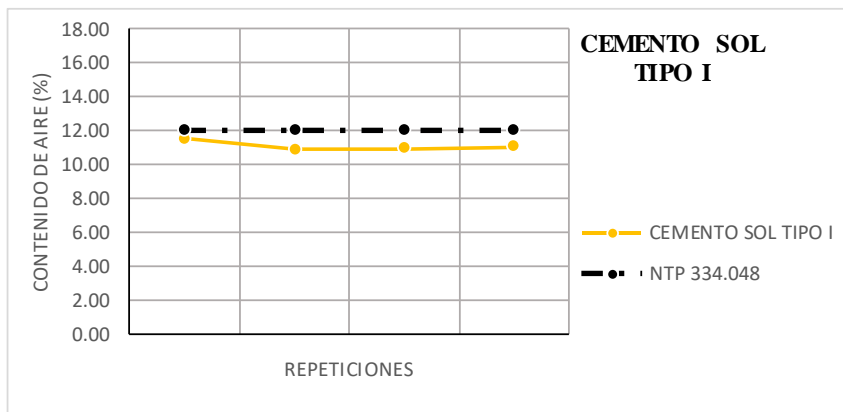
ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.048:2014

**CEMENTO SOL TIPO I**

MUESTRA	PESO MOLDE	PESO MOLDE + MORTERO	PESO MORTERO	A/C	CONTENIDO DE AIRE (%)
R1	443.68	1219.00	775.32	84.00	11.48
R2	445.26	1226.00	780.74		10.86
R3	447.67	1228.00	780.33		10.91
R4	443.77	1223.00	779.23		11.04

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	SOL
Promedio (%)	11.07
Valor máximo (%)	11.48
Valor mínimo (%)	10.86
Desviación estándar (%)	0.28
Coefficiente de variación (%)	0.03



**ANEXO 2.8.5. CEMENTO ANDINO TIPO I**



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

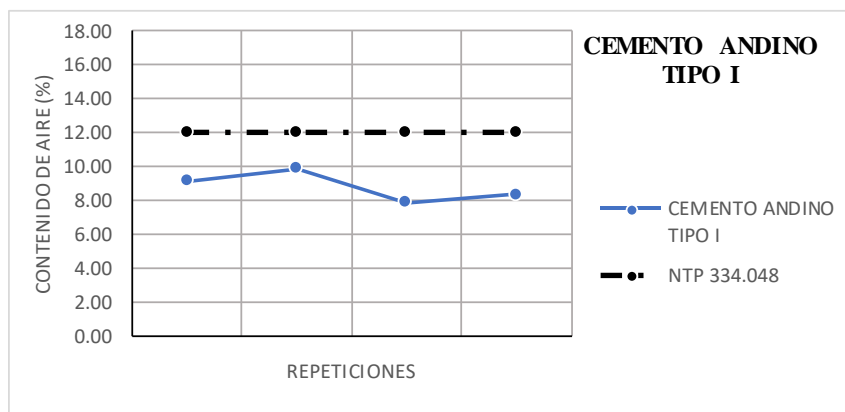
ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.048:2014

**CEMENTO ANDINO TIPO I**

MUESTRA	PESO MOLDE	PESO MOLDE + MORTERO	PESO MORTERO	A/C	CONTENIDO DE AIRE (%)
R1	443.68	1243.00	799.32	82.00	9.12
R2	445.26	1238.00	792.74		9.86
R3	447.67	1258.00	810.33		7.86
R4	443.77	1250.00	806.23		8.33

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	ANDINO
Promedio (%)	8.79
Valor máximo (%)	9.86
Valor mínimo (%)	7.86
Desviación estándar (%)	0.88
Coefficiente de variación (%)	0.10



**ANEXO 2.8.6. CEMENTO INKA TIPO I**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS : "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMERCIALIZADAS EN EL NORTE Y CENTRO DEL PERÚ, 2018"

TESISTAS : BACH. GUEVARA DÍAZ VICTOR DANIEL  
 BACH. TANTARICO VÁSQUEZ MARIO LILIAN

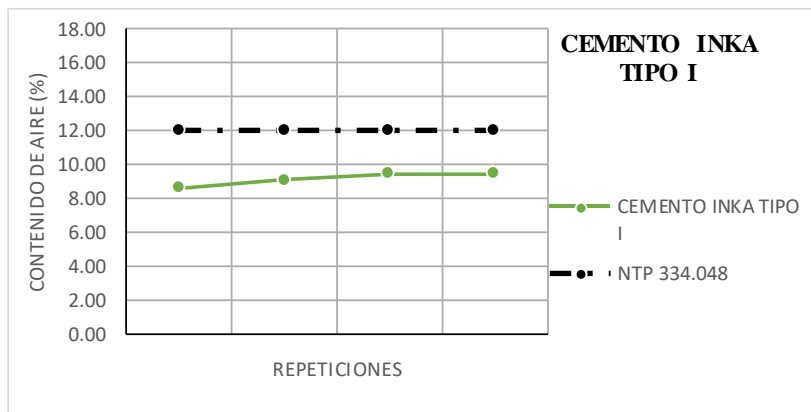
ENSAYO : DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO

REFERENCIA : NTP 334.048:2014

**CEMENTO INKA TIPO I**

MUESTRA	PESO MOLDE	PESO MOLDE + MORTERO	PESO MORTERO	A/C	CONTENIDO DE AIRE (%)
R1	445.26	1246.00	800.74	84.00	8.58
R2	443.77	1240.00	796.23		9.09
R3	447.67	1241.00	793.33		9.43
R4	443.68	1237.00	793.32		9.43

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	CONTENIDO DE AIRE (%)
	INKA
Promedio (%)	9.13
Valor máximo (%)	9.43
Valor mínimo (%)	8.58
Desviación estándar (%)	0.40
Coefficiente de variación (%)	0.04



**ANEXO 3. PANEL FOTOGRÁFICO**

### ANEXO 3.1. DENSIDAD DEL CEMENTO TIPO I



a.



b.



c.



d.



e.

**Imagen 01:** Procedimiento para la realización del ensayo de densidad del cemento.

### ANEXO 3.2. FINURA DEL CEMENTO TIPO I



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.

**Imagen 2:** Procedimiento para la realización del ensayo de finura del cemento.



### ANEXO 3.3. TIEMPO DE FRAGUADO DE LAS PASTAS DE CEMENTO TIPO I

I



a.



b.



c.



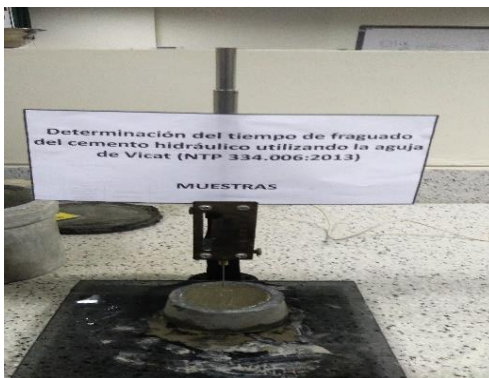
d.



e.



f.



g.



h.

**Imagen 03:** Procedimiento para la realización del ensayo de tiempo de fraguado de la pasta de cemento.

### ANEXO 3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS DE CEMENTO TIPO I



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.



h.

**Imagen 04:** Procedimiento para la realización del ensayo de resistencia a la compresión.



### ANEXO 3.5. EXPANSIÓN DE BARRAS DE MORTERO CURADAS EN AGUA DE CEMENTO TIPO I



a.



b.



c.



d.

**Imagen 05:** Procedimiento para la realización del ensayo de expansión de las barras de mortero.

### ANEXO 3.6. CONTENIDO DE AIRE DE CEMENTO TIPO I



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.

**Imagen 06:** Procedimiento para la realización del ensayo de contenido de aire.