

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO DEL CONCRETO CON EL CEMENTO
PORTLAND TIPO ICO Y ADITIVO IMPERMEABLE”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

VÍCTOR ALEXANDER NONAJULCA RETO

ASESOR

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN

LIMA - PERÚ

2020

© 2020, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Nonajulca Reto, Víctor Alexander

Victor.nonajulca.r@uni.pe

986202183 – 5532583

DEDICATORIA

A mi madre, padre y hermano, por estar constantemente apoyándome y aconsejándome en todo el camino de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Rafael Cachay Huamán, por compartir conmigo su tiempo y conocimiento a la realización de esta tesis.

Y a mi familia, por darme la fuerza a seguir avanzando.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
PRÓLOGO	7
LISTA DE CUADROS	8
LISTA DE GRÁFICOS.....	10
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 GENERALIDADES.....	12
1.2 PROBLEMÁTICA	13
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 Objetivo Principal.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 HIPOTESIS	14
CAPÍTULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO	15
2.1 DEFINICIÓN.....	15
2.2 COMPONENTES.....	15
2.2.1 Cemento	15
2.2.1.1 Cemento Portland.....	15
2.2.1.2 Cemento Portland sin adición.....	16
2.2.1.3 Cemento Portland con adiciones.....	16
2.2.2 Agregados	19
2.2.2.1 Clasificación.....	19
2.2.2.2 Clasificación física	19
2.2.3 Agua	24
2.2.3.1 Agua para mezcla	24
2.2.3.2 Agua para curado	25
2.2.4 Aditivo.....	25
2.2.4.1 Aditivos acelerantes.....	27
2.2.4.2 Aditivos retardantes	27
2.2.4.3 Aditivos incorporadores de aire	27
2.2.4.4 Aditivos reductores de agua-plastificante	27

2.2.4.5	Aditivos impermeabilizantes.....	28
2.2.4.6	Aditivos naturales y de procedencia corriente	29
2.3	PREPARACIÓN DEL CONCRETO	29
2.4	PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.....	30
2.4.1	Asentamiento	30
2.4.2	Peso unitario	31
2.4.3	Contenido de aire.....	31
2.4.4	Tiempo de fraguado	32
2.4.5	Exudación	33
2.5	PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	35
2.5.1	Absorción.....	35
2.5.2	Resistencia a la compresión axial	36
2.5.3	Módulo de elasticidad estático.	37
CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS.....		39
3.1	CEMENTO.....	39
3.2	AGREGADOS.....	40
3.3.	AGUA	41
3.4	ADITIVO SIKA CEM IMPERMEABILIZANTE	41
3.4.1	Definición	41
3.4.2	Usos recomendados	41
3.4.3	Características, beneficios y ventajas	42
3.4.4	Características físicas	42
3.4.5	Dosificación	42
3.4.6	Empaquetado.....	42
3.4.7	Conservación	43
3.4.8	Salud y seguridad.	43
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE MEZCLA.....		44
4.1	MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLA	44
4.2	DETERMINACIÓN DE MEZCLAS.....	44
4.3	DISEÑO DE MUESTRA PATRÓN.....	45
4.3.1	Determinación de proporción inicial de los agregados	45
4.3.2	Diseño de concreto patrón $a/c=0.4$	46
4.3.3	Diseño de concreto patrón $a/c=0.5$	49
4.4	DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c= 0.4$ MAS ADITIVO.....	52
4.4.1	Diseño de concreto patrón $a/c= 0.4$ más 2% aditivo.....	53

4.4.2	Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 2.5% aditivo.....	53
4.4.3	Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 3% aditivo.....	54
4.5	DISEÑO DE CONCRETO PATRON A/C= 0.5 MAS ADITIVO.....	54
4.5.1	Diseño de concreto patrón a/c= 0.5 más 2% aditivo.....	55
4.5.2	Diseño de concreto patrón a/c= 0.5 más 2.5% aditivo.....	55
4.5.3	Diseño de concreto patrón a/c= 0.5 más 3% aditivo.....	56
CAPÍTULO V. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO		57
5.1	ASENTAMIENTO	57
5.2	PESO UNITARIO	58
5.3	CONTENIDO DE AIRE	59
5.4	EXUDACIÓN.....	60
5.5	TIEMPO DE FRAGUADO.....	61
CAPÍTULO VI. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO		63
6.1	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.....	63
6.2	MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO	64
6.3	ABSORCIÓN.....	66
CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		68
7.1	AGREGADOS	68
7.2	ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO	70
7.2.1	Asentamiento.....	70
7.2.2	Peso unitario.....	71
7.2.3	Contenido de aire.....	72
7.2.4	Exudación	74
7.2.5	Tiempo de fraguado.....	75
7.3	ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO	77
7.3.1	Resistencia a la compresión axial	77
7.3.2	Modulo de elasticidad estático	80
7.3.3	Ensayo de absorción.....	81
CONCLUSIONES.....		85
RECOMENDACIONES.....		87

BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS: AGREGADOS	90
ANEXO: ESTADO FRESCO DEL CONCRETO	95
ANEXO: ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO	111
ANEXOS: FOTOS DEL PROCESO EN EL LABORATORIO	131

RESUMEN

Parte fundamental del desarrollo de la tesis “**ESTUDIO DEL CONCRETO CON EL CEMENTO PORTLAND TIPO ICO Y ADITIVO IMPERMEABLE**” han sido los ensayos del concreto fresco y del concreto endurecido, que se realizaron en el Laboratorio N°1 de ensayos y materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la facultad d ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los primeros ensayos fueron los de los agregados (agregado fino y agregado grueso), los cuales fueron el % de humedad, el PUS y PUC, el % de Abrasión y el % de Absorción, cuyos resultados nos ayudaron a definir las mezclas patrón, mediante el ensayo de máxima compacidad del agregado global.

Luego de definir el diseño de mezcla patrón, con $a/c=0.4$ y el $a/c=0.5$, se le añadió a cada una de estas, una dosificación de aditivo del 2%, 2.5% y el 3% del aditivo Sika sem impermeabilizante, resultando que por cada relación de agua/cemento 4 diseños.

Los ensayos que se realizaron para el concreto fresco fueron 5 los cuales son, de asentamiento, peso unitario, contenido de aire, exudación y el ensayo del tiempo de fragua.

Y los ensayos que se realizaron para el concreto endurecidos fueron 3, los cuales fueron de compresión axial, elasticidad estática y absorción de agua.

Los resultados nos mostraron que el volumen de vacíos aumenta, en la relación $a/c=0.4$ hasta un 103% y en la relación $a/c=0.5$ hasta un 31%%, la absorción aumenta, en la relación $a/c=0.4$, hasta un 102% y en la relación $a/c=0.5$ hasta un 73%. Así mismo, y la resistencia a la compresión se reduce, en la relación $a/c=0.4$ hasta 83% y en la relación $a/c=0.5$ hasta 86%.

De acuerdo a los resultados se observó que el uso del aditivo Sika Sem impermeabilizante en el Cemento Inka Ico, no es viable.

.

ABSTRACT

A fundamental part of the development of the thesis "**STUDY OF THE CONCRETE WITH THE PORTLAND CEMENT TYPE ICO AND WATERPROOF ADDITIVE**" have been the tests of fresh concrete and hardened concrete, which were processed in the Laboratory No. 1 of tests and materials "Ing. Manuel Gonzales de la Cotera" of the civil engineering faculty of the National Engineering University. The first trials were those of the aggregates (fine aggregate and coarse aggregate), which were moisture, PUS and PUC, Abrasion and Absorption, whose results helped us define the standard mixtures, by the maximum compactness test of the global aggregate.

After defining the standard mix design, with $a/c = 0.4$ and $a/c = 0.5$, an additive dosage of 2%, 2.5% and 3% of Sika sem additive was added to each of these waterproofing, resulting in each water / cement ratio 4 designs.

The tests that were carried out for the fresh concrete were 5 which are, of settlement, unit weight, air content, exudation and the forge time test.

And the tests that were performed for hardened concrete were 3, which were axial compression, static elasticity and water absorption.

The results showed us that the volume of voids increases, in the ratio $a/c = 0.4$ up to 103% and in the ratio $a/c = 0.5$ up to 31 %, the absorption increases, in the ratio $a/c = 0.4$, up to 102% and in the ratio $a/c = 0.5$ up to 73%. Likewise, and the compressive strength is reduced, in the ratio $a/c = 0.4$ to 83% and in the ratio $a/c = 0.5$ to 86%.

According to the results it was observed that the use of the Sika Sem waterproofing additive in Inka Ico Cement is not viable.

PRÓLOGO

En el Perú, especialmente el litoral costero, el problema más persistente en la construcción, es la humedad, la cual, al ser absorbida por el concreto, afecta directamente al acero de refuerzo, oxidándolo, posteriormente, aumentando su volumen por el óxido formado, y al final desquebrajando el concreto y debilitando la construcción.

Para poder reducir al máximo la permeabilidad que tiene el concreto, se han desarrollado, varias respuestas a este problema, como el mejorar la calidad del cemento, así como también el desarrollo de los aditivos impermeabilizante.

En la realización de esta investigación, se tomó uno de esos cementos mejorado para aumentar la impermeabilidad, y un aditivo impermeabilizante, para poder averiguar, si con mezcla. poder mejorar al máximo la impermeabilidad del concreto.

Dada la importancia de este problema, esta tesis, va dirigida a ingenieros y al público en el general, que estén interesados, por la construcción en nuestro país.

Ing. Rafael Cachay Huamán
Asesor

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1 Línea granulométrica para el agregado fino.	22
Cuadro N° 2 Líneas granulométricas para el agregado grueso.....	23
Cuadro N° 3 Requisitos para el agua de mezcla.....	25
Cuadro N° 4 Cuadro de aditivos.	26
Cuadro N° 5 Cuadro de aditivos.	26
Cuadro N° 6 Contenido de aire en mezcla de concreto normal.....	32
Cuadro N° 7 Cuadro de las características físicas del cemento Inka.	39
Cuadro N° 8 Cuadro de las características físicas de los agregados.	41
Cuadro N° 9 Cuadro de Máxima Compacidad.	46
Cuadro N° 10 Resultado de agua vs Slump, $a/c=0.4$	47
Cuadro N° 11 Resultado a la compresión axial, $a/c=0.4$	48
Cuadro N° 12 Resultado de agua vs Slump, $a/c=0.5$	49
Cuadro N° 13 Resultado a la compresión axial, $a/c=0.5$	50
Cuadro N° 14 Diseño de mezcla, $a/c=0.4$	53
Cuadro N° 15 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 2\%$ (aditivo).....	53
Cuadro N° 16 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 2.5\%$ (aditivo).....	54
Cuadro N° 17 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 3\%$ (aditivo).....	54
Cuadro N° 18 Diseño de mezcla, $a/c=0.5$	55
Cuadro N° 19 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 2\%$ (aditivo).....	55
Cuadro N° 20 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 2.5\%$ (aditivo).....	56
Cuadro N° 21 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 3\%$ (aditivo).....	56
Cuadro N° 22 Asentamiento de los diseños de mezcla.....	58
Cuadro N° 23 Peso Unitario de los diseños de mezcla.	59
Cuadro N° 24 Contenido de aire de los diseños de mezcla.	60
Cuadro N° 25 Exudación de los diseños de mezcla.	61
Cuadro N° 26 Tiempo de Fragua de los diseños de mezcla.....	62
Cuadro N° 27 Resistencia a la Compresión de los diseños de mezcla.	64
Cuadro N° 28 Modulo elástico estático de los diseños de mezcla.....	65
Cuadro N° 29 Absorción y espacios vacíos de los diseños de mezcla.....	66
Cuadro N° 30 Valores de asentamiento para cada diseño de mezcla.	71
Cuadro N° 31 Variación del Peso unitario respecto a la mezcla Patrón.	72
Cuadro N° 32 Variación del Contenido de aire respecto a la mezcla Patrón.....	73
Cuadro N° 33 Variación de Exudación respecto a la mezcla Patrón.	74

Cuadro N° 34 Variación del Tiempo de Fragua Inicial respecto a la mezcla Patrón.....	76
Cuadro N° 35 Variación del Tiempo de Fragua Final respecto a la mezcla Patrón.	76
Cuadro N° 36 Variación de Compresión Axial (7días) respecto a la mezcla Patrón.....	78
Cuadro N° 37 Variación de Compresión Axial (28 días) respecto a la mezcla Patrón.....	79
Cuadro N° 38 Variación del Módulo Elástico Estático respecto a la mezcla Patrón.....	81
Cuadro N° 39 Variación de la Absorción respecto a la mezcla Patrón.	82
Cuadro N° 40 Variación del Volumen de vacíos respecto a la mezcla Patrón.	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica N° 1 Cemento Inka vs Cemento Portland Tipo I	40
Gráfica N° 2 Ensayo de Máxima Compacidad.	46
Gráfica N° 3 Resultado agua vs Slump, a/c=0.4.	47
Gráfica N° 4 Resistencia a la compresión axial.....	48
Gráfica N° 5 Superposición PUC vs f'c.	49
Gráfica N° 6 Resultado agua vs Slump, a/c=0.5.	50
Gráfica N° 7 Resistencia a la compresión axial.....	51
Gráfica N° 8 Superposición PUC vs f'c.	52
Gráfica N° 9 Asentamiento de los 8 diseños de mezcla.	58
Gráfica N° 10 Peso Unitario de los 8 diseños de mezcla.	59
Gráfica N° 11 Contenido de aire de los 8 diseños de mezcla.....	60
Gráfica N° 12 Exudación de los 8 diseños de mezcla.	61
Gráfica N° 13 Tiempo de Fragua de los 8 diseños de mezcla.....	62
Gráfica N° 14 Resistencia a la Compresión de los 8 diseños de mezcla.....	64
Gráfica N° 15 Modulo elástico estático de los 8 diseños de mezcla.	65
Gráfica N° 16 Absorción de los 8 diseños de mezcla.....	67
Gráfica N° 17 Espacios vacíos de los 8 diseños de mezcla.	67
Gráfica N° 18 Curva granulométrica Agregado Fino.	69
Gráfica N° 19 Curva granulométrica Agregado grueso.	69
Gráfica N° 20 Variación del Peso unitario vs Aditivo.	72
Gráfica N° 21 Variación del Contenido de aire vs Aditivo.....	73
Gráfica N° 22 Variación de Exudación vs Aditivo.....	75
Gráfica N° 23 Variación del Tiempo de Fragua vs Aditivo.....	76
Gráfica N° 24 Variación de Compresión Axial vs Aditivo.....	79
Gráfica N° 25 Variación del Módulo Elástico Estático vs Aditivo.	81
Gráfica N° 26 Variación de la Absorción vs Aditivo.	83
Gráfica N° 27 Variación del Volumen de Vacíos vs Aditivo.	84

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS:

%	Porcentaje
“	Pulgadas
±	Mas o menos

SIGLAS:

a/c	: Relación agua cemento
ACI	: American concrete institute.
ASTM	: American society for testing and materials.
cm	: Centímetro.
cm²	: Centímetros cuadrado.
F'c	: Resistencia a la compresión.
g	: Gramos.
h	: Hora.
Kg	: Kilogramos.
Kg/cm²	: Kilogramos por centímetro cuadrado.
Kg/cm³	: kilogramos por centímetro cubico.
L	: Litros.
máx.	: Máximo.
min.	: Mínimo.
m³	: Metros cúbicos.
ml	: Mililitros.
NTP	: Norma Técnica peruana.
PUS	: Peso unitario suelto.
PUC	: Peso unitario compactado.
pulg²	: Pulgadas cuadradas.
seg.	: Segundos.
t	: Tiempo.
TFI	: Tiempo de fragua inicial.
TFF	: Tiempo de fragua final.
TM	: Tamaño máximo.
TMN	: Tamaño máximo nominal.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Los primeros indicios del uso de materiales cementantes se remonta a los egipcios que utilizaron una especie de mortero hecho de yeso calcinado impuro y arena, esto para la construcción de las pirámides, luego con mayor ahínco, los romanos que utilizaron una mezcla de cal con ceniza volcánica (puzolana) el cual llamaban “opus cementitiun”, con el cual pudieron construir obras monumentales como el Coliseo Romano, Partenón, etc. Más tarde, en el siglo XIX el inglés J. Apsdin, elaboró y patentó un producto similar al cemento (cocción de calcáreos y arcilla finamente molida) y con esta investigación se comienza el uso en masa del cemento y propiamente dicho del concreto.

Poco después del descubrimiento del cemento Portland, se comenzó con las investigaciones sobre los cementos adicionados, principalmente sobre la acción de escoria alto horno y el puzolanico, pero al principio no se le dio mucha importancia. Luego de las dos guerras mundiales, con el apuro de la reconstrucción de casi todo Europa y luego con la crisis del petróleo de 1973, comenzaron darle mayor importancia a los cementos adicionados, ya que su preparación conlleva un ahorro de energía, y un ahorro de combustible considerable (ya que la adición que se coloca al cemento Portland no es calcinada), el uso en menor escala del combustible, significa una menor emisión de contaminación, además tiene una gran ventaja tecnológica sobre el cemento tradicional, ya que a largo plazo tiene una mayor resistencia y durabilidad gracias a la impermeabilidad de tus adiciones.

Los primeros aditivos que se utilizaron en la historia fueron la clara de huevo y la sangre, esto como incorporadores de aire y control de los procesos de congelación. A partir del siglo XIX se comenzaron a utilizar aditivos más avanzados como la colocación de silicato de sodio para la impermeabilidad, y a principios del siglo XX se comenzaron a utilizar en masa los aditivos plastificante por su capacidad de reducir la cantidad de agua, y así se continuaron las investigaciones hasta tener una gama de varios aditivos que se encuentran en el mercado, tenemos según el ACI: aditivos acelerantes, incorporadores de aire, extractores de aire, impermeabilizantes, etc.

El problema de la permeabilidad en el concreto siempre ha sido una constante, la baja permeabilidad en el concreto conlleva a que varias sustancias químicas, a través del agua, deterioran no solo el concreto, sino también el acero, algunas de estas sustancias como el cloruro (genera la corrosión del acero), los sulfatos (genera un deterioro directo al concreto), y a causa de estos ataques, el concreto se fisura y deja camino libre para la carbonatación (generando aún más la corrosión en el acero). Para estos problemas, de impermeabilidad se ha mejorado algunos factores que influyen directamente con la relación agua/cemento (a/c), el curado (mientras más hidratado este, menos vacíos en el concreto existiera), los tipos de cemento y los aditivos (estos dos últimos, para que tengan mayor impermeabilidad y resistencia a los sulfatos).

1.2 PROBLEMÁTICA

En los últimos años, las construcciones de las edificaciones se han realizado a un ritmo acelerado, generado nuevas comunidades, ciudades enteras en lugares inadecuados para la construcciones, como en zonas de arena suelta (poca capacidad de compactación), de alto nivel freático o cercanos al mar, (como los asentamientos Humanos A.A.H.H y pueblos jóvenes), que al año (a más tardar) se generan deterioros en las construcciones, creándose fisuras en los muros, corrosión en los fierros de construcción (armaduras de viga, columnas), salitre en paredes y pisos.

Para evitar esos problemas antes y después de las construcciones, tenemos en el mercado una gran cantidad de tipos de aditivos como los reductores de agua (incrementa la trabajabilidad del concreto), acelerantes y retardantes de fragua (mejorar el endurecimiento y resistencia), incorporadores de aire (para la durabilidad), los impermeabilizantes (reduce la permeabilidad del concreto), etc. Por sus aplicaciones, el cemento Portland tipo V debería utilizarse para zonas con gran ataque de sulfatos (de alta humedad, cerca al mar o construcción dentro del mar), pero su costo es un poco alto, por esto, algunas construcciones pequeñas utilizan el cemento portland tipo ICo, pero aun utilizando este tipo de cemento adicionado sigue siendo vulnerable a la permeabilidad, por esta razón los aditivos impermeabilizantes nos brindan una gran ayuda para obtener un concreto (utilizado en cimientos, vigas y columnas) o mortero con baja permeabilidad, para su uso en lugares con alto nivel freático, ya que eliminan los riegos de filtración

del agua, evita la entrada de la humedad penetrante, hay un menor riesgo de la corrosión de la armadura del concreto, aumentado así, la vida de la edificación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Principal

- Estudiar el comportamiento de utilizar el cemento portland tipo ICo con el aditivo Sika Cem impermeabilizante en la realización del concreto.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la reducción de los poros y los espacios capilares del concreto utilizando el aditivo SIKA Cem Impermeabilizante.
- Analizar el concreto en estado fresco y endurecido con y sin la aplicación del aditivo SIKA Cem Impermeabilizante.
- Realizar el estudio comparativo de los resultados obtenidos

1.4 HIPOTESIS

Viabilidad del uso del aditivo Sika Cem Impermeabilizante en el concreto con el cemento Portland tipo ICo.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN

El concreto es una mezcla heterogénea compuesto por el cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y en ocasiones también se le añade aditivo (dependiendo de las propiedades que le quiera asignar al concreto). Esta combinación al principio se muestra como una mezcla plástica la cual se puede moldear, pero luego adquiere una estructura rígida, con características como resistencia, durabilidad, impermeabilidad, lo que le hace un material muy demandado en el área de la construcción.

2.2 COMPONENTES

En el concreto los componentes obligatorios son el cemento, agua y agregado (agregado fino y agregado grueso) y últimamente con mayor demanda los aditivos.

2.2.1 Cemento

El cemento es un material inorgánico finamente pulverizado que en adición con el agua forma una pasta conglomerante que puede fraguar y endurecerse en el agua y/o en el aire libre mediante por medio de reacción y procesos de hidratación, además, aunque la pasta conglomerante se encuentre endurecida no pierde sus cualidades de resistencia y estabilidad.

2.2.1.1 Cemento Portland.

El cemento Portland es el resultado de la pulverización del Clinker portland con adición del sulfato de calcio. Se le puede añadir otros tipos de adiciones, siempre y cuando estos no alteren las propiedades del cemento.

La fabricación del Clinker portland consiste en combinar cal (caliza) con sílice con alúmina y óxido de hierro. Todos estos materiales crudos mezclados a una dosificación adecuada se muelen y se calientan en un horno de altas temperaturas a una temperatura de 1500°C para que se produzca una reacción entre sus componentes.

Según el ASTM C-150 y N.T.P. 334.009, tenemos cinco tipos de cemento portland sin adición y de acuerdo a la ASTM C-595 (Aprobado 2013-08-09) y N.T.P. 334.090 tenemos los llamados cemento Portland con adición.

2.2.1.2 Cemento Portland sin adición.

Tipo I: de uso general, cuando no se requiere ninguna característica especial, se puede utilizar en cualquier obra civil normal (Ver Referencia bibliográfica n°1)

Tipo II: de uso general, específicamente cuando se requiere moderada resistencia a los sulfatos o moderada calor de hidratación (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Tipo III: cemento de alta resistencia inicial, con un alta calor de hidratación y un desarrollo rápido de su resistencia (adecuado para una rápida puesta de servicio de la estructura) (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Tipo IV: tiene un bajo calor de hidratación, evitar las dilataciones durante el fraguado, y es ideal para la fabricación de concretos masivos (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Tipo V: cemento con alta resistencia a los sulfatos, evitando los ataques de los sulfatos desde el exterior, ideal en lugares donde se encuentra una gran cantidad de sulfatos (Ver Referencia bibliográfica n°1).

2.2.1.3 Cemento Portland con adiciones.

La adición que se le coloca al cemento Portland es una adición mineral inorgánico que se le incorpora al Clinker para una molienda conjunta o una vez pulverizada se le adicional al cemento.

La sílice y la alúmina que contiene estos minerales reaccionan con el hidróxido de calcio (producido por la hidratación del cemento), y formando nuevos compuestos, el silicato de calcio hidratado - Tobermorita, estos compuestos siguen teniendo la resistencia y la impermeabilidad que hace característico al cemento (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Entre las principales adiciones tenemos:

Puzolánico

De este material inorgánico, existen 2 tipos de origen: el natural y el artificial

De origen natural: estos pueden ser roca volcánica de diversa naturaleza (pero cabe recalcar que no todas las rocas de origen volcánico son puzolánicas, para esto hay que realizar pruebas para verificar que realmente sean puzolánicas) o roca de origen orgánico, como las rocas de tierra diatomeas.

De origen artificial: estos son subproductos de ningún uso en otros rubros, pero que tiene una gran adición con el cemento ya que reacciona con el hidróxido de calcio (producido por la hidratación del cemento) (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Dos de estos sobresalen por su uso:

Las cenizas volantes (fly-ash): es humo de carbón que sale de las centrales termoeléctricas, es usado a nivel mundial y no necesita molienda, algo muy apreciado para su utilización (Ver Referencia bibliográfica n°1).

La microsilice o microsilica (silica fume): se obtiene de los gases en los filtros de la industria de ferrosilicio, estas son muy activas y muy finas (100 veces más finas que el cemento) por estas cualidades se utiliza en el concreto de alta resistencia y de alta performance (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Los cementos realizados con esta adición son:

Cemento Portland Puzolánico Tipo IP:

Producido mediante molienda conjunta de Clinker y puzolana (contenido de puzolana:15% - 40%) (Ver Referencia bibliográfica n°14)

Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I(PM):

Producido mediante molienda conjunta de clinker y puzolana (contenido de puzolana < 15%) (Ver Referencia bibliográfica n°14).

Escoria de alto horno

Estas adiciones provienen de las industrias siderúrgicas, esta escoria finamente molida tiene adición al agua, es por eso que puede reaccionar de cierto nivel con el agua, sin presencia de cal, hidróxido de calcio en cemento (Ver Referencia bibliográfica n°1).

Los cementos realizados con esta adición son:

Cemento Portland de Escoria Tipo IS:

Producido mediante molienda conjunta de Clinker y escoria (contenido de escoria: 25% - 70%) (Ver Referencia bibliográfica n°14).

Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I(SM):

Producido mediante molienda conjunta de clinker y escoria (contenido de escoria < 25%) (Ver Referencia bibliográfica n°14).

Fillers

Esta adición que se le añade al Clinker, es en proporciones bajas, ya que incrementa a producción del cemento lo que significa un ahorro de energía y cuidado al ambiente.

Además, los Fillers no son del todo inertes, como se les considera, ya que producen un efecto dispersante en el cemento que hace favorable su hidratación (Ver Referencia bibliográfica n°1).

CEMENTO PORTLAND COMPUESTO TIPO IC_o

Cemento Portland obtenido por pulverización conjunta de clinker Portland, materias Fillers calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%.

2.2.2 Agregados

Son materiales inorgánicos, inertes, de forma granular que pueden ser naturales o artificiales, además cuando a estos materiales se le aglomera con el cemento Portland y se le adiciona agua obtenemos un todo compacto llamado concreto. Las dimensiones apropiadas de los agregados para utilizarlos en la obtención del concreto, se encuentran en la norma técnica peruano N.T.P. 400.012. Estos agregados representan un alto porcentaje (65% - 80%) de la mezcla de un metro cubico de concreto.

2.2.2.1 Clasificación

Los agregados se clasifican en agregados finos, agregados grueso y hormigón.

- **Los agregados finos** son el resultado de la trituración o desintegración natural o artificial de las rocas. Estos agregados deben de pasar el Tamiz 3/8" y quedar retenidos en la malla 200 para ser considerados agregados finos, en agregado fino más común a utilizar es la arena.
- **Los agregados gruesos**, son los resultados de la trituración o desintegración natural o artificial de las rocas, estos agregados deben de quedar retenidos en el Tamiz N°4 (4,75 mm) para ser considerados agregados gruesos. Estos agregados se pueden clasificar en grava (es el resultado de la desintegración de las rocas por acción del hielo y otros agentes, presentan formas más o menos redondeadas, se encuentran en los lechos de los ríos y en los antiguos cursos de las aguas, conocido por todos como canto rodado) y piedra chancada (es el resultado de la trituración artificial de las rocas)

El hormigón es una mezcla de arena y grava, este material se le puede encontrar de forma natural en la corteza terrestre y se le puede utilizar tal como se encuentra en la cantera.

2.2.2.2 Clasificación física

- Peso específico

El peso específica se obtiene del resultado de la división del peso de las partículas sobre los volúmenes de estas mismas partículas, sin considerar el espacio de vacío entre ellas.

Para obtener estos resultados se sigue un procedimiento dado por las Normas ASTM C.127 (ensayos para determinar el peso específico y absorción en agregados finos) y la Norma ASTM C-128 (ensayos para determinar el peso específico y absorción en agregado grueso), así como también lo encontramos en la Norma Técnica Peruana N.T.P 400.21.

Estos resultados de los ensayos suelen adquirir importancia en la construcción cuando se desea que el concreto tenga un peso limitado.

Los valores de los agregados oscilan entre 2500 a 2750 kg/m³ (Ver Referencia bibliográfica n°3).

- Humedad

Es la cantidad de agua retenido superficialmente que retiene las partículas de agregado.

Estas se pueden clasificar en:

Seco: donde la humedad interna y externa está totalmente seca, eso pasa como resultado de calentarlo a 100°C.

Semiseco: No existe ningún tipo de humedad extrema, pero si una humedad interna.

Saturado superficialmente seco: donde no se encuentra una humedad exterior, pero si se encuentra lleno de agua en la zona interior.

Saturado: tanto exterior como interiormente se encuentran llenos de agua.

La norma técnica peruana para este ensayo es la N.T.P. 400.016.

- Absorción

Es la capacidad que tiene los agregados de llenar sus espacios vacíos que se encuentran en sus partículas con agua. Este efecto es producido por capilaridad. La absorción tiene una importancia en el diseño de mezcla del concreto, ya que esta propiedad de los agregados, disminuye la cantidad de agua a utilizar en la realización del concreto.

Por tal motivo, se debe tener en cuenta esta propiedad, como también la humedad, ya que en conjunto se puede generar tanto un aporte positivo como negativo en el agua de mezcla de concreto, variando el diseño planteado.

La norma técnica peruana para este ensayo es la N.T.P. 400.022.

- Granulometría

Es la distribución de acuerdo al tamaño de los agregados finos y agregados gruesos. Esta distribución se da gracias a la utilización de tamices, las cuales tienen unas aberturas determinadas en la N.T.P. 400.012, para la distribución de los agregados, se dan por gravedad y zarandeo, el cual se contabiliza para retención en los tamices en porcentajes.

Para la realización de un metro cúbico de concreto se requiere una gran cantidad de agregados aproximadamente entre unos 65% a 80%, es por esto que siendo uno de los componentes del concreto con mayor presencia en el concreto, se necesita verificar que los agregados cumplan con los parámetros que se encuentran en la N.T.P. 400.037.

Para los agregados finos se utilizan los tamices ASTM N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

Para los agregados gruesos se utilizan los tamices ASTM 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3".

Los requisitos granulométricos tanto para los agregados gruesos y agregados finos se encuentran en la N.T.P. 400.037.

Requisitos de los agregados finos (ver el Cuadro N°1):

Cuadro N° 1 Línea granulométrica para el agregado fino.

Malla		Porcentaje que pasa		
3/8"	9.50 mm	100		
N° 4	4.75 mm	95	a	100
N° 8	2.36 mm	80	a	100
N° 16	1.18 mm	50	a	85
N° 30	600 µm	25	a	60
N° 50	300 µm	10	a	30
N° 100	150 µm	2	a	10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

A continuación, le mostrares el cuadro donde se muestra los requisitos para el agregado grueso (ver Cuadro N°2).

Cuadro N° 2 Líneas granulométricas para el agregado grueso.

HUSO	TAMANO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS														
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 1/2 pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	4.75 µm (N° 50)	
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	0 a 15	0 a 15	--	--	--	--	--	--	
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg)	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	--	--	--	--	--	--	--	
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 pulg)	--	--	--	100	90 a 100	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--	--	
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	--	--	--	100	95 a 100	35 a 70	--	0 a 30	--	0 a 5	--	--	--	--	
4	37.5 mm a 19 mm (1 1/2 a 3/4 pulg)	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--	--	--	--	
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 pulg a N° 4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	10 a 30	0 a 5	--	--	--	--	
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 pulg)	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	--	--	--	--	--	
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 pulg)	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	0 a 15	0 a 5	--	--	--	--	
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 60	0 a 10	0 a 5	--	--	--	
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 pulg)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	0 a 15	0 a 5	--	--	--	--	
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 pulg a N° 4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--	
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg a N° 4)	--	--	--	--	--	--	--	100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--	--	--	
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	--	--	
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5	--	
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	--	

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

- Módulo de finura

El módulo de finura es un factor empírico que se obtiene de sumar los porcentajes acumulado en las mallas de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, y todo esto dividido entre 100.

Por lo general esto se utiliza para obtener el módulo de finura (M.F.) para los agregados finos, pero también se utiliza para obtener el M.F. de los agregados gruesos.

Cuando este módulo es bajo nos indica que existe una gran mayor de partículas finas en comparación con las partículas gruesas.

2.2.3 Agua

El agua es uno de los elementos más importantes para la preparación del concreto, ya que por medio de reacciones químicas que este se da con el cemento, nos permite tener una mezcla trabajable para su manipulación y colocación y cuando el concreto se endurece permite que este llegue a sus propiedades deseadas.

Siendo así el agua debe de cumplir parámetros que se encuentran en la Norma Técnica Peruana, N.T.P 339.088 que permitan utilizarla.

2.2.3.1 Agua para mezcla

El agua que se utiliza para la mezcla, comúnmente es agua potable, esta utilización es una regla empírica donde el agua que no hace daño al hombre, entonces tampoco hará daño al concreto.

Aun así, esta agua que se va a utilizar debe de tener algunos parámetros, para que sus impurezas u sustancias químicas que tengas, no ofrezca al concreto en su comportamiento normal, como la reacción que debe de tener el agua con el cemento para hidratarlo, y como lubricante para la trabajabilidad.

Cabe recalcar que ni la ASTM ni ACI tienen parámetros para regular el uso del agua, salvo como iniciativa la N.T.P. 339.088 establece requisitos para el agua de mezcla que está en el siguiente cuadro (ver Cuadro N°3).

Cuadro N° 3 Requisitos para el agua de mezcla.

Descripcion	Limites Permisible		
Solidos en suspension	5000	ppm	Maximo
Materia Organica	3	ppm	Maximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Maximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Maximo
Cloruros (ion Cl ⁻)	1000	ppm	Maximo
pH	5 a 8	ppm	Maximo

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.088

2.2.3.2 Agua para curado

Para utilizar el agua para curado, sus requisitos son los mismos para el agua de mezcla. Esta agua no debe de contener sustancias agresivas (como los cloruros o sulfatos).

Además, es posible utilizar el agua de lavado de los mixeres o de los mezcladores, siempre y cuando estas aguas no tengan materiales sólidos en suspensión.

La N.T.P 339.088 también nos brinda los requisitos necesarios para utilizar el agua en el curado, estos encuentran en la tabla mencionada anteriormente.

2.2.4 Aditivo

Los aditivos son sustancias que se le añaden a la mezcla, mortero o concreto durante su preparación, para poder modificar algunas de sus propiedades, que sea necesario en obra.

Antes de poder utilizarlo se debe de realizar ensayos del concreto sin aditivo y el concreto con aditivo (aditivo a utilizar), para poder evaluar el comportamiento del concreto a utilizar en obra.

Cabe decir que ningún aditivo puede arreglar las deficiencias que tenga la mezcla de concreto mal dosificada.

Clasificación de aditivos.

Tenemos el cuadro que nos proporciona el ASTM C 494, donde clasifica a los aditivos (ver Cuadro N°4):

Cuadro N° 4 Cuadro de aditivos.

Tipo	Descripcion
A	Reductores de agua.
B	Reductores de fragua.
C	Acelerantes.
D	Reductores de agua y Retardadores de fragua.
E	Reductores de agua y Acelerantes.
F	Super Reductores de agua.
G	Super Reductores de agua y Acelerantes.

Fuente: ASTM C 494

Además, podemos apreciar las normas que regular a los aditivos (ver el Cuadro N°5)

Cuadro N° 5 Cuadro de aditivos.

Tipo	Descripcion
ASTM C 260	Incorporadores de aire.
ASTM C 618	Aditivos minerales (puzolanas y cenizas)
ASTM C 989	Aditivos minerales (Escoria y microsilices)
	Impermeabilizantes
	Inhibidores de corrosion
	Superplastificantes
	Curadores.

Fuente: Diapositiva del Ing. Rafael Cachay Huamán.

Además, se puede hallar en el mercado varios tipos de aditivos para modificar algunas de las propiedades del concreto, la clasificación que vamos a dar está alineada con la clasificación del ASTM.

Entre estos aditivos tenemos:

2.2.4.1 Aditivos acelerantes

Son aditivos que aceleran el tiempo de endurecimiento normal de la mezcla del concreto, algunas de sus ventajas:

- Reducción del tiempo de curado.
- Desencofrado de las estructuras en el menor tiempo.
- Adelanto de la puesta de servicio de las estructuras.
- Incrementa el calor de hidratación.
- Algunas de sus desventajas es que se sacrifica la resistencia a largo plazo (28 días) y disminuye la resistencia a los sulfatos.

2.2.4.2 Aditivos retardantes

Su finalidad es aumentar el tiempo de endurecimiento del concreto. Este aditivo se puede utilizar para trasladar el concreto de un lugar a grandes distancias, en climas muy cálidos, para bombas de gran longitud, tiene una gran facilidad para el vaciado complicado y/o de gran cantidad de concreto.

Su dosificación es de la proporción de 0.2% al 0.5% del peso del cemento por lo general.

2.2.4.3 Aditivos incorporadores de aire

Estos aditivos tienen la finalidad de disminuir al máximo el fisuramiento que se da por la contracción del hielo y deshielo (cambios de clima abruptos).

Además, pueden aumentar la impermeabilidad y la durabilidad del concreto. Su dosis oscila entre el 0.02% al 0,10% del peso del cemento.

Este aditivo puede incrementar el porcentaje de aire entre 3% y el 6%.

2.2.4.4 Aditivos reductores de agua-plastificante

La finalidad de este aditivo es disminuir la cantidad de agua en la mezcla de concreto, produciendo una mayor trabajabilidad del concreto, es por esto que se puede utilizar en bombas de largo alcance sin temor a los atoros, ya que también funciona como lubricante.

Sus ventajas son:

- Economiza la cantidad de uso del cemento.
- Facilidad para la construcción (por su trabajabilidad) disminuyendo el tiempo y mano de obra.
- Aumenta tanto la durabilidad, la resistencia, y la impermeabilidad del concreto.

Existen 3 tipos de aditivos reductores de agua:

- *Convencionales*: el cual reduce el agua hasta el 5%, su dosificación es del 0.2% al 0.5% del peso del cemento y tiene un slump de 5", algunos de sus inconvenientes es el desarrollo lento de la resistencia y retardo en el fraguado inicial (Ver Referencia bibliográfica n°6).
- *De medio rango*: el cual reduce el agua entre el 5% al 15%, su slump varía entre 5" al 8", presente el concreto una resistencia inicial y final alta, tiene muy buen acabado final y su dosificación varía entre el 0.5% al 1% del peso del concreto (Ver Referencia bibliográfica n°6).
- *De alto rango*: el cual reduce el agua hasta el 40%, su slump varía entre 8" a 12", tiene una dosificación de 0.5% a 2% del peso del cemento, el concreto se vuelve un concreto fluido y un concreto de alta resistencia, tiene una trabajabilidad excepcional, nos permite un vaciado rápido, y además nos da una baja permeabilidad (Ver Referencia bibliográfica n°6).

2.2.4.5 Aditivos impermeabilizantes

La categorización de estos aditivos es solo nominal, ya que, en la práctica, en su uso solamente son reductores de agua, y además generan la disminución de la relación agua/cemento y la disminución de los vacíos capilares.

El termino impermeabilidad, significa que este aditivo impide la penetración la transición del agua a través del concreto seco.

La mayor fuente de impermeabilidad de un concreto sigue siendo su buena dosificación, su buena relación de agua/cemento, su buen curado, en conclusión, un concreto de buena calidad, sigue siendo la mayor fuente de impermeabilidad. Cabe decir también que aquel aditivo o sustancias que permitan aumentar el grado de hidratación y la relación gel/espacio, permitirá reducir los vacíos capilares y por ende poder aumentar la impermeabilidad del concreto.

2.2.4.6 Aditivos naturales y de procedencia corriente

Estos aditivos son sustancias de uso común y que pueden modificar las propiedades del concreto.

Entre estas tenemos:

- **Acelerantes:** se utiliza el azúcar con una dosificación mayor al 0.25% del peso del concreto, además tenemos la urea, el ácido láctico de la leche, el ácido oxálico que nos permite limpiar los metales (Ver Referencia bibliográfica n°3).
- **Incorporadores de aire:** se puede utilizar los detergentes caseros y las algas(Ver Referencia bibliográfica n°3).
- **Plastificantes retardadores:** todos los porcentajes que se muestran de los productos, están referidos al peso del cemento. El almidón (0.10%), el bicarbonato (0.14%), el ácido tartárico (0.25%), la celulosa (0.10%) el azúcar (< 0.25%) y resinas de madera (Ver Referencia bibliográfica n°3).

2.3 PREPARACIÓN DEL CONCRETO

La preparación del concreto, consistente en la mezcla de los materiales, tales como el agua, cemento, agregados (agregados finos y agregados gruesos), cemento y en muchas ocasiones el aditivo., conformado un nuevo producto a base de las mezclas de estos componentes.

La calidad que se obtenga en esta mezcla, depende muchos factores, como el de la calidad de los materiales que conforman esta mezcla, del agua, de los agregados, del cemento, y con mayor frecuencia del aditivo, de la mano de obra que realice esta mezcla y del diseño de dosificación.

Cabe decir que cada concreto que se utilice en obra, tiene problemas particulares, por este motivo, se exige que se realice ensayos tanto a los materiales, como al concreto a utilizar, ya que la calidad del concreto, se nota, no solo después del vaciado y desencofrado sino, cuanto la estructura entra en servicio.

2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Cuando mezclamos los ingredientes del concreto, el agua, los agregados (tanto el agregado grueso como el agregado fino), el cemento y aditivo, al comienza se obtiene una plasta, que vendría a ser el concreto en estado fresco, que es muy fácil manipular (esto siempre sea correspondiente a la dosificación que se estable en obra) donde se pueda trasladar o colocar en lugares donde se requiere en la obra.

El concreto en estado fresco, tiene varias propiedades importantes como: la trabajabilidad, segregación asentamiento, peso unitario, exudación, tiempo de fraguado, contenido de aire.

En nuestra investigación se estudiará las siguientes propiedades: el asentamiento, peso unitario, cantidad de aire, la exudación y el tiempo de fraguado.

2.4.1 Asentamiento

Para conocer el asentamiento del concreto, se debe primero, tener una muestra del concreto a utilizar en obra, esta se coloca en el molde cónico, llamado el cono de Abrams, en tres etapas, luego se le compacta con un varilla lisa de un diámetro de 5/8" (16mm) y un largo de 24" (60cm), esta compactación se realiza dándole a cada capa 25 golpes, luego de la compactación, se enrasa para eliminar los excedentes de concreto.

Inmediatamente después se eleva el molde verticalmente y se mide la distancia entre la altura del molde y la altura del concreto fresco, este procedimiento debe hacerse entre 5 a 10 segundos. Este ensayo se realiza según la N.T.P. 330.035 y/o ASTM C 143.

2.4.2 Peso unitario

El peso unitario de un 1m^3 de concreto, varía aproximadamente entre 2240 kg/m^3 a 2460 kg/m^3 , pero siempre es necesario conocer el peso unitario del concreto a utilizar.

Primero se debe conocer el peso y el volumen del recipiente donde colocares el concreto.

El concreto estado fresco, se debe colocar en 3 capas, cada capa compactada con 25 golpes si el volumen de los recipientes es de $1/2\text{pie}^3$ y si es de un 1pie^3 será de 50 golpes, en cada capa se le golpeará exteriormente con un martillo de goma, entre 10 a 15 golpes, esto para eliminar a las burbujas que aun estén dentro del concreto.

Luego se enrasa y se elimina los excedentes de concreto. Inmediatamente después de coloca en una balanza y se toma su peso.

El peso unitario es la densidad, es el resultado de la división del peso del concreto entre el volumen del recipiente.

El ensayo señalado esta realizado según la N.T.P. 339.046 y/o ASTM C 138.

Cabe señalar que el peso específico y la cantidad de los agregados (agregados gruesos y agregado fino) a utilizar en la mezcla, tiene una realización directa, la cual puede variar muchas veces el peso unitario de la mezcla de concreto.

2.4.3 Contenido de aire

El aire atrapado por los materiales, como los agregados finos y agrados gruesos, y por otros medios, varía aproximadamente entre 1% al 3% del peso de la mezcla.

El incremento del aire atrapado está en función directa de las características físicas de los agregados (fino y grueso), de la proporción de la dosificación y del proceso de compactación a utilizar.

Cabe decir que esta incorporación de aire, a veces de beneficiosa para la construcción, e inclusive existe aditivos incorporadores de aire, esto, para disminuir al máximo el fisuramiento que produce el ciclo de congelación y deshielo, en climas fríos y de cambio brusco, aumentando su durabilidad, pero disminuyendo su resistencia.

Para esta investigación se utiliza el método de Washington para poder determinar la cantidad de aire sin tener que determinar el peso específico, la cantidad de agua y la cantidad de materiales utilizados en la mezcla.

Este ensayo se siguió con los procedimientos que la N.T.P. 339.083 y/o ASTM C 231.

Según el ACI, el aire atrapado en la mezcla de concreto, está en relación al tamaño máximo nominal del agregado grueso, como se muestra en la siguiente tabla (ver Cuadro N°6):

Cuadro N° 6 Contenido de aire en mezcla de concreto normal.

TMN Agregado Grueso	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: ACI Comité 221.1

2.4.4 Tiempo de fraguado

Es aquel tiempo que toma la mezcla de concreto para endurecerse, este tiempo no tiene que ser ni muy rápido, ya que no permitiría trasladar o maniobrar al

concreto fresco, y ni muy lento, ya que supondrá una demora en el avance de una obra.

Este tiempo de fragua se separa en dos tiempos, el tiempo de fragua inicial y el tiempo de fragua final.

Para poder definir estos tiempos se utiliza un método manual, el cual consiste en penetrar el concreto fresco con una aguja de sección circular apoyado con un vástago de peso 180.3 g y aumentado este peso progresivamente con un juego de pesas.

El tiempo de fraguado inicial, termina cuando la resistencia a la penetración es de 500lb/pulg² y el tiempo de fraguado final, culmina cuando la resistencia a la penetración es de 400 lb/pulg².

Esta resistencia a la penetración se divide de la fuerza aplicada para introducir la aguja circular hasta 25.4mm en el concreto fresco.

Para el ensayo del tiempo de fraguado se sigue con el procedimiento dado en la N.T.P. 339.082 y/o ASTM C 403.

Su expresión matemática es:

$$R = \frac{F}{A} \quad \text{E.c 2.1}$$

Donde:

R : Resistencia a la penetración (lb/pulg².)

F : Fuerza aplicada (lb)

A : Área de la sección transversal de la aguja de penetración (pulg².)

En los siguientes cuadros se muestra las características de las agujas de penetración y los pesos de las pesas.

2.4.5 Exudación

Es el traslado de una parte del agua que se utiliza en la mezcla hacia la parte superior del concreto. La exudación aparece inmediatamente después del colocar el concreto en el lugar establecido, esta es una propiedad inherente del concreto, pero el cual se puede controlar.

La exudación está relacionada directamente con la finura de los agregados y la finura del cemento, por esta razón mientras más fina es el agregado grueso y más fino es el cemento, la exudación disminuiría ya que el agua, se queda atrapado dentro de la mezcla.

Para esta investigación se ha seguido con el procedimiento dado en la N.T.P. 339.077, el cual se utilizó el método A, ya que nuestras muestras fueron consolidadas por varillado.

La ecuación matemática que se utiliza para hallar el volumen del agua que se encuentran en la superficie es al siguiente:

$$V = \frac{V1}{A} \quad \text{E.c 2.2}$$

Donde:

V : Volumen de agua de exudación por unidad de superficie (ml/cm²)

V1 : Volumen de agua exudado medida durante el intervalo de tiempo seleccionado (ml)

A : Área expuesta del concreto (cm²)

Se expresa el agua total de exudación en porcentaje respecto del agua total utilizado en mezcla, de la siguiente manera.

$$C = \frac{W}{W} S \quad \text{E.c 2.3}$$

$$\text{Exudación (\%)} = D/C \times 100$$

Donde:

C : Masa del agua en la muestra de ensayo (g).

W : Masa total de la tanda (Kg).

w : Agua de mezclado neto (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados) (Kg).

S : Masa de la muestra (g).

D : Masa de agua exudada (g).

2.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Luego de fraguar el concreto, este comienza a endurecerse, es etapa fundamental del proceso de la construcción ya que es en esta etapa es que comienza a adquirir su verdadera residencia a la cual fue diseñada, entre estas tenemos absorción de agua, durabilidad, dilataciones resistencia a la compresión axial, impermeabilidad, módulo de elasticidad, etc.

En esta investigación, se estudiará las principales propiedades del concreto en su estado endurecido: absorción de agua resistencia a la compresión axial y el módulo de elasticidad.

Todos estos ensayos se sigan con el procedimiento de la Norma Técnica Peruano (N.T.P.) y/o ASTM.

2.5.1 Absorción

Esta propiedad del concreto en estado endurecido, consiste simplemente en la absorción del agua por parte del concreto.

Para determinara la absorción de un concreto en estado endurecido, se sigue con los procedimientos dados por la N.T.P 330.002 y/o ASTM C 642.

El procedimiento a seguir es el siguiente para obtener la absorción del concreto en estado endurecido: se retira la probeta a ensayar, luego que esta probeta halla fraguado los 28 días, se registra su peso, y luego la probeta se manda a secar en un horno a un temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5$, por un tiempo no menor de 24 horas, luego se deja secar en aire seco (a una temperatura entre 20°C a 25°C) y se registra su peso en esas condiciones.

Luego que la muestra este totalmente seca, se le súrgeme en agua por un periodo, del cual la media sucesiva en intervalos de 24 horas sea menor al 0.5% del valor mayor comparado, luego a la probeta se la seca superficialmente con una toalla, quedando una muestra saturada superficialmente seca.

Su expresión matemática para determinar la absorción del concreto, es la siguiente:

$$A(\%) = \left(\frac{B - A}{A} \right) 100 \quad \text{E.c 2.4}$$

Donde:

B : Peso húmedo superficialmente seco de la probeta después de inmersión en agua (g).

A : Peso seco de la probeta (g).

2.5.2 Resistencia a la compresión axial

La resistencia a la compresión en el concreto significa el máximo esfuerzo que puede soportar sin dañarse. Esta medida por lo general significa una guía de calidad que se le da al concreto, por la cual esta medida ayuda a aceptar o rechazar el concreto que vamos a utilizar.

La resistencia la concreto está en función de 4 factores: la relación agua/cemento (a/c), la relación de cemento/agregado, la granulometría de sus agregados y el tamaño de os agregados.

Estos ensayos a la compresión axial se realizan a los 7 y 28 días del curado del concreto bajo el agua.

Para esta investigación se realizará se ensayarán 24 probetas a los 7 días y 72 probetas a los 28 días.

Para poder medir la resistencia a la compresión nos guiamos de las N.T.P 339.034 y/o ASTM C 39, el cual nos dice que primero, debemos medir los diámetros y sus

alturas de las probetas a ensayar, luego lo colocamos en una prensa de compresión, la cual descenderá a una velocidad constante entre 0.14 a .34 Mpa/s. luego se toma nota del tiempo de rotura, sus tipo de rotura y cualquier observación relacionada al aspecto del concreto.

La fórmula matemática para medir la compresión es:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad \text{E.c 2.5}$$

Donde:

$f'c$: Resistencia a la compresión axial (Kg/cm²).

P : Carga máxima por rotura (Kg).

A : Área de la sección normal a la carga (cm²).

2.5.3 Módulo de elasticidad estático.

Se define, como la deformación se sufre el concreto bajo ciertas cargas, pero sin llegar a una deformación permanente.

Como se sabe el concreto no es un material elástico propiamente dicho, pero si sufre una deformación a través de las cargas que está sometido.

Al módulo de la elasticidad generalmente se conoce como la relación que existe entre el esfuerzo de la carga dada al concreto y la deformación que resulta de esta carga.

El módulo de la elasticidad depende de algunos factores, tales como: la resistencia a la compresión, la forma y tiempo del curado, humedad del concreto, entre otros. Los módulos de elasticidad del concreto oscilan entre 25000 y 300000 kg/cm², el cual está en función directa con la compresión del concreto, pero en relación inversa a la relación agua/cemento.

Para encontrar el módulo de elasticidad nos podemos apoyar a través de la norma ASTM C469, el cual lo mide a través de probetas sometidos a cargas de compresión axial.

En términos matemáticos, la obtención del módulo de elasticidad sería al siguiente:

$$E = \frac{S2 - S1}{e2 - e1} \quad \text{E.c 2.6}$$

Donde:

E : Modulo de elasticidad estático (Kg/cm²).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima (kg/cm²), es decir 0.40f'c.

S1 : Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal e1.

e2 : Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

e1 : Deformación unitaria longitudinal (50 x 10⁻⁵ cm/cm).

También tenemos según el ACI, para obtener el módulo de elasticidad, el cual sería de la siguiente manera:

$$E = 0.14 W^{1.5} \sqrt{f'c} \quad \text{E.c 2.7}$$

Donde:

W : Peso unitario del concreto (Kg/m³).

f'c : Resistencia a la compresión axial (Kg/cm²).

Y según la Norma N.T.E 0.60, será de la siguiente manera.

$$E = 15000 \sqrt{f'c} \quad \text{E.c 2.8}$$

Donde:

f'c : Resistencia a la compresión axial (Kg/cm²).

CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

En la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales: cemento portland ICo (Marca INKA), agregado grueso y agregado fino) donados por el Obispado del Callao), el agua potable, y el aditivo SIKA Cem Impermeabilizante, de los cuales se describirá sus características físicas de cada uno.

3.1 CEMENTO

El cemento utilizado para esta investigación es el cemento portland ICo, de marca INKA, el cual fue donado por el Obispado del Callao.

A continuación, se mostrará en un cuadro sus características físicas del cemento (ver Cuadro N°7).

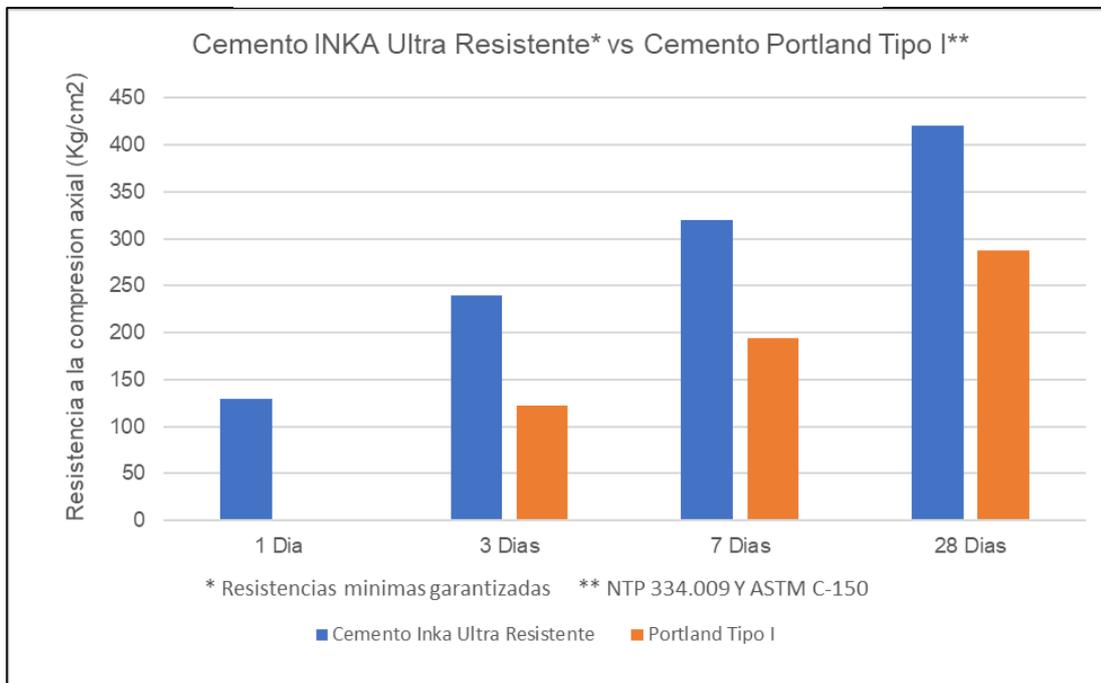
Cuadro N° 7 Cuadro de las características físicas del cemento Inka.

Descripcion	CEMENTO INKA TIPO Ico	Tipo I NTP. 334.009 ASTM C-150	Tipo Ico NTP. 334.090 ASTM C-595
Contenido de aire, max %	6	12 max	12 max
Superficie Especifica (cm ² /g)	5800	2600 min	
Expansion en Autoclave, max %	0.10	0.80 max	0.80 max
Resistencia a la compresion, Kgf/cm ²			
1 dia	130		
3 dias	240	122 min	133 min
7 dias	320	194 min	204 min
28 dias	420	286 min	255 min
Tiempo de Fraguado Vicat, minutos			
inicial	130	45 min	45 min
final	380	375 max	420 max
Calor de Hidratacion, Kcal/kg			
7 dias	67		70 min
28 dias	77		80 min
Resistencia a los sulfatos, %			
14 dias	0.01		0.02 max
Alcalis Totales (Na ₂ O-0.658K ₂ O)%	0.40	0.60 max	0.60 max

Fuente: Ficha técnica Inka ICo 2015

Como también podemos apreciar la grafica de comparaciones de resistencia entre el cemento Inka y el cemento Portland Tipo I (ver Grafica N°1).

Gráfica N° 1 Cemento Inka vs Cemento Portland Tipo I



Fuente: Ficha técnica Inka ICo 2015

Además, la densidad del cemento Portland Inka Tipo Ico es de **3.08 gr/cm³**, como se puede ver en el certificado de Calidad del cemento Inka que se adjunta (Ver Referencia bibliográfica n°10).

3.2 AGREGADOS

Para el estudio se utilizó el agregado grueso y el agregado fino, los cuales fueron donados por el Obispado del Callao.

Para obtener sus características físicas se realizaron los ensayos según la norma N.T.P. y/ ASTM; sus características físicas de los agregados se muestran a continuación (ver Cuadro N°8).

Cuadro N° 8 Cuadro de las características físicas de los agregados.

Características Físicas	Arena	Piedra
Peso específico (g/cm ³)	2.444	2.632
Humedad (%)	0.403	0.044
Absorción (%)	2.098	0.667
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	2164.13	1351.17
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	2247.17	1520.66
Tamaño máximo (")		1
Abrasión (%)		12.68
Modulo de finura	2.81	7.293

Fuente: Elaboración Propia

3.3. AGUA

El agua potable que se utilizó tanto para el curado como para la mezcla en esta investigación, fue dado en las instalaciones del Laboratorio N°1 de ensayos y materiales "Ing. Manuel Gonzales de la Cotera".

Se consideró para la investigación el peso específico del agua como 1g/cm³.

3.4 ADITIVO SIKA CEM IMPERMEABILIZANTE

3.4.1 Definición

El aditivo Sika Cem Impermeabilizante, es un aditivo impermeabilizante líquido, especialmente utilizado en concreto y mortero, este aditivo está libre de cloruros y actúa como bloqueador de poros (Ver Referencia bibliográfica n°9).

3.4.2 Usos recomendados

El aditivo Sika Cem impermeabilizantes, se puede usar (Ver Referencia bibliográfica n°9):

- Cimentaciones
- Tanques de agua
- Sótanos
- Cisterna
- Piscinas
- Muros

- Jardines
- Por lo que vemos se utiliza en lugares donde se encuentra el concreto en contacto directo con el agua.

3.4.3 Características, beneficios y ventajas

Los beneficios y ventajas que se obtiene al usar el Sika Cem impermeabilizante, son las siguientes:

- Gran acción impermeabilizante (Ver Referencia bibliográfica n°9).
- Disminuye la porosidad del concreto y mortero (Ver Referencia bibliográfica n°9).
- Concretos y morteros más resistentes y durables (Ver Referencia bibliográfica n°9).
- Fácil aplicación (Ver Referencia bibliográfica n°9).

3.4.4 Características físicas

Sus características son las siguientes:

Líquido de color blanco, cuya densidad es 1.02 ± 0.02 kg/L, tiene un PH entre 6.5 a 8.5 (Ver Referencia bibliográfica n°9).

3.4.5 Dosificación

Como se sabe el aditivo Sika® Cem Impermeable se entrega listo para usar.

La dosificación puede ser entre 400ml y 1200 ml, por bolsa de cemento de 42.5kg, pero por lo general se utiliza 1 litro por bolsa de cemento (Ver Referencia bibliográfica n°9).

Esto en porcentajes equivale que la cantidad máxima del aditivo que se puede colocar es del 3% del cemento en volumen.

3.4.6 Empaquetado

Tiene estos diferentes empaques: Envase PET x 4 L, Balde x 20 L (Ver Referencia bibliográfica n°9).

3.4.7 Conservación

Su vida luto del aditivo es de un año, y se tiene que conservar bajo techo en su envase original y bien cerrado (Ver Referencia bibliográfica n°9).

3.4.8 Salud y seguridad.

Para la seguridad de la persona que va a utilizar este aditivo, debe tener sus gafas de protección, su par de guantes y su ropa de trabajo (Ver Referencia bibliográfica n°9).

Para mayor información, se adjunta la hoja de seguridad del aditivo Sika Cem Impermeabilizante (Ver Referencia bibliográfica n°9).

CAPÍTULO IV. DISEÑO DE MEZCLA

Los diseños mezcla realizados en esta investigación se realizaron para obtener una dosificación óptima, para con esto poder cumplir con la trabajabilidad y consistencia del concreto y así como la resistencia, importantes aspectos en la construcción.

El diseño de mezcla está conformado por el agregado fino (arena), agregado grueso (piedra), agua, cemento y aditivo. Para el diseño de mezcla patrón se ha realizado dos diseños a/c de 0.4 y a/c de 0.5 y estos manteniéndose el asentamiento de entre 3" a 4" de acuerdo al método del agregado global.

Además, se le incorpora el aditivo Sika Cem Impermeabilizante en las proporciones de 2%, 2.5% y 3%, a cada diseño patrón, pero sin variar la cantidad de agua de los diseños patrones, para ver su efecto en estos.

4.1 MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLA

Para poder diseñar la mezcla (las mezclas patrón) se realizó de acuerdo al método del agregado global con el criterio de la máxima compacidad, para poder obtener el óptimo resultado entre las mezclas de los agregados (agregado fino y agregado grueso) ya que el método de máxima compacidad nos ayuda a obtener el mejor acomodo de las partículas de los agregados de la mezcla del concreto.

4.2 DETERMINACIÓN DE MEZCLAS

Las dosificaciones están dadas a cada diseño patrón de mezcla, están acorde con el expediente técnico del aditivo Sika Cem impermeabilizante, donde nos dice que este aditivo se debe utilizar entre 400 ml y 1200 ml por bolsas de cemento (42,5 kg) esto quiere decir que vendría ser entre 1% y 2.88% del peso del cemento.

Por esta razón a cada diseño patrón se le va adicionar un porcentaje del peso del cemento en aditivo.

Para el diseño patrón a/c de 0.4, vamos a tener el diseño de mezcla de a/c de 0.4 + 2% de aditivo, además del diseño de mezcla de a/c de 0.4 + 2.5 % de aditivo y por último el diseño de mezcla de a/c de 0.4 + 3% de aditivo.

De igual modo para el diseño patrón a/c de 0.5, vamos a tener el diseño de mezcla de a/c de 0.5 + 2% de aditivo, además del diseño de mezcla de a/c de 0.5 + 2.5 % de aditivo y por último el diseño de mezcla de a/c de 0.5 + 3% de aditivo.

4.3 DISEÑO DE MUESTRA PATRÓN

Los diseños de mezcla patrón de esta investigación son de relación agua/cemento de 0.4 y de relación agua/cemento de 0.5.

Para poder realizar esta investigación con la información más óptima se utilizó el método de máxima compactación del agregado global.

4.3.1 Determinación de proporción inicial de los agregados

Para poder determinar la proporción de los agregados de la mezcla (agregado fino y agregado grueso) y que se dé la forma adecuado se utiliza el método de máxima compactación, el cual nos ayuda a disminuir los espacios vacíos y ah acomodar a los agregados de tal manera que se reduzca los varios lo más mínimo posible, para esto debemos de hallar el máximo peso unitario compactado del agregado global (mezcla de los agregados grueso y fino).

Para esta investigación se hace el estudio de las relaciones de agua /cemento, que son de 0.4 y de 0.5. Para cada una de estas se realizó sus ensayos de máxima compactación, hallando el peso unitario compactado del agregado global, el cual se muestra en el cuadro siguiente.

Donde obtenemos que la proporción adecuada es arena 55% y la piedra de 45% (ver Cuadro N°9).

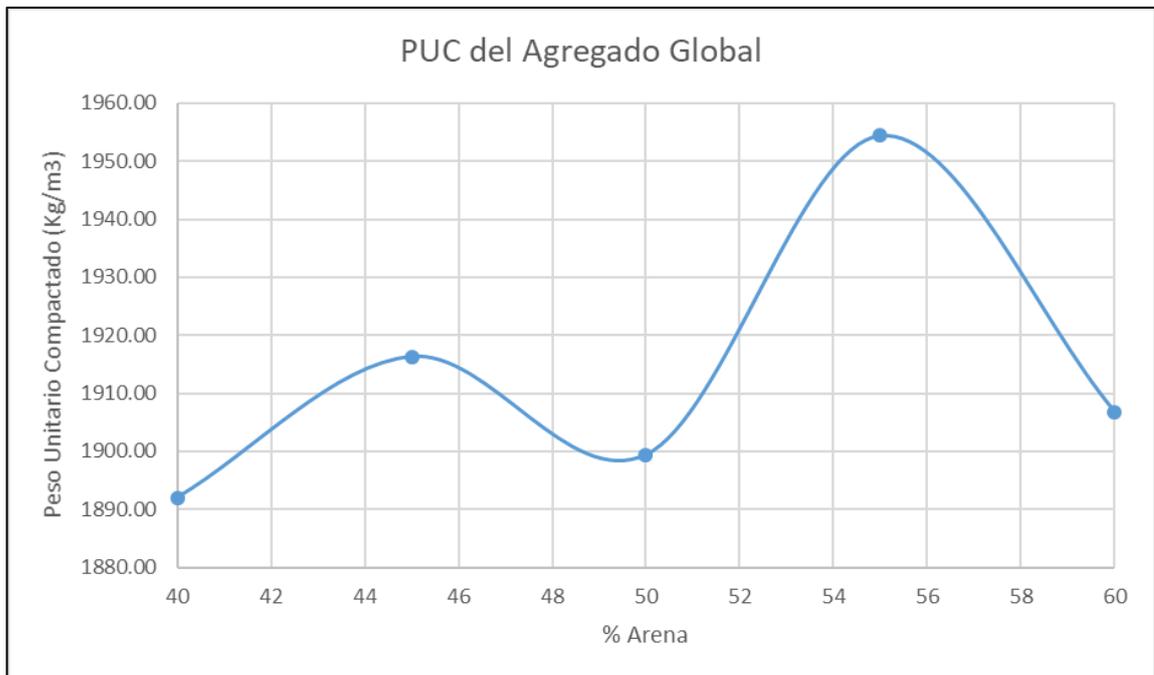
Cuadro N° 9 Cuadro de Máxima Compacidad.

Arena (%)	Piedra (%)	PUC
40	60	1891.95
45	55	1916.31
50	50	1899.36
55	45	1954.45
60	40	1906.78

Fuente: Elaboración Propia

Además, podemos ver la gráfica que entre el peso unitario compactado vs el % de arena (ver Grafica N°2).

Gráfica N° 2 Ensayo de Máxima Compacidad.



Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 Diseño de concreto patrón $a/c=0.4$

Los valores de agua que se trabajó, para obtener el asentamiento pedido se puede mostrar en el cuadro (ver Cuadro N°10).

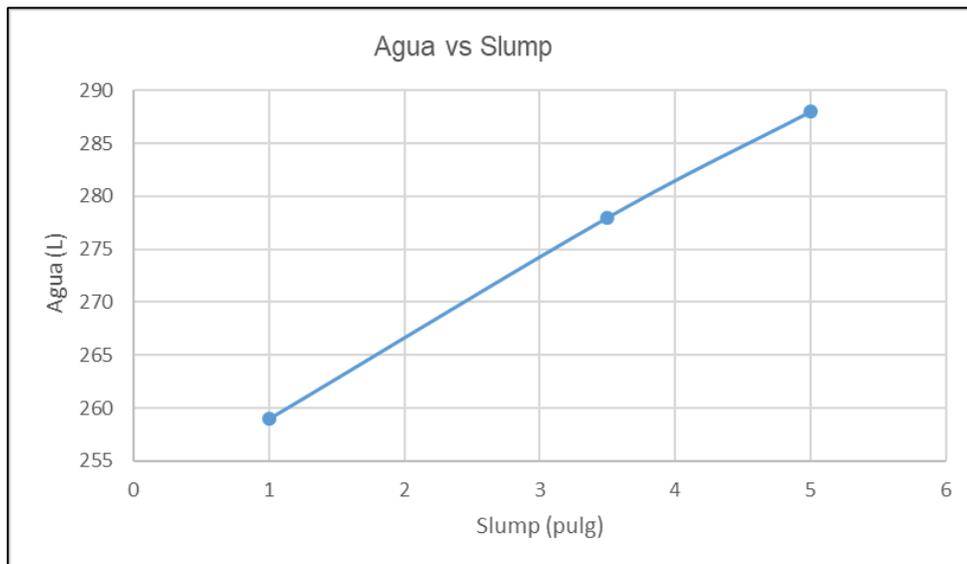
Cuadro N° 10 Resultado de agua vs Slump, a/c=0.4.

Slump (")	Agua (L)
1	259
3.5	278
5	288

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica donde nos muestra el aumento del slump al aumentar la cantidad de agua (ver Grafica N°3)

Gráfica N° 3 Resultado agua vs Slump, a/c=0.4.



Fuente: Elaboración Propia

Luego de hallar la cantidad de agua adecuada para la relación a/c de 0.4, se prosigues a encontrar la proporción adecuadas de los agregados de la mezcla (relación a/c de 0.4) a través del ensayo de compresión axial, para esto se modifica la proporción inicial obtenido luego de en el anterior capitulo en un -3% y en un +3% a la arena, obteniendo los siguientes resultados (ver Cuadro N°11).

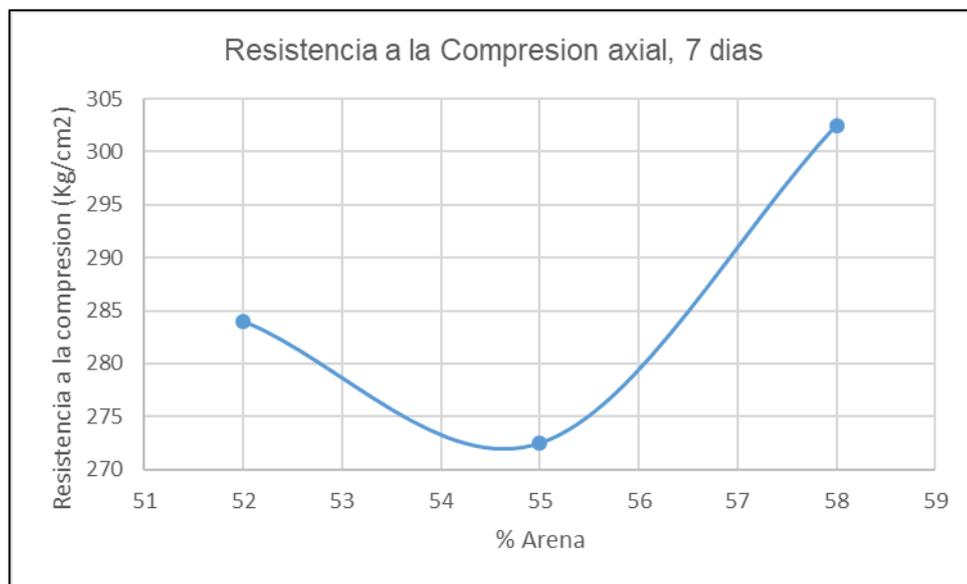
Cuadro N° 11 Resultado a la compresión axial, a/c=0.4.

Arena (%)	Piedra (%)	PUC
52	48	284
55	45	272.5
58	42	302.5

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica donde nos muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión con el % de arena (ver Grafica N°4)

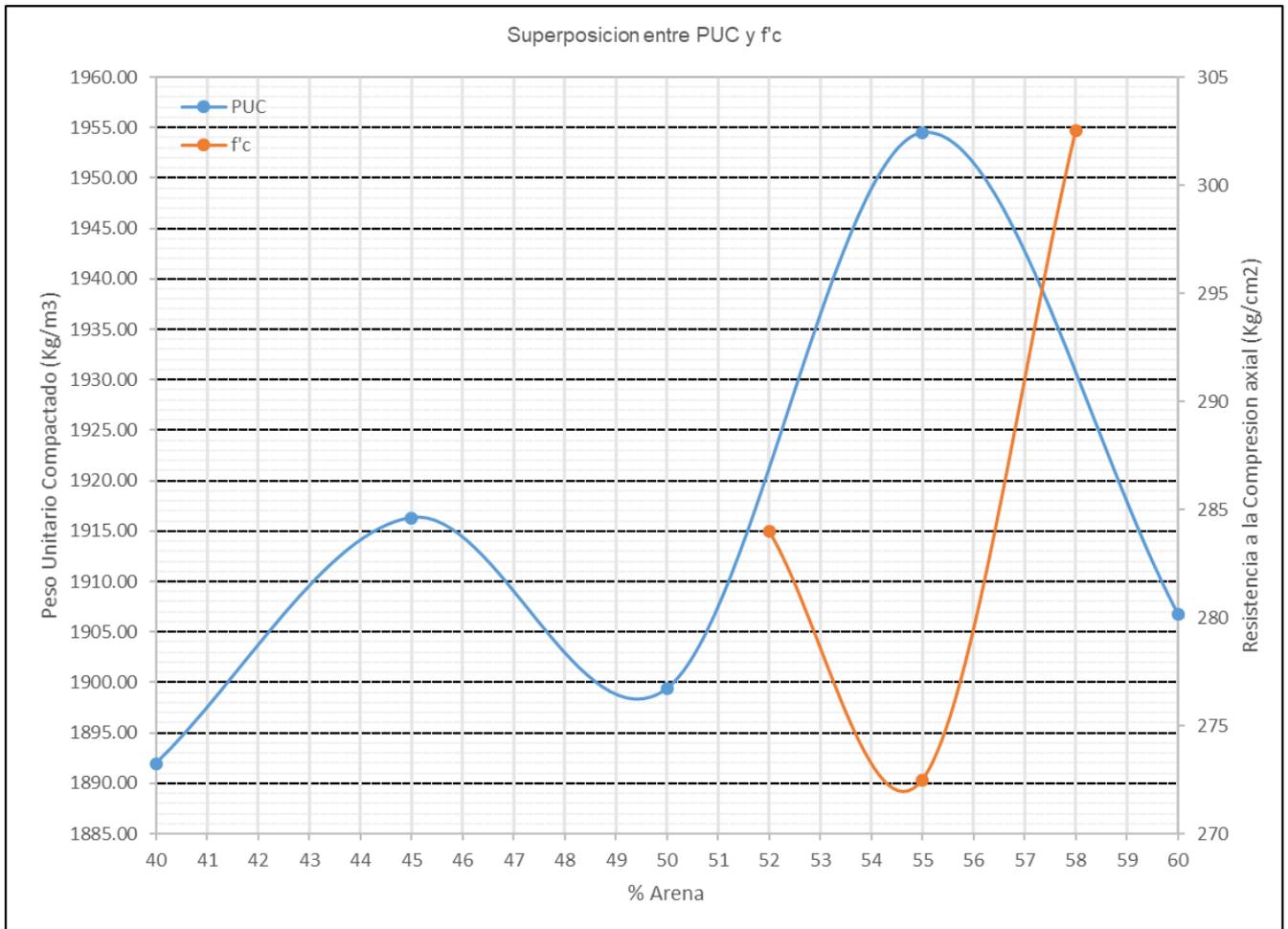
Gráfica N° 4 Resistencia a la compresión axial.



Fuente: Elaboración Propia

Luego de obtener estos resultados superpones las gráficas de resistencia a la compresión y del peso unitario compactado, obtenido que para la relación de a/c de 0.4, la proporción de arena y piedra es de 57.4% y de 42.6%, respectivamente, como se puede apreciar en el gráfico (ver Grafica N°5).

Gráfica N° 5 Superposición PUC vs f_c.



Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 Diseño de concreto patrón a/c=0.5

Los valores de agua que se trabajó, para obtener el asentamiento pedido se puede mostrar en el cuadro (ver Cuadro N°12):

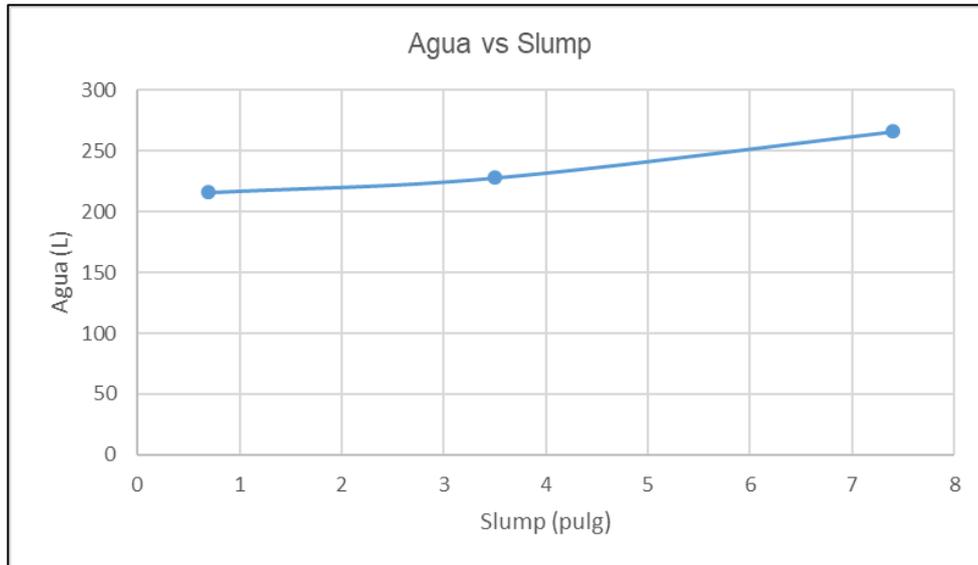
Cuadro N° 12 Resultado de agua vs Slump, a/c=0.5.

slump	agua
0.7	216
3.5	228
7.4	266

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica donde nos muestra el aumento del slump al aumentar la cantidad de agua (ver grafica N°6)

Gráfica N° 6 Resultado agua vs Slump, a/c=0.5.



Fuente: Elaboración Propia

Luego de hallar la cantidad de agua adecuada para la relación a/c de 0.5, se prosigues a encontrar la proporción adecuadas de los agregados de la mezcla (relación a/c de 0.5) a través del ensayo de compresión axial, para esto se modifica la proporción inicial obtenido luego de en el anterior capitulo en un -3% y en un +3% a la arena, obteniendo los siguientes resultados (ver Cuadro N°13).

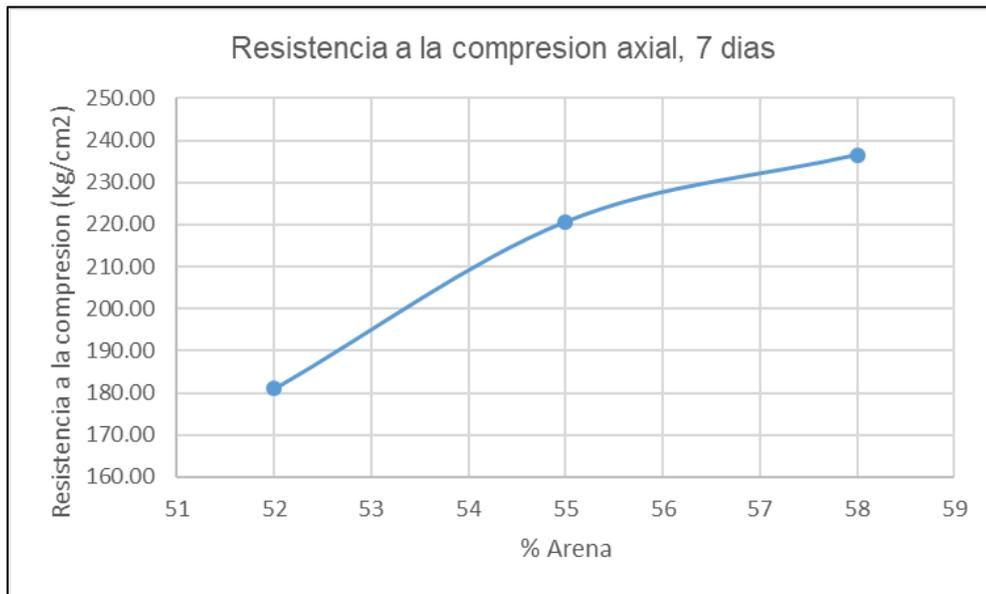
Cuadro N° 13 Resultado a la compresión axial, a/c=0.5.

Arena (%)	Piedra (%)	PUC
52	48	180.97
55	45	220.65
58	42	236.52

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica donde nos muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión con el % de arena (ver grafica N°7)

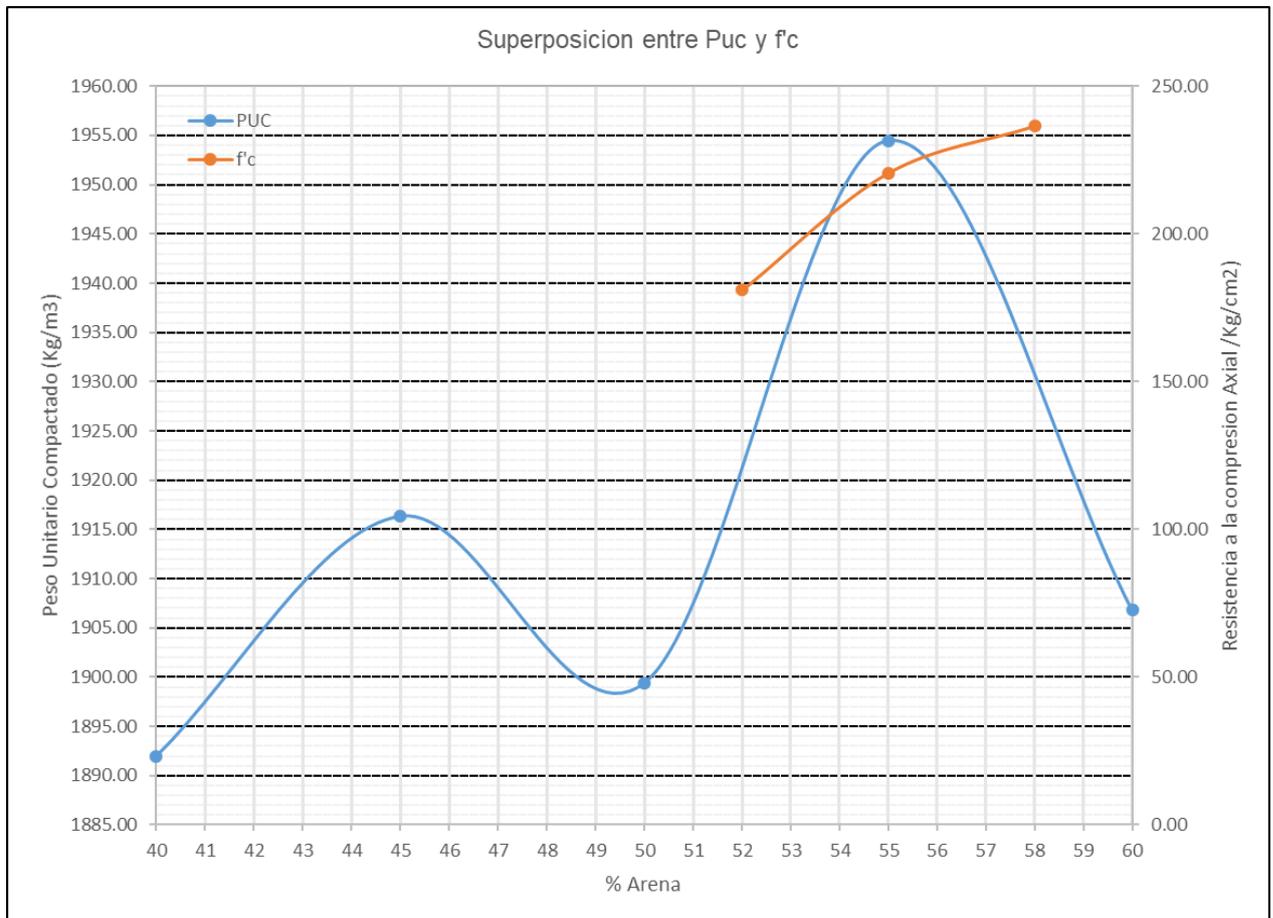
Gráfica N° 7 Resistencia a la compresión axial.



Fuente: Elaboración Propia

Luego de obtener estos resultados superpones las gráficas de resistencia la compresión y del peso unitario compactado, obtenido que para la relación de a/c de 0.5, la proporción de arena y piedra es de 55.7% y de 44.3%, respectivamente, como se puede apreciar en el gráfico (ver Grafica N°8).

Gráfica N° 8 Superposición PUC vs f'c.



Fuente: Elaboración Propia

4.4 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c = 0.4$ MAS ADITIVO

Se empieza añadiendo a la mezcla patrón de $a/c = 0.4$ una dosificación de 2%, de 2.5% y del 3% del peso del cemento a la mezcla, obteniendo así tres diseños de mezcla más, para el respectivo estudio a realizarse (ver Cuadro N°14).

Cuadro N° 14 Diseño de mezcla, a/c=0.4.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	695.14	0.23	695.14	1	17.06	1
Agua	278.06	0.28	287.86	0.41	7.06	17.60
Arena	675.24	0.28	677.96	0.98	16.63	41.45
Piedra	539.62	0.21	539.86	0.78	13.25	33.01
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1 Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 2% aditivo

Para este diseño se le agrega un 2% de aditivo Sika Cem impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.4, en el cuadro siguiente se muestra el diseño que se establece al aumentar el 2% del aditivo a diseño patrón de a/c = 0.4 (ver Cuadro N°15):

Cuadro N° 15 Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 2% (aditivo).

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	695.15	0.23	695.15	1	17.47	1
Agua	278.06	0.28	285.86	0.41	7.19	17.48
Arena	647.18	0.26	649.78	0.93	16.33	39.73
Piedra	517.19	0.20	517.42	0.74	13.01	31.63
aditivo		0.02	13.90	0.02	0.35	0.85
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 2.5% aditivo

Para este diseño se le agrega un 2.5% de aditivo Sika Cem impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.4, en el cuadro siguiente se muestra el diseño que se establece al aumentar el 2.5% del aditivo a diseño patrón de a/c = 0.4 (ver Cuadro N°16):

Cuadro N° 16 Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 2.5% (aditivo).

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	695.15	0.226	695.15	1	17.578	1
Agua	278.06	0.278	285.77	0.411	7.226	17.471
Arena	640.16	0.262	642.74	0.925	16.253	39.296
Piedra	511.59	0.194	511.81	0.736	12.942	31.291
aditivo		0.025	17.38	0.025	0.439	1.063
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3 Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 3% aditivo.

Para este diseño se le agrega un 3% de aditivo Sika Cem impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.4, en el cuadro siguiente se muestra el diseño que se establece al aumentar el 3% del aditivo a diseño patrón de a/c = 0.4 (ver Cuadro N°17:

Cuadro N° 17 Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 3% (aditivo).

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	695.150	0.226	695.150	1	17.684	1
Agua	278.060	0.278	285.686	0.411	7.268	17.466
Arena	633.144	0.259	635.693	0.914	16.171	38.865
Piedra	505.980	0.192	506.203	0.728	12.877	30.948
aditivo		0.03	20.855	0.03	0.531	1.275
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.5 DISEÑO DE CONCRETO PATRON a/c= 0.5 MAS ADITIVO

Se empieza añadiendo a la mezcla patrón de a/c = 0.5 una dosificación de 2%, de 2.5% y del 3% del peso del cemento a la mezcla, obteniendo así tres diseños de mezcla más, para el respectivo estudio a realizarse (ver Cuadro N°18).

Cuadro N° 18 Diseño de mezcla, $a/c=0.5$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	458.971	0.149	458.971	1	11.090	1
Agua	229.486	0.229	239.286	0.521	5.782	22.157
Arena	825.782	0.338	829.107	1.806	20.033	76.774
Piedra	707.207	0.269	707.520	1.542	17.095	65.515
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 2% aditivo

Para este diseño se le agrega un 2% de aditivo Sika Cem impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.5$, en el cuadro siguiente se muestra el diseño que se establece al aumentar el 2% del aditivo a diseño patrón de $a/c=0.5$ (ver Cuadro N°19):

Cuadro N° 19 Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 2%$ (aditivo).

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	458.971	0.149	458.971	1	11.347	1
Agua	229.486	0.229	239.286	0.521	5.916	22.157
Arena	798.551	0.327	801.766	1.747	19.822	74.242
Piedra	683.886	0.260	684.189	1.491	16.915	63.355
aditivo		0.020	9.179	0.02	0.227	0.85
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 2.5% aditivo

Para este diseño se le agrega un 2.5% de aditivo Sika Cem impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.5$, en el cuadro siguiente se muestra el diseño que se establece al aumentar el 2.5% del aditivo a diseño patrón de $a/c=0.5$ (ver Cuadro N°20):

Cuadro N° 20 Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 2.5% (aditivo).

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	458.971	0.149	458.971	1	11.413	1
Agua	229.486	0.229	239.286	0.521	5.950	22.157
Arena	791.743	0.324	794.931	1.732	19.768	73.609
Piedra	678.056	0.258	678.356	1.478	16.869	62.815
aditivo		0.025	11.474	0.025	0.285	1.0625
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 Diseño de concreto patrón a/c= 0.5 más 3% aditivo

Para este diseño se le agrega un 3% de aditivo Sika Cem impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.5, en el cuadro siguiente se muestra el diseño que se establece al aumentar el 3% del aditivo a diseño patrón de a/c=0.5 (ver Cuadro N°21):

Cuadro N° 21 Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 3% (aditivo).

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diselo en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	458.971	0.149	458.971	1	11.480	1
Agua	229.486	0.229	239.286	0.521	5.985	22.157
Arena	784.936	0.321	788.096	1.717	19.713	72.976
Piedra	672.226	0.255	672.523	1.465	16.822	62.275
aditivo		0.030	13.769	0.03	0.344	1.275
aire	1.5	0.015	1.5			

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

Para poder observar el comportamiento de la mezcla patrón junto con el aditivo añadido se ha hecho el estudio de 5 ensayos en el estado fresco del concreto, los cuales son, el ensayo de asentamiento, el ensayo de peso unitario, el ensayo de contenido de aire, el ensayo de exudación y el ensayo del tiempo de fragua.

Para cada uno de estos ensayos en estado fresco del concreto, se han realizado diferentes diseños de mezcla, las cuales dos son diseños de mezcla patrón, tenemos la $a/c=0.4$ y la $a/c=0.5$, luego tenemos sus derivados de cada uno, al añadirle una dosificación de aditivos Sika Cem impermeabilizante, para poder realizar su estudio y su comportamiento al contacto con esto, así tenemos los diseños de $a/c=0.4 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.4 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.4 + 3\%$, también tenemos los derivados de la relación $a/c=0.5$, los cuales con las dosificaciones del aditivo Sika Cem impermeabilizante, serían las siguientes, el diseños de $a/c=0.5 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.5 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.5 + 3\%$.

Para obtener los resultados del comportamiento del concreto en estado fresco, todos los ensayos, se realizaron en el Laboratorio N°1 de ensayos y materiales "Ing. Manuel Gonzales de la coterá", siguiendo con las premisas de las normas N.T.P (Normas técnicas peruanas) y el ASTM (American Society for Testing and Materials).

5.1 ASENTAMIENTO

El procedimiento que se siguió en este ensayo fue de la norma técnica peruana (N.T.P) 339.035, los resultados que se obtuvo de este ensayo se aprecian en los cuadros siguientes, viendo que el asentamiento en los diseños patrones están entre el rango establecido 3" - 4" (ver Cuadro N°22).

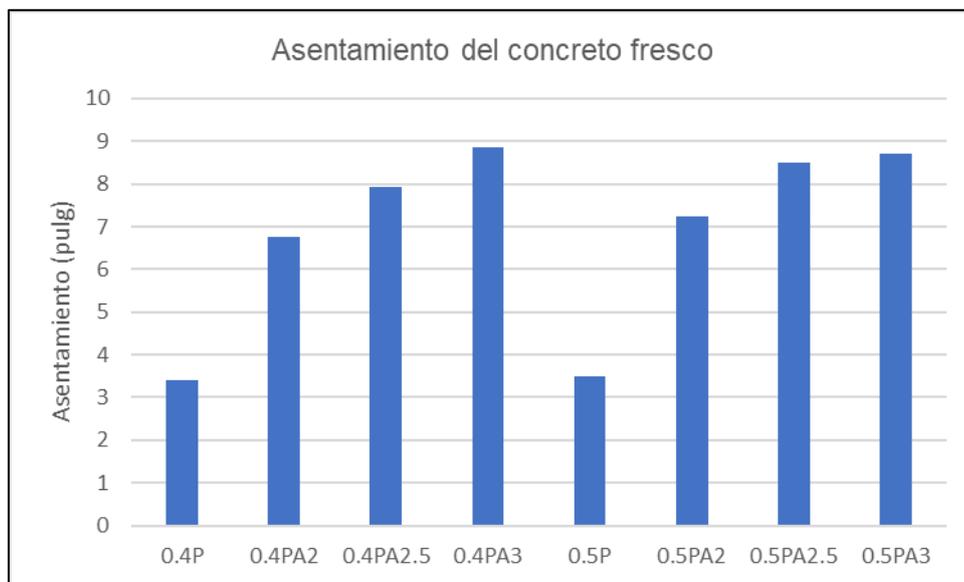
Cuadro N° 22 Asentamiento de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	asentamiento (pulg)
concreto patron a/c=0.4	3.4
a/c=0.4 + 2%	6.75
a/c=0.4 + 2.5%	7.93
a/c=0.4 + 3%	8.87
concreto patron a/c=0.5	3.5
a/c=0.5 + 2%	7.25
a/c=0.5 + 2.5%	8.5
a/c=0.5 + 3%	8.7

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la grafica entre el asentamiento y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°9)

Gráfica N° 9 Asentamiento de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

5.2 PESO UNITARIO

El procedimiento que se siguió en este ensayo fue de la norma técnica peruana (N.T.P) 339.049, los resultados que se obtuvo de este ensayo se aprecian en los cuadros siguientes, que los pesos unitarios obtenidos se encuentran dentro del rango del concreto normal (1700 a 2500 kg/cm³) (ver Cuadro N°23).

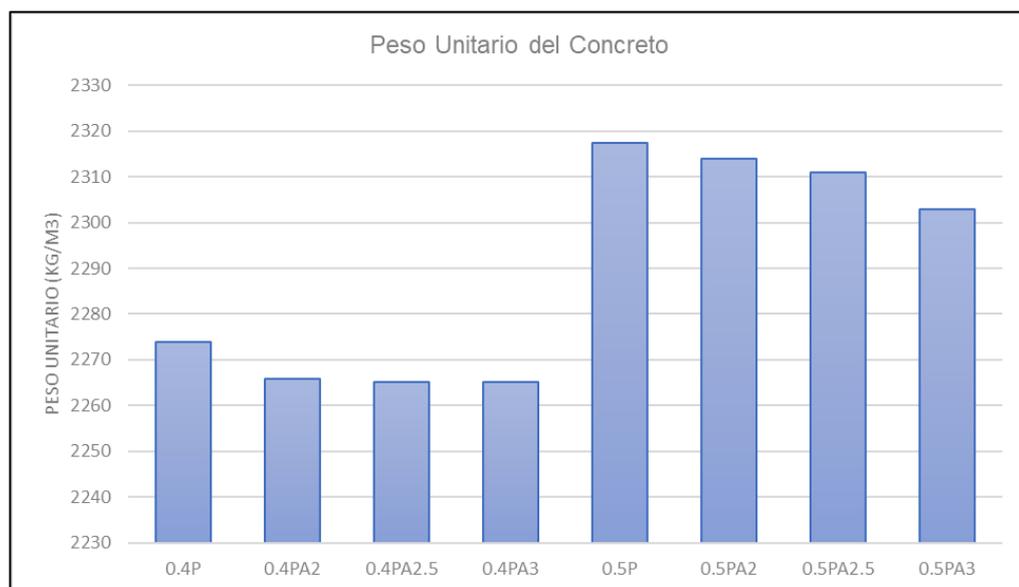
Cuadro N° 23 Peso Unitario de los diseños de mezcla.

tipo de concreto	Peso unitario (Kg/m ³)
0.4P	2273.91
0.4PA2	2265.79
0.4PA2.5	2265.08
0.4PA3	2265.08
0.5P	2317.35
0.5PA2	2313.82
0.5PA2.5	2310.99
0.5PA3	2302.87

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre el peso unitario y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°10)

Gráfica N° 10 Peso Unitario de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

5.3 CONTENIDO DE AIRE

El procedimiento que se siguió en este ensayo fue de la norma técnica peruana (N.T.P) 339.083, para este ensayo utilizamos "la máquina de Washintong" los resultados que se obtuvo de este ensayo se aprecian en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°24):

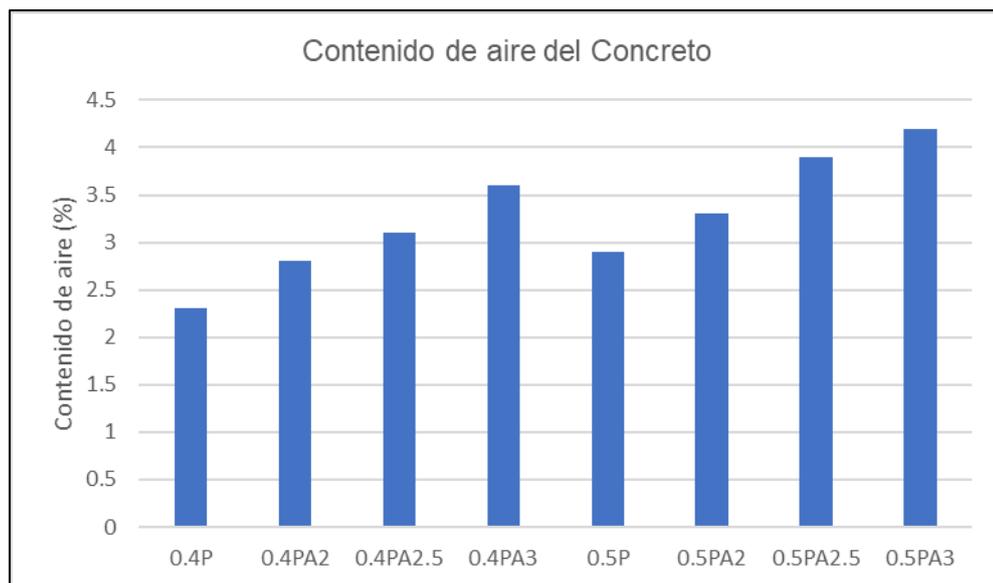
Cuadro N° 24 Contenido de aire de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	contenido de aire (%)
concreto patron a/c=0.4	2.3
a/c=0.4 + 2%	2.8
a/c=0.4 + 2.5%	3.1
a/c=0.4 + 3%	3.6
concreto patron a/c=0.5	2.9
a/c=0.5 + 2%	3.3
a/c=0.5 + 2.5%	3.9
a/c=0.5 + 3%	4.2

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre el contenido de aire y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°11)

Gráfica N° 11 Contenido de aire de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

5.4 EXUDACIÓN

El procedimiento que se siguió en este ensayo fue de la norma técnica peruana (N.T.P) 339.077, los resultados que se obtuvo de este ensayo se aprecian en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°25).

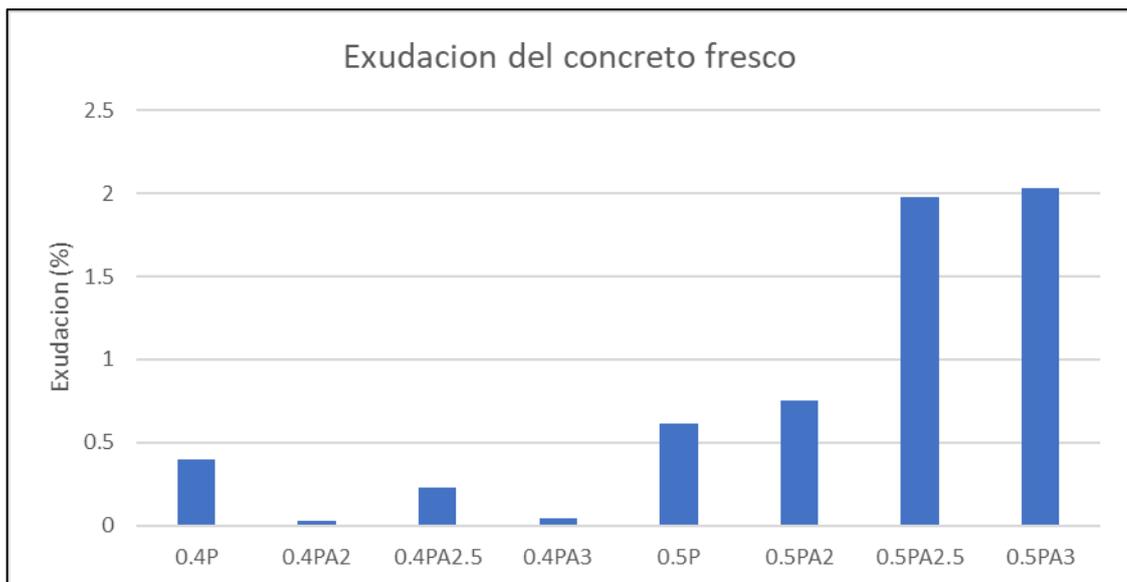
Cuadro N° 25 Exudación de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	Exudación (%)	variacion con respecto al concreto patron (%)
0.4P	0.4	100.00
0.4PA2	0.03	7.50
0.4PA2.5	0.23	57.50
0.4PA3	0.04	10.00
0.5P	0.61	100.00
0.5PA2	0.75	122.95
0.5PA2.5	1.98	324.59
0.5PA3	2.03	332.79

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la exudación y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°12)

Gráfica N° 12 Exudación de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

5.5 TIEMPO DE FRAGUADO

El procedimiento que se siguió en este ensayo fue de la norma técnica peruana (N.T.P) 339.082, los resultados que se obtuvo de este ensayo se aprecian en los cuadros siguientes, donde se *Elaboración Propia* puede observar que el

tiempo de inicio de fragua por la relación $a/c=0.4$ es de 4 horas con 49 minutos y el tiempo final de fragua es de 6 horas con 55 minutos además para la relación $a/c=0.5$ el tiempo de inicio de fragua es 6 horas y 20 minutos y el tiempo final de fragua es 8 horas y 45 minutos (ver Cuadro N°26).

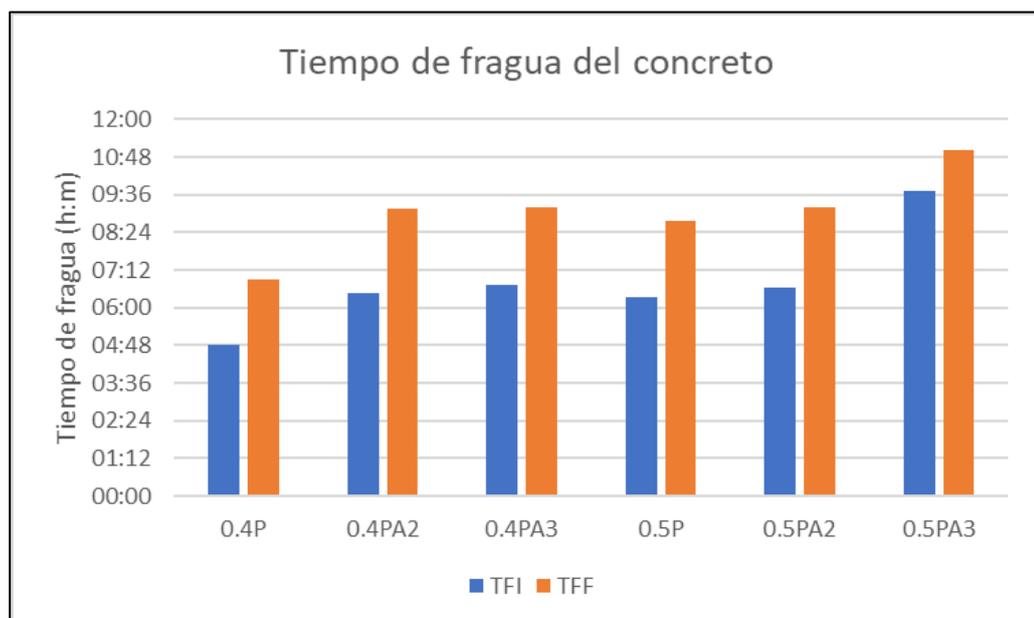
Cuadro N° 26 Tiempo de Fragua de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	TFI (h:m)	TFF (h:m)
concreto patron $a/c=0.4$	04:49	06:55
$a/c=0.4 + 2\%$	06:29	09:10
$a/c=0.4 + 3\%$	06:43	09:11
concreto patron $a/c=0.5$	06:20	08:45
$a/c=0.5 + 2\%$	06:39	09:13
$a/c=0.5 + 3\%$	09:42	12:00

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre el tiempo de fragua y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°13)

Gráfica N° 13 Tiempo de Fragua de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

Los ensayos que se estudiaron para el concreto en estado endurecido fueron los ensayos de resistencia a la compresión axial, el ensayo de módulo de elasticidad estático y el ensayo de absorción, dichos ensayos se realizaron en el Laboratorio N°1 de ensayos y materiales “Ing. Manuel Gonzales de la coterá” siguiendo con las normas técnicas peruanos (N.T.P.) para los ensayos de módulo de elasticidad estático y resistencia a la compresión axial y la norma técnica guatemalteca (N.T.G) para el ensayo de absorción.

Para cada uno de estos ensayos en estado endurecido del concreto, se han realizado diferentes diseños de mezcla, las cuales dos son diseños de mezcla patrón, tenemos la $a/c=0.4$ y la $a/c=0.5$, luego tenemos sus derivados de cada uno, al añadirle una dosificación de aditivos Sika Cem impermeabilizante, para poder realizar su estudio y su comportamiento al contacto con esto, así tenemos los diseños de $a/c=0.4 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.4 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.4 + 3\%$, también tenemos los derivados de la relación $a/c=0.5$, los cuales con las dosificaciones del aditivo Sika Cem impermeabilizante, serían las siguientes, el diseños de $a/c=0.5 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.5 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.5 + 3\%$,

6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

Para poder hallar la resistencia a la compresión del concreto endurecido juntos con sus derivados al juntar el aditivo Sika Cem impermeabilizante, se llevó a cabo siguiendo la norma técnica peruana (N.T.P.) 339.034.

Las dimensiones de las probetas utilizadas para este ensayo fueron de 10 cm x 20cm, además los ensayos se realizaron a los 7 días y a los 28 días de curado de las probetas.

los resultados de este ensayo se encuentran en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°27).

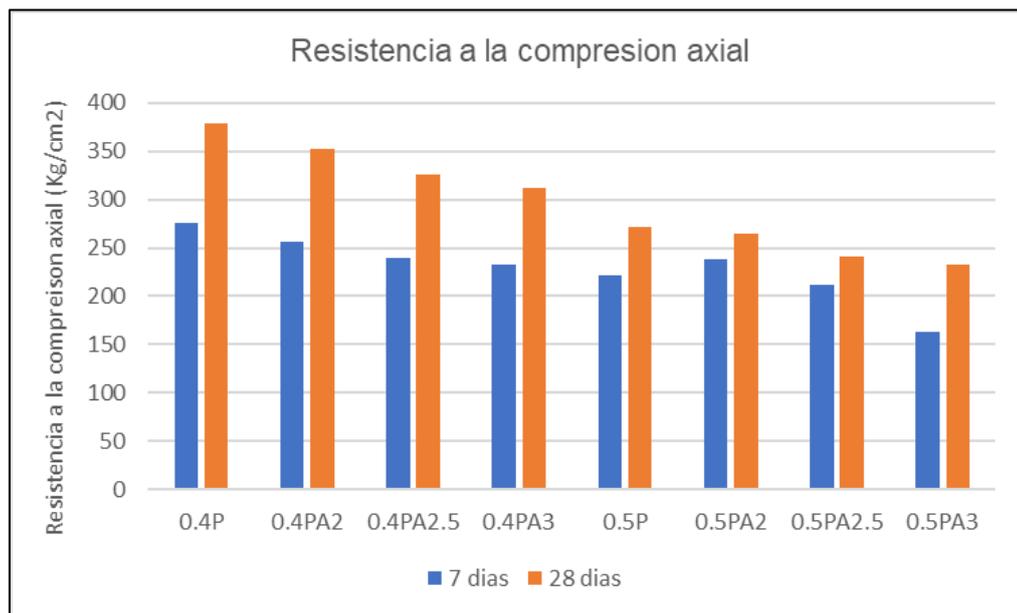
Cuadro N° 27 Resistencia a la Compresión de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	Resistencia a la compresion	
	7 dias	28 dias
concreto patron a/c=0.4	276.26	378.19
a/c=0.4 + 2%	256.66	351.97
a/c=0.4 + 2.5%	239.11	325.96
a/c=0.4 + 3%	232.66	311.23
concreto patron a/c=0.5	222.12	271.21
a/c=0.5 + 2%	238.82	264.47
a/c=0.5 + 2.5%	211.56	241.12
a/c=0.5 + 3%	162.95	232.97

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la resistencia a la compresión y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°14)

Gráfica N° 14 Resistencia a la Compresión de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

6.2 MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO

Para poder hallar el módulo elástico estático del concreto endurecido juntos con sus derivados al juntar el adito sikas em impermeabilizante, se llevó a cabo siguiendo la norma técnica peruana (N.T.P.) 339.084.

Las dimensiones de las probetas utilizadas para este ensayo fueron de 15 cm x 30 cm, además los ensayos se realizaron a los 28 días de curado de las probetas. los resultados de este ensayo se encuentran en los recuadros siguientes (ver cuadro N°28).

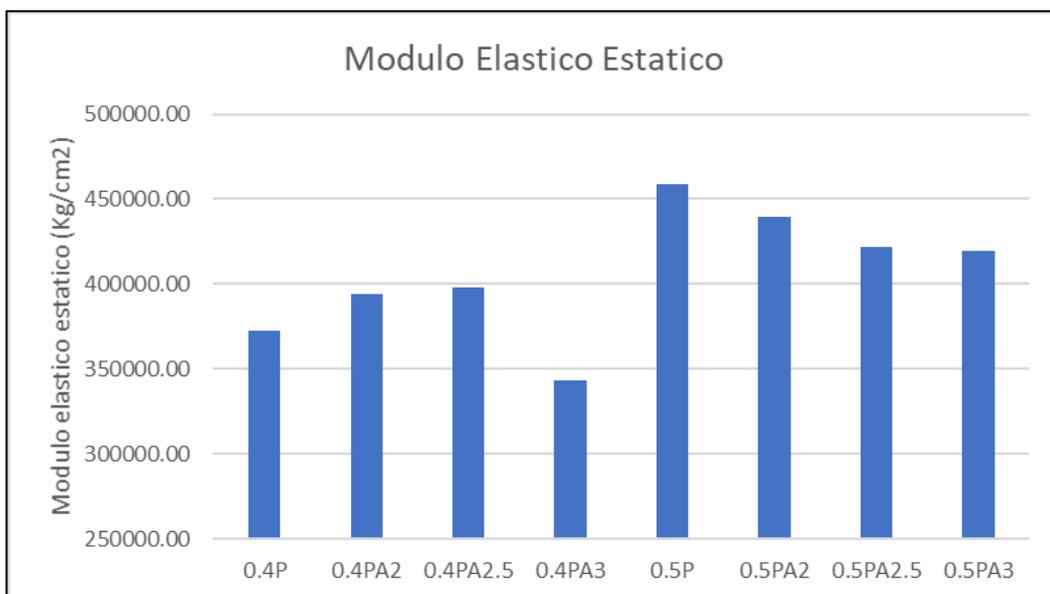
Cuadro N° 28 Modulo elástico estático de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	Modulo elastico (kg/cm ²)
concreto patron a/c=0.4	372472.66
a/c=0.4 + 2%	393862.45
a/c=0.4 + 2.5%	398292.99
a/c=0.4 + 3%	343199.94
concreto patron a/c=0.5	459031.59
a/c=0.5 + 2%	439300.81
a/c=0.5 + 2.5%	421565.17
a/c=0.5 + 3%	419409.20

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre el módulo elástico estático y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°15)

Gráfica N° 15 Modulo elástico estático de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

6.3 ABSORCIÓN

Para poder hallar el módulo elástico estático del concreto endurecido juntos con sus derivados al juntar el aditivo Sika Cem impermeabilizante, se llevó a cabo siguiendo la norma técnica guatemalteca (N.T.G) 41017 H21.

Las dimensiones de las probetas utilizadas para este ensayo fueron de 10 cm x 20 cm, además los ensayos se realizaron a los 28 días de curado de las probetas. los resultados de este ensayo se encuentran en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°29).

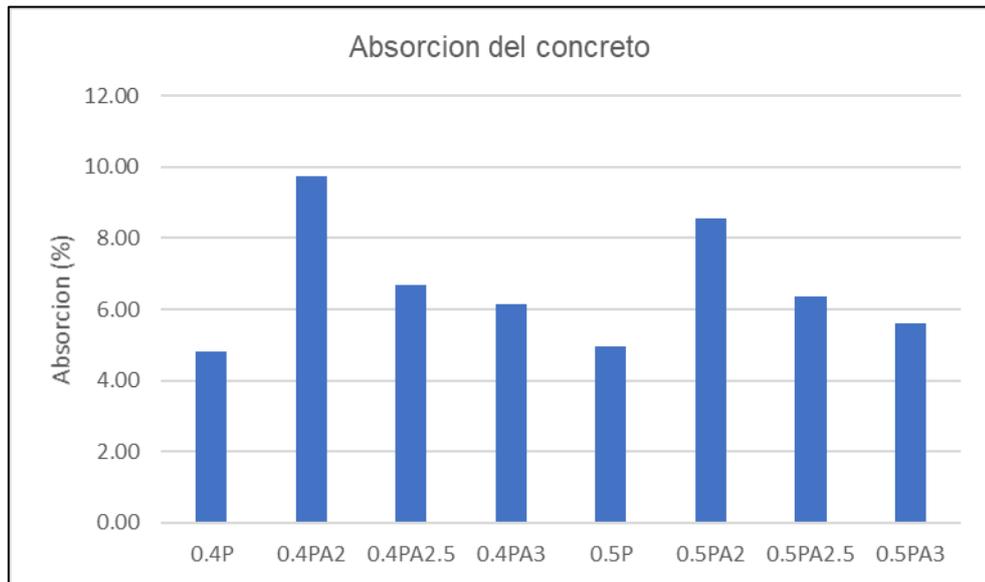
Cuadro N° 29 Absorción y espacios vacíos de los diseños de mezcla.

Tipo de concreto	Absorción (%)	Volumen de vacíos (%)
concreto patron a/c=0.4	4.82	8.92
a/c=0.4 + 2%	9.75	18.11
a/c=0.4 + 2.5%	6.69	10.56
a/c=0.4 + 3%	6.13	9.4
concreto patron a/c=0.5	4.95	9.54
a/c=0.5 + 2%	8.56	12.47
a/c=0.5 + 2.5%	6.35	12.41
a/c=0.5 + 3%	5.60	10.37

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre el módulo elástico estático y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°16)

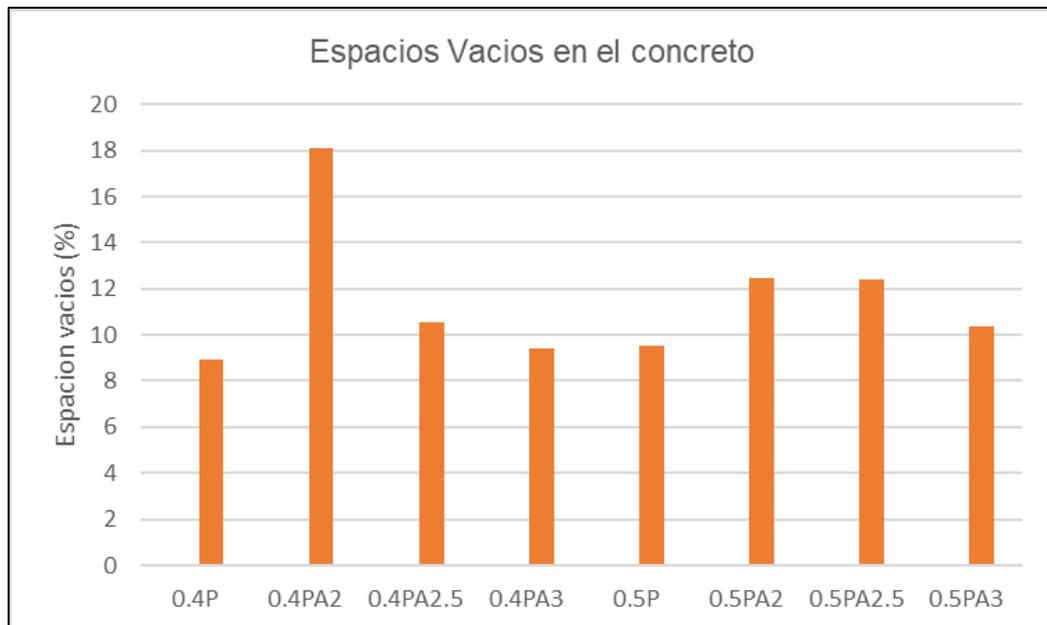
Gráfica N° 16 Absorción de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

Además, podemos observar la gráfica entre los espacios vacíos y las relaciones de agua/cemento y los aditivos (ver Grafica N°17)

Gráfica N° 17 Espacios vacíos de los 8 diseños de mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para poder analizar el comportamiento del cemento tipo ICo Inka, juntos al aditivo Sika Cem impermeabilizante, se realizaron ensayos en estado fresco del concreto y también en estado endurecido, al combinar estos dos elementos juntos con los agregaos, y así observar su comportamiento en la mezcla.

Los ensayos en el estado fresco del concreto que se realizan fueron los de asentamientos, el ensayo de peso unitario, el ensayo de contenido de aire, el ensayo de exudación y el ensayo de tiempo de fragua.

Los ensayos que se realizaron en estado endurecido del concreto, fueron el de resistencia a la compresión axial, el ensayo de elasticidad estática y el de absorción.

Estos ensayos realizados se siguieron con los establecido en las normas técnicas peruanas, las normas ASTM y la norma guatemalteca.

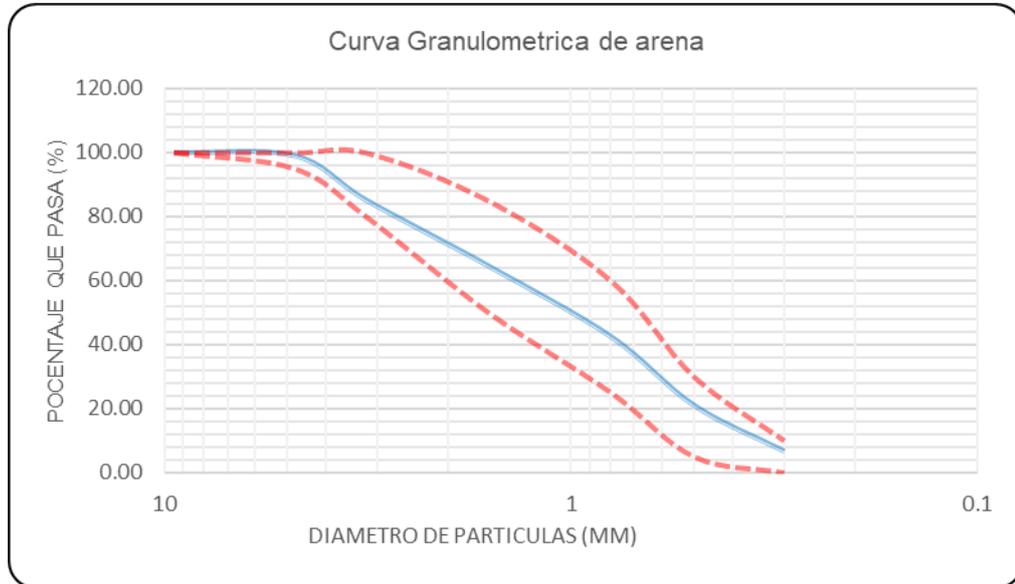
Para cada uno de estos ensayos en estado fresco y en estado endurecido del concreto, se han realizado diferentes diseños de mezcla, las cuales dos son diseños de mezcla patrón, tenemos la $a/c=0.4$ y la $a/c=0.5$, luego tenemos sus derivados de cada uno, al añadirle una dosificación de aditivos Sika Cem impermeabilizante, para poder realizar su estudio y su comportamiento al contacto con esto, así tenemos los diseños de $a/c=0.4 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.4 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.4 + 3\%$, también tenemos los derivados de la relación $a/c=0.5$, los cuales con las dosificaciones del aditivo sikas em impermeabilizante, serían las siguientes, el diseños de $a/c=0.5 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.5 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.5 + 3\%$.

7.1 AGREGADOS

Los resultados obtenidos de los ensayos de % de absorción, el peso unitario suelto y el peso unitario compactado, el % de abrasión y % de absorción los agregados finos y gruesos se puede apreciar en los anexos.

Sobre la granulometría en el agregado fino, se muestran en la gráfica siguiente que se encuentra dentro del rango que la N.T.P 400.0.37 especifica, el cual posee un módulo de finura de 2.81 (ver Grafica N°18).

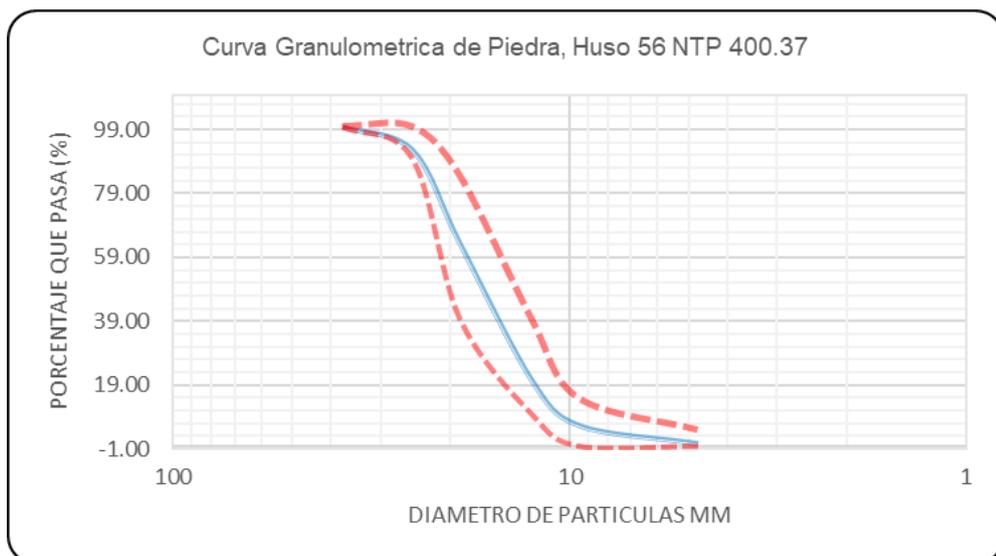
Gráfica N° 18 Curva granulométrica Agregado Fino.



Fuente: Elaboración Propia

Sobre la granulometría en el agregado grueso, se muestran en la gráfica siguiente que se encuentra dentro del rango del uso 56 que la N.T.P 400.0.37 especifica, y el tamaño máximo nominal es de 1" (ver Grafica N°19).

Gráfica N° 19 Curva granulométrica Agregado grueso.



Fuente: Elaboración Propia

7.2 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

En esta parte del capítulo se ofrece Los resultados que se obtuvieron de los ensayos de del concreto en estado fresco, al mezclar los agregados finos, los agregados gruesos con el cemento Ico Inka más el aditivo Sika Cem impermeabilizante.

Estos ensayos que se realizaron fueron, ensayo de sentamiento, el ensayo de peso unitario, el ensayo de contenido de aire, el ensayo de exudación y el ensayo de tiempo de fragua. todos los ensayos, se realizaron en el Laboratorio N°1 de ensayos y materiales “Ing. Manuel Gonzales de la cotera”, siguiendo con las premisas de las normas N.T.P (Normas técnicas peruanas) y el ASTM (American Society for Testing and Materials).

Para cada uno de estos ensayos en estado fresco se han realizado diferentes diseños de mezcla, las cuales dos son diseños de mezcla patrón, tenemos la $a/c=0.4$ y la $a/c=0.5$, luego tenemos sus derivados de cada uno, al añadirle una dosificación de aditivos Sika Cem impermeabilizante, para poder realizar su estudio y su comportamiento al contacto con esto, así tenemos los diseños de $a/c=0.4 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.4 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.4 + 3\%$, también tenemos los derivados de la relación $a/c=0.5$, los cuales con las dosificaciones del aditivo Sika Cem impermeabilizante, serían las siguientes, el diseños de $a/c=0.5 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.5 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.5 + 3\%$.

7.2.1 Asentamiento

Los asentamientos que se registraron de los diseños de mezcla patrones, los cuales son, $a/c=0.4$ y $a/c=0.5$, están dentro del rango establecida, de entre 3” y 4” para esta investigación, los cuales tenemos de 3.4” para la relación $a/c= 0.4$ y 3.5” para la relación $a/c= 0.5$.

Cuando a los diseños patrones de mezcla de $a/c=0.4$ y $a/c=0.5$, se le añade las dosificación de aditivo Sika Cem impermeabilizante en una dosis de 2%, 2.5% y 3% a cada diseño de mezcla, se aprecia que mientras más se aumenta la dosificación aumenta también su asentamiento, esto nos indica que la cantidad de

dosificación del aditivo Sika Cem impermeabilizante ,está directamente proporcional al aumento del asentamiento.

Eso se puede observar en el siguiente cuadro (ver Cuadro N°30).

Cuadro N° 30 Valores de asentamiento para cada diseño de mezcla.

tipo de concreto	Asentamiento (pulg)	Variacion en porcentaje (%)
0.4P	3.4	100.00
0.4PA2	6.75	198.53
0.4PA2.5	7.93	233.24
0.4PA3	8.87	260.88
0.5P	3.5	100.00
0.5PA2	7.25	207.14
0.5PA2.5	8.5	242.86
0.5PA3	8.7	248.57

Fuente: Elaboración Propia

7.2.2 Peso unitario

En el ensayo de peso unitario de la mezcla patrones, así como el de las mezclas con las dosificaciones del aditivo Sika Cem impermeabilizante de 2%, 2.5% y 3%, están dentro del rango que la N.T.P. nos indica, entre 1700kg/m³ y 2500 kg/m³, donde el peso unitario mínimo es de 2273.91kg/m³ y el máximo es de 2317.35 kg/m³.

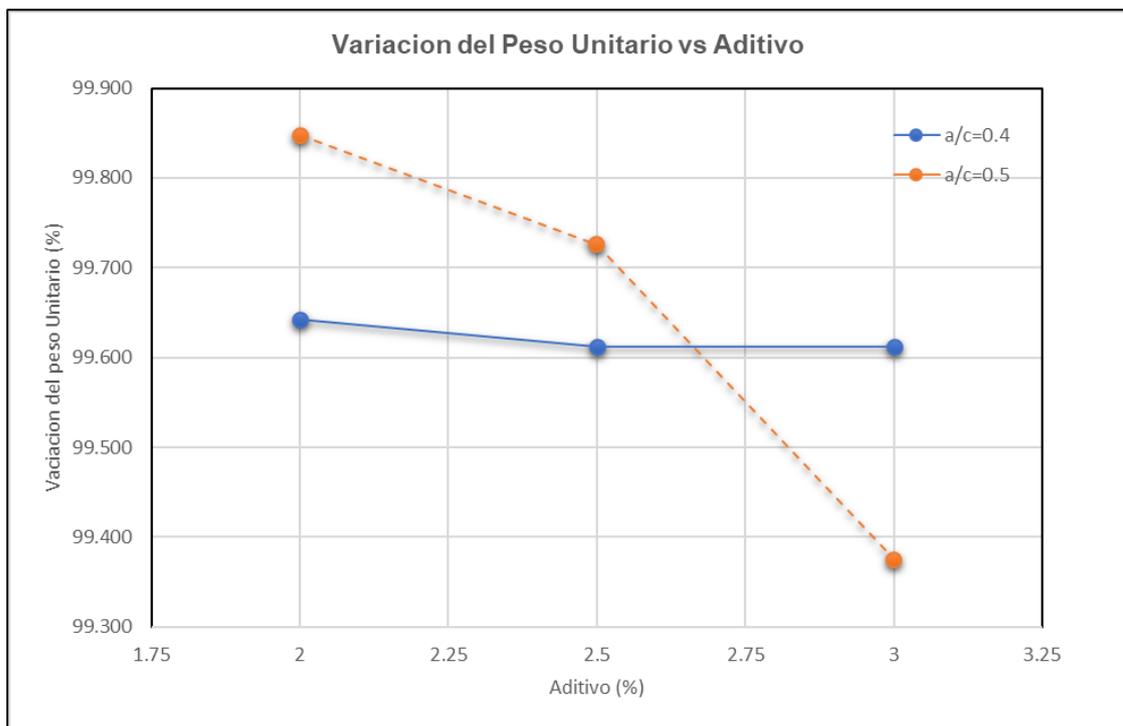
Además, podemos observar que al aumentar las dosificaciones del aditivo Sika Cem impermeabilizante, el peso unitario disminuye en valor (ver Cuadro N°31), podemos concluir que la dosificación es inversamente proporcional al peso unitario, como se puede apreciar en el recuadro siguiente (ver Grafica N°20).

Cuadro N° 31 Variación del Peso unitario respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Peso unitario (Kg/m ³)	Incremento de porcentaje (%)
0.4P	2273.91	100
0.4PA2	2265.79	99.64
0.4PA2.5	2265.08	99.61
0.4PA3	2265.08	99.61
0.5P	2317.35	100
0.5PA2	2313.82	99.85
0.5PA2.5	2310.99	99.73
0.5PA3	2302.87	99.38

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica N° 20 Variación del Peso unitario vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

7.2.3 Contenido de aire

En el ensayo de contenido de aire se aprecia que aumenta mientras se les dosifica a los diseños patrones el aditivo sikas impermeabilizante, en las proporciones de 2%, 2.5% y 3%, para la relación $a/c=0.4$ el porcentaje de contenido de aire varía entre 19.15% y 53.19%, y para la relación $a/c=0.5$ el porcentaje e contenido

de aire varía entre 13.79% y 44.83%, esto nos indica que el porcentaje en contenido de aire y la dosificación del aditivo están directamente proporcionales, donde al aumentar el aditivo aumenta el contenido de aire en las mezclas de diseño.

Esto se puede apreciar en el cuadro resumen que se entrega a continuación (ver Cuadro N°32).

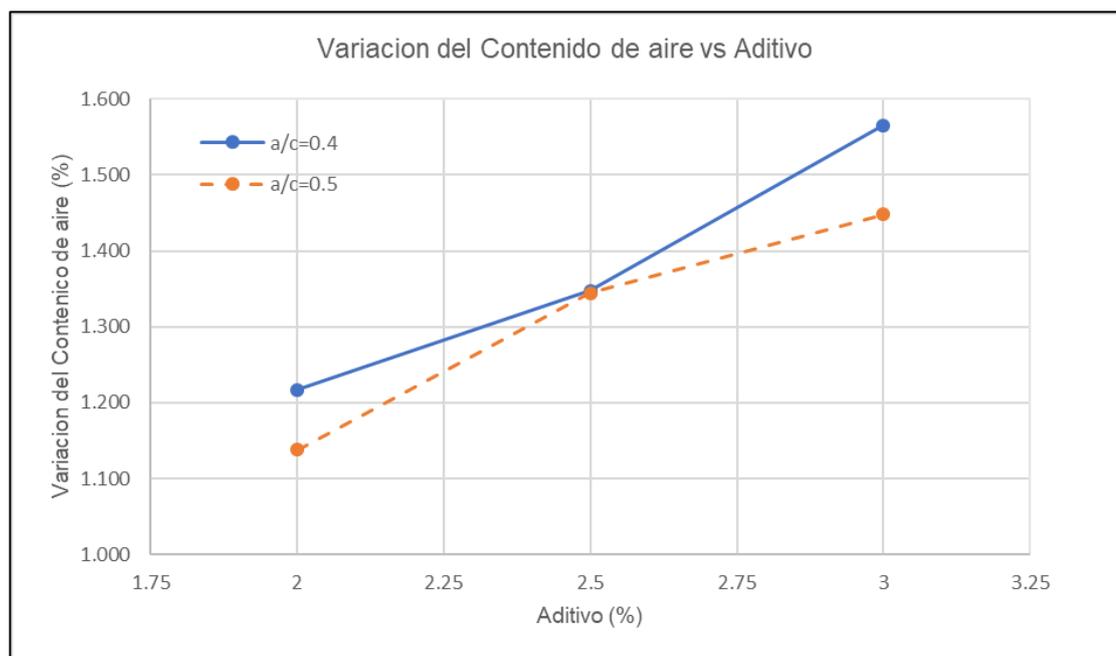
Cuadro N° 32 Variación del Contenido de aire respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Contenido de aire (%)	Incremento en porcentaje (%)
0.4P	2.3	100
0.4PA2	2.8	121.739
0.4PA2.5	3.1	134.783
0.4PA3	3.6	156.522
0.5P	2.9	100
0.5PA2	3.3	113.793
0.5PA2.5	3.9	134.483
0.5PA3	4.2	144.828

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre el Contenido de aire y el porcentaje de aditivos (ver Gráfica N°21)

Gráfica N° 21 Variación del Contenido de aire vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

7.2.4 Exudación

Para el ensayo de la exudación los resultados varían de acuerdo a la relación de diseño de mezcla patrón que se ha estudiado.

Para la relación del diseño de mezcla patrón $a/c=0.4$, el porcentaje de exudación varía entre 0.03% y 0.23%, se aprecia que disminuye con respecto al porcentaje de exudación del diseño de mezcla patrón.

Mientras en el caso del diseño de mezcla patrón de $a/c=0.5$, el porcentaje de exudación aumenta, mientras se aumenta la cantidad de dosificación del aditivo Sika Cem impermeabilizante.

Podemos concluir que en la relación $a/c=0.4$, mientras más cantidad de aditivo Sika Cem impermeabilizante añadimos el porcentaje de exudación disminuye, siendo su variación no constate, pero no significativa, mientras que para la relación $a/c=0.5$, el porcentaje de exudación aumenta mientras se le dosificación el aditivo Sika Cem impermeabilizante.

Esto se puede observar en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°33).

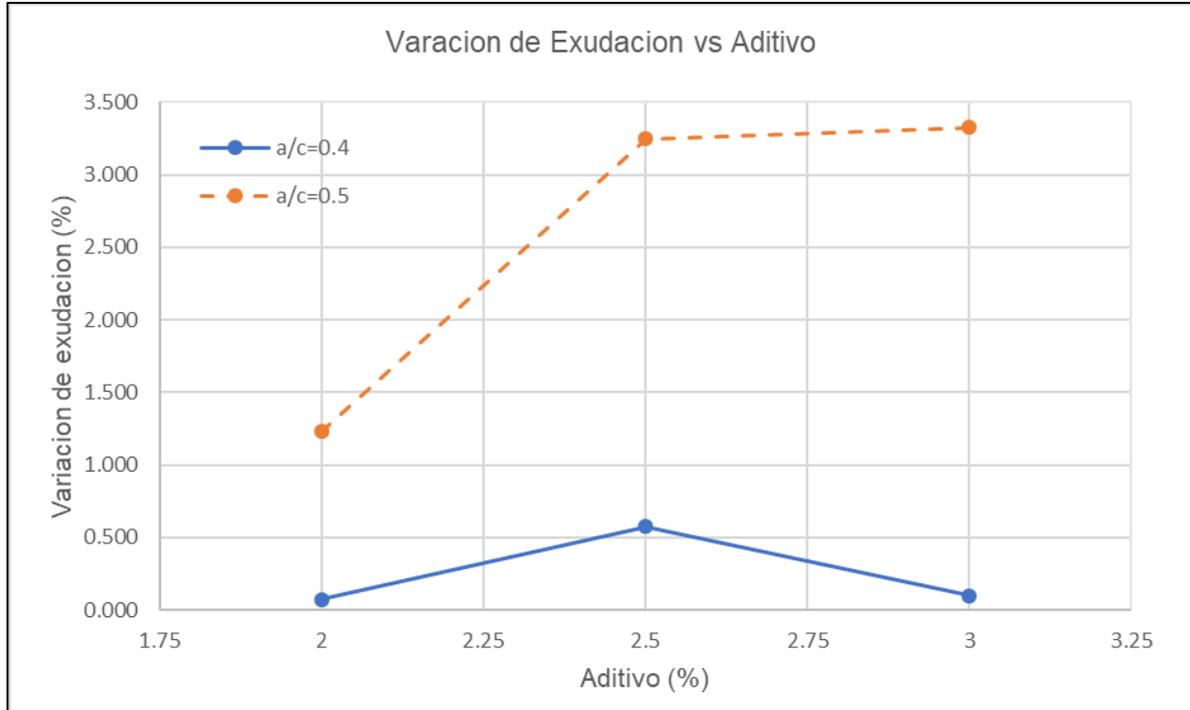
Cuadro N° 33 Variación de Exudación respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Exudacion (%)	variacion con respecto al concreto patron (%)
0.4P	0.4	100.00
0.4PA2	0.03	7.50
0.4PA2.5	0.23	57.50
0.4PA3	0.04	10.00
0.5P	0.61	100.00
0.5PA2	0.75	122.95
0.5PA2.5	1.98	324.59
0.5PA3	2.03	332.79

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la Exudación y el porcentaje de aditivos (ver Grafica N°22).

Gráfica N° 22 Variación de Exudación vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

7.2.5 Tiempo de fraguado

Los resultados que nos dieron el ensayo de tiempo de fragua inicial para las dos diseños de mezcla patrón de $a/c=0.4$ y de $a/c=0.5$ son de 4 hora con cuarenta y nueve minutos y de seis horas con 20 minutos, respectivamente, y el tiempo de fragua final para las dos diseños de mezcla patrón de $a/c=0.4$ y de $a/c=0.5$ son de seis horas y cincuenta y cinco minutos y de ocho horas con cuarenta y cinco minutos.

Cuando añadimos el aditivo Sika Cem impermeabilizante una dosificación de 2% y 3% a cada diseño patrón de mezcla, se aprecia que mientras más se agrega la dosificación aumenta el tiempo de fragua inicial y el tiempo de fragua final (ver Grafica N°23), podemos concluir que la dosificación del aditivo Sika Cem impermeabilizante es directamente proporcional al tiempo de fragua inicial y al tiempo de fragua final. Esto se puede apreciar en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°34 y Cuadro N°35).

Cuadro N° 34 Variación del Tiempo de Fragua Inicial respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	TFI (h:m)	Variación en porcentaje (%)
0.4P	04:49	100
0.4PA2	06:29	134.51
0.4PA3	06:43	139.35
0.5P	06:20	100
0.5PA2	06:39	105.00
0.5PA3	09:42	153.16

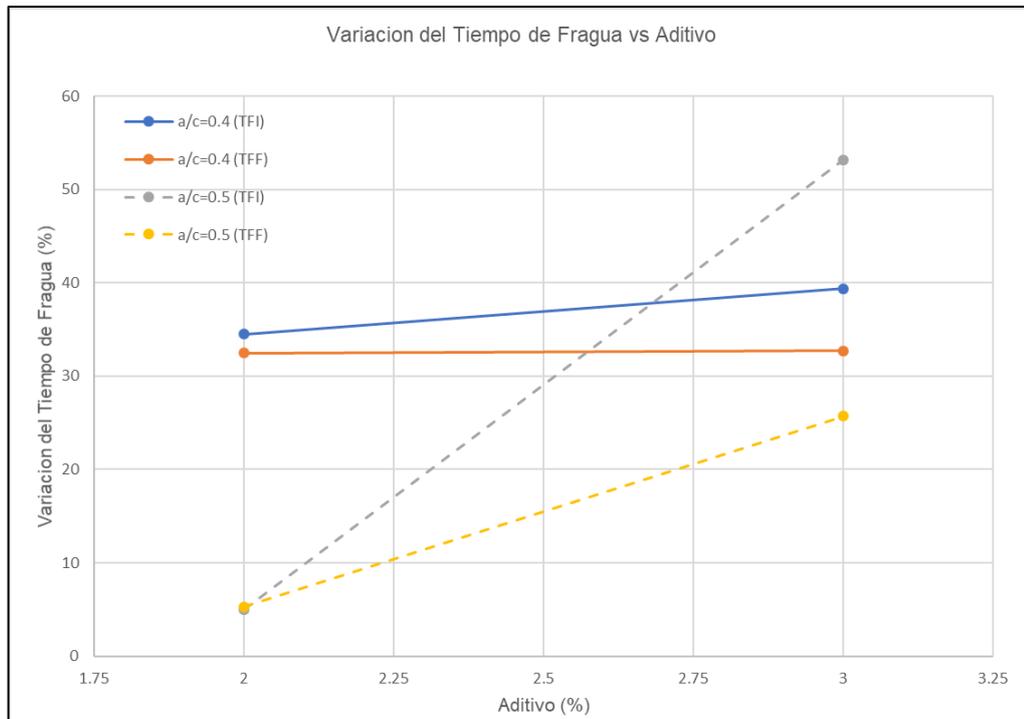
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 35 Variación del Tiempo de Fragua Final respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	TFF (h:m)	Variación en porcentaje (%)
0.4P	06:55	100
0.4PA2	09:10	132.47
0.4PA3	09:11	132.71
0.5P	08:45	100
0.5PA2	09:13	105.33
0.5PA3	12:00	137.14

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica N° 23 Variación del Tiempo de Fragua vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

7.3 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

En esta parte del capítulo se ofrece Los resultados que se obtuvieron de los ensayos de del concreto en estado endurecido, al mezclar los agregados finos, los agregados gruesos con el cemento Ico Inka más el aditivo Sika Cem impermeabilizante.

Estos ensayos que se realizaron fueron, ensayo de compresión axial, el ensayo elástico estático y el ensayo de absorción, todos los ensayos, se realizaron en el Laboratorio N°1 de ensayos y materiales “Ing. Manuel Gonzales de la coterá”, siguiendo con las premisas de las normas N.T.P (Normas técnicas peruanas), el ASTM (American Society for Testing and Materials) y Norma técnica guatemalteca 41017 h21.

Para cada uno de estos ensayos en estado endurecido se han realizado diferentes diseños de mezcla, las cuales dos son diseños de mezcla patrón, tenemos la $a/c=0.4$ y la $a/c=0.5$, luego tenemos sus derivados de cada uno, al añadirle una dosificación de aditivos Sika Cem impermeabilizante, para poder realizar su estudio y su comportamiento al contacto con esto, así tenemos los diseños de $a/c=0.4 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.4 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.4 + 3\%$, también tenemos los derivados de la relación $a/c=0.5$, los cuales con las dosificaciones del aditivo Sika Cem impermeabilizante, serían las siguientes, el diseños de $a/c=0.5 + 2\%$, el diseño de $a/c=0.5 + 2.5\%$ y por último el diseño de $a/c=0.5 + 3\%$.

7.3.1 Resistencia a la compresión axial

En el ensayo de resistencia a la compresión axial, se realizó el estudio para ensayos de 7 días y de 28 días sumergidos bajo el agua (curado), para las mezclas de diseño, las cuales están conformadas por los agregados fino y grueso, el cemento inka, y el aditivo impermeabilizante.

En los resultados que obtuvimos se puede apreciar que la resistencia va disminuyendo acorde aumenta la dosificación del aditivo Sika Cem impermeabilizante, en los estudios de 7 días y 28 días.

Para relación del diseño patrón de mezcla de $a/c=0.4$, mientras se le añade las dosificación de aditivo de 2%, 2.5% y 3%, el porcentaje que disminuye la resistencia de la compresión es de hasta un 15.78% respecto del diseño patrón, para los 7 días de curado, y para los 28 días, el porcentaje que disminuye la resistencia de la compresión es de hasta un 17.71%, respecto al diseño patrón.

Para relación del diseño patrón de mezcla de $a/c=0.5$, mientras se le añade las dosificación de aditivo de 2%, 2.5% y 3%, el porcentaje que disminuye la resistencia de la compresión es de hasta un 26.64% respecto del diseño patrón, para los 7 días de curado, y para los 28 días, el porcentaje que disminuye la resistencia de la compresión es de hasta un 14.10%, respecto al diseño patrón.

En conclusión, podemos resumir que la resistencia a la compresión axial es inversamente proporcional a la dosificación de aditivo Sika Cem impermeabilizante.

Los resultados a los 7 días podemos apreciarlos en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°36).

Cuadro N° 36 Variación de Compresión Axial (7días) respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Incremento en porcentaje (%)
0.4P	276.26	100
0.4PA2	256.66	92.91
0.4PA2.5	239.11	86.55
0.4PA3	232.66	84.22
0.5P	222.12	100
0.5PA2	238.82	107.52
0.5PA2.5	211.56	95.25
0.5PA3	162.95	73.36

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados a los 7 días podemos apreciarlos en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°37).

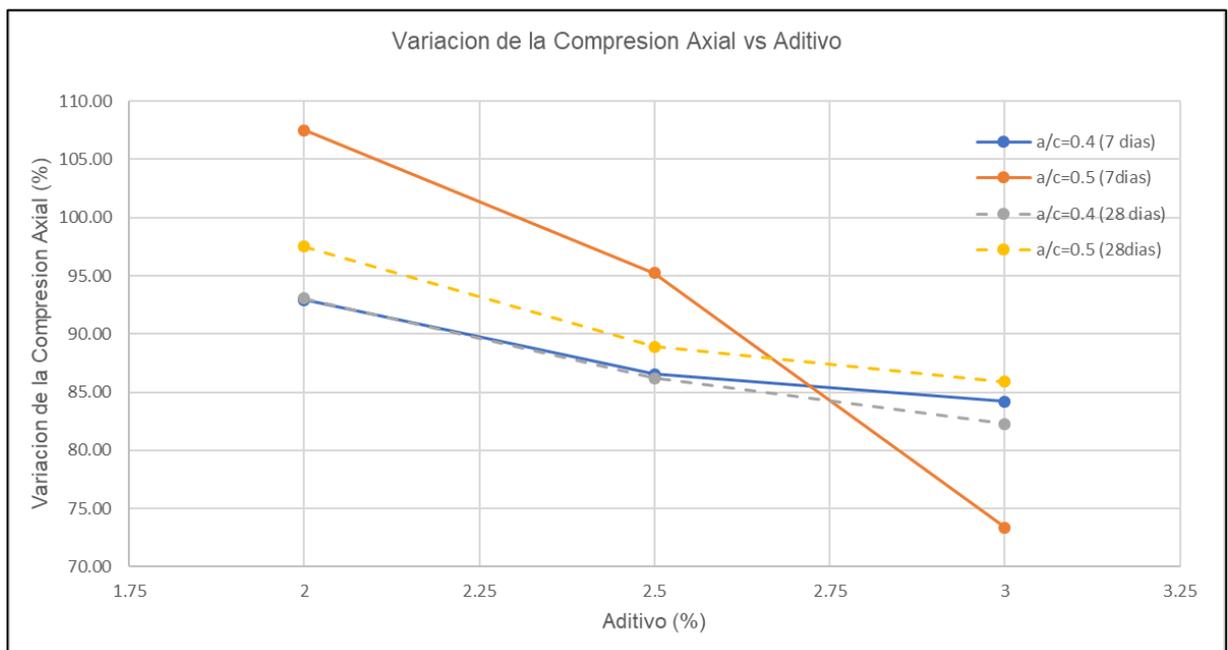
Cuadro N° 37 Variación de Compresión Axial (28 días) respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Resistencia a la compresion (kg/cm2)	Incremento en porcentaje (%)
0.4P	378.19	100
0.4PA2	351.97	93.07
0.4PA2.5	325.96	86.19
0.4PA3	311.23	82.29
0.5P	271.21	100
0.5PA2	264.47	97.51
0.5PA2.5	241.12	88.91
0.5PA3	232.97	85.90

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la variación de la compresión y el porcentaje de aditivos (ver Grafica N°24)

Gráfica N° 24 Variación de Compresión Axial vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

7.3.2 Modulo de elasticidad estático

En el ensayo del Módulo de elasticidad elástico, se realizó el estudio para ensayos de 28 días sumergidos bajo el agua (curado), para las mezclas de diseño, las cuales están conformadas por los agregados fino y grueso, el cemento inka, y el aditivo impermeabilizante.

En los resultados que obtuvimos se puede apreciar que el módulo elástico estático se incrementa cuando se aumenta la dosificación del aditivo Sika Cem impermeabilizante entre el 2% y 2.5%, pero que disminuye cuando la dosificación del aditivo es de 3%.

Para relación del diseño patrón de mezcla de $a/c=0.4$, mientras se le añade las dosificaciones de aditivo de 2%, 2.5% el porcentaje que aumenta el módulo elástico estático es de 6.932%, pero mientras la dosificación es de 3%, el porcentaje que disminuye el módulo elástico estático es de 7.859%.

Para relación del diseño patrón de mezcla de $a/c=0.5$, mientras se le añade las dosificaciones de aditivo de 2%, 2.5% y 3% el porcentaje que disminuye el módulo elástico estático es de hasta un 8.632%.

En conclusión, puede decir, que al aumentar la dosificación del aditivo Sika Cem, el módulo elástico tiende a disminuir tanto en la relación $a/c=0.4$, como en la relación $a/c=0.5$.

Por otro lado, cuando las dosificaciones del aditivo sika em, varían entre 2% y 2.5%, el comportamiento del módulo elástico estático, varía de acuerdo a la relación.

Para la relación $a/c=0.4$, el módulo elástico aumenta y en la relación $a/c=0.5$ la relación disminuye.

Los resultados podemos apreciarlos en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°38).

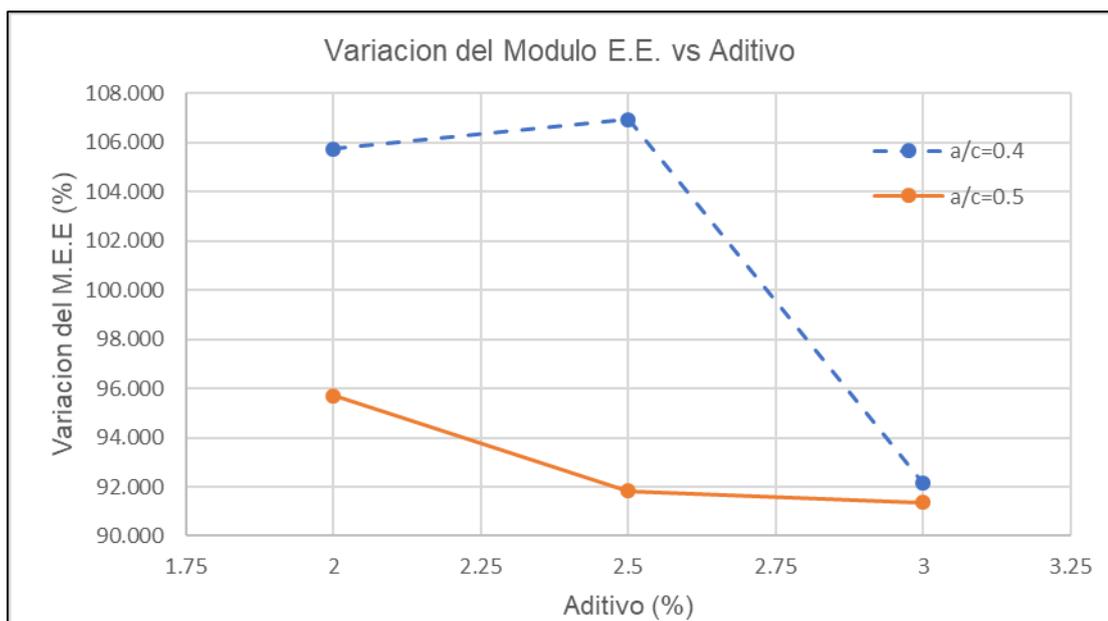
Cuadro N° 38 Variación del Módulo Elástico Estático respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Modulo elastico (kg/cm2)	Incremento en porcentaje (%)
0.4P	372472.66	100
0.4PA2	393862.45	105.743
0.4PA2.5	398292.99	106.932
0.4PA3	343199.94	92.141
0.5P	459031.59	100
0.5PA2	439300.81	95.702
0.5PA2.5	421565.17	91.838
0.5PA3	419409.20	91.368

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la variación del módulo elástico estático y el porcentaje de aditivos (ver Grafica N°25)

Gráfica N° 25 Variación del Módulo Elástico Estático vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

7.3.3 Ensayo de absorción

En el ensayo de absorción, se realizó el estudio para ensayos de 28 días sumergidos bajo el agua (curado), para las mezclas de diseño, las cuales están conformadas por los agregados fino y grueso, el cemento inka, y el aditivo impermeabilizante.

En los resultados que obtuvimos se puede apreciar que, tanto el porcentaje de absorción y el porcentaje de espacio vacíos, aumenta cuando se aumenta la dosificación del aditivo Sika Cem impermeabilizante entre el 2% y 2.5%, pero que disminuye cuando la dosificación del aditivo es de 3%.

Para relación del diseño patrón de mezcla de $a/c=0.4$, mientras se le añade las dosificaciones de aditivo de 2%, 2.5% y 3%, el porcentaje de aumento de la absorción, varían entre un 102.28% y 27.18%, y el porcentaje de vacíos, aumentan entre 103.03% y 5.38%.

Para relación del diseño patrón de mezcla de $a/c=0.5$, mientras se le añade las dosificaciones de aditivo de 2%, 2.5% y 3%, el porcentaje de aumento de la absorción, varían entre un 72.93% y 13.13%, y el porcentaje de vacíos, aumentan entre 31.71% y 8.70%.

Podemos concluir que mientras aumentamos la dosificación del aditivo sikas en impermeabilizante, tanto el porcentaje de absorción y el porcentaje de espacio vacíos aumenta.

Dando por conclusión que el aditivo Sika Cem impermeabilizante al estar en mezcla con el cemento Inka, la característica de impermeabilidad disminuye, mientras el porcentaje de absorción aumenta.

Los resultados podemos apreciarlos en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°39).

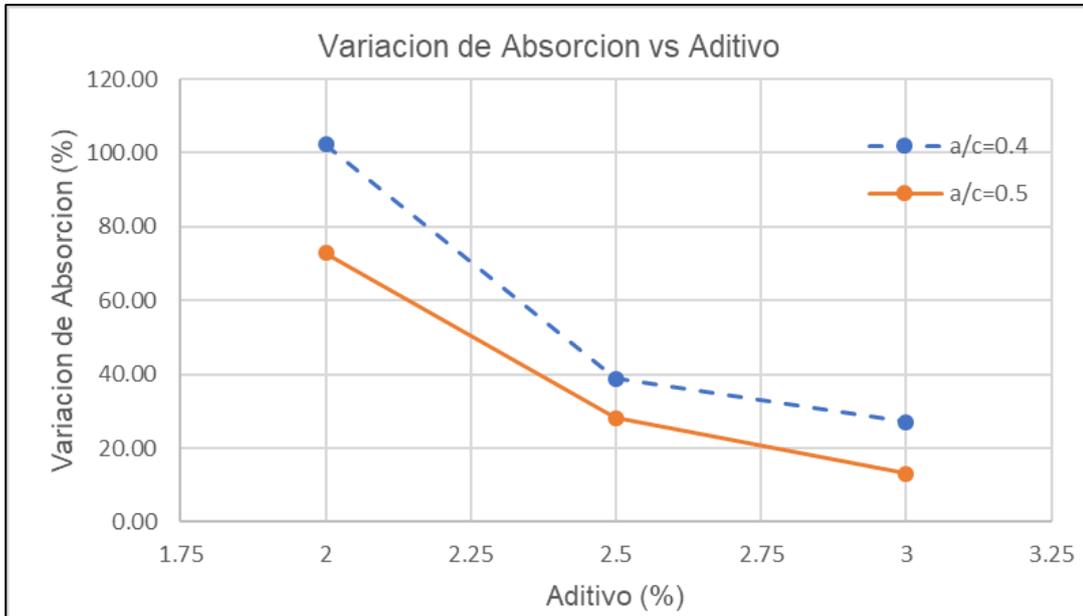
Cuadro N° 39 Variación de la Absorción respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Absorción (%)	Incremento en porcentaje (%)
0.4P	4.82	100
0.4PA2	9.75	202.28
0.4PA2.5	6.69	138.80
0.4PA3	6.13	127.18
0.5P	4.95	100
0.5PA2	8.56	172.93
0.5PA2.5	6.35	128.28
0.5PA3	5.60	113.13

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la variación de la Absorción y el porcentaje de aditivos (ver Grafica N°26)

Gráfica N° 26 Variación de la Absorción vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados respecto a los espacios vacíos podemos apreciarlos en los cuadros siguientes (ver Cuadro N°40)

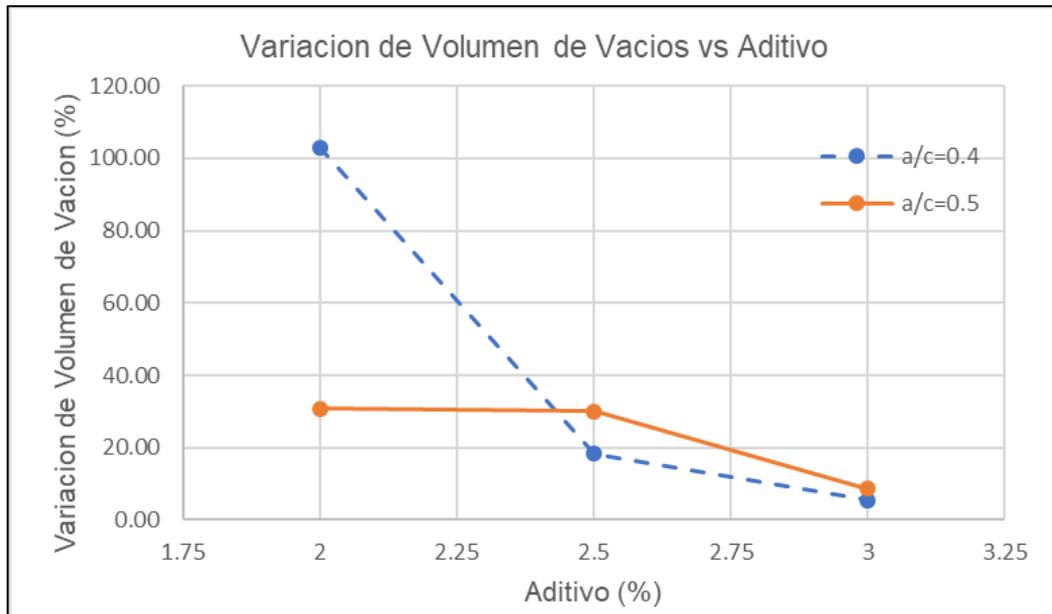
Cuadro N° 40 Variación del Volumen de vacíos respecto a la mezcla Patrón.

Tipo de concreto	Volumen de vacios (%)	Incremento en porcentaje (%)
0.4P	8.92	100
0.4PA2	18.11	203.03
0.4PA2.5	10.56	118.39
0.4PA3	9.4	105.38
0.5P	9.54	100
0.5PA2	12.47	130.71
0.5PA2.5	12.41	130.08
0.5PA3	10.37	108.70

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar la gráfica entre la variación de volumen de vacíos y el porcentaje de aditivos (ver Grafica N°27)

Gráfica N° 27 Variación del Volumen de Vacíos vs Aditivo.



Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- El **asentamiento** del concreto aumenta respecto al concreto patrón, al aumentar el porcentaje (%) de aditivo hasta un 150%.
- El **peso unitario**, el concreto disminuye respecto al concreto patrón, al aumentar el porcentaje (%) de aditivo hasta un 99%.
- El **contenido de aire** del concreto aumenta respecto al concreto patrón, al aumentar el porcentaje (%) de aditivo hasta un 48%.
- Sobre la **exudación**, como se realizó pocas muestras para este ensayo, no se puede llegar a ninguna conclusión, cuando al concreto patrón se le añade el aditivo.
- El **tiempo de fragua inicial y el tiempo de fragua final** del concreto aumenta respecto al concreto patrón, al aumentar el porcentaje (%) de aditivo hasta un 35%.
- La **resistencia la compresión axial**, del concreto disminuye respecto al concreto patrón, al aumentar el porcentaje (%) de aditivo hasta un 83% a los 28 días.
- El **módulo elástico** del concreto disminuye respecto al concreto patrón, al aumentar el porcentaje (%) de aditivo hasta un 91%.
- Los **espacios vacíos**, cuando al concreto patrón a/c, se le añade el aditivo, los porcentajes de vacíos son mayores, pero tiende a disminuir a medida que aumenta el porcentaje (%) de aditivo.

- Sobre la **absorción** cuando al concreto patrón a/c, se le añade el aditivo, el porcentaje de absorción son mayores, pero tiende a disminuir a medida que aumenta el porcentaje (%) de aditivo

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones son:

- Se recomienda poder analizar este cemento Inka Ico, con otro tipo de aditivo impermeabilizante (otras marcas), del mercado, y así poder observar su compartimento .
- Se recomienda realizar una mayor cantidad de ensayos entre el cemento Inka Ico y el aditivo Sika Cem impermeabilizante, para poder verificar con los resultados obtenidos respecto al ensayo de la resistencia a la compresión axial.
- Se recomienda realizar una mayor cantidad de ensayos entre el cemento Inka Ico y el aditivo Sika Cem impermeabilizante, y aumentar el rango de porcentaje (%) añadido al aditivo, para poder verificar y ampliar los resultados obtenidos respecto al ensayo de la absorción.
- Se recomienda investigar la mezcla del concreto con el cemento Inka Ico, y el aditivo Sika Cem impermeabilizante para mayores edades del concreto que se estudió.
- Se recomienda realizar la investigación de la mezcla del concreto con el cemento Inka Ico y el aditivo Sika Cem impermeabilizante, manteniendo el slump en el que se requiere, en todos sus diseños y dosificaciones que se le agregue del aditivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Biondi Shaw Ana, "Construyendo obras y caminos", Buildgreen Magazines Nuevos Editores, Edición 17, Lima, 2015.
2. Bustamante Romero Iskra Guisele, "Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú", (Tesis para optar el grado de Ingeniero). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.
3. Enrique Pasquel Carbajal, "Tópicos de Tecnología del concreto", Colegio de Ingenieros del Perú, Edición 2, Lima, 1999.
4. Moreno Vásquez Antony Josef, "Implementación del método de presión para medir la permeabilidad en el concreto" (Tesis para optar el grado de Ingeniero). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 2015.
5. Navarro Veliz Javier – López Yarango Jorge, "Tecnología de los materiales", Universidad peruana los andes, Facultad de Ingeniería Civil, Edicion1, Lima, 2006.
6. Rafael Cachay Huamán, "Aditivo para el concreto", Tecnología del concreto para residentes, supervisores y proyectistas, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 2002.
7. Riva López Enrique, "Diseño de mezclas", Edición 3, Lima, 2015.
8. Rivera L Gerardo A., "Tecnología del concreto y mortero", Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil, Cauca, 2013
9. Sika Perú, "Sika Cem Impermeabilizante", Hoja técnica, Edición 3, Lima, 2015.
10. Cemento Inka, "Cemento Portland Tipo ICO", Certificado de Calidad, Lima, 2016.

11. Tacusi Huancachoque Miliciano, “Estudio de concreto con aditivo, impermeabilizante y cemento Portland tipo I” (Tesis para optar el grado de Ingeniero). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad Ingeniería Civil, Lima, 2010.

12. Torre Carrillo Ana, “Aditivos para el concreto”, Tecnología del concreto I, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 2011.

13. Torre Carrillo Ana, “Aditivos para el concreto”, Tecnología de los materiales EC 611 G, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 2011.

14. Vásquez Rosario A. “Cemento y sus aplicaciones”, Cemento Pacasmayo S.A.A., Lima. 2010.

ANEXOS: AGREGADOS

Cuadro N°1 Ensayo peso unitario suelto del agregado Fino

Características Físicas		Muestra (Agregado Fino)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	7.629	7.773	7.701
Peso del recipiente	Kg	1.5765	1.5765	1.5765
Peso de la muestra	Kg	6.0525	6.1965	6.1245
Volumen del recipiente	m3	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto	Kg/m3	2138.69	2189.58	2164.13

Cuadro N°2 Ensayo peso unitario compactado del agregado Fino

Características Físicas		Muestra (Agregado Fino)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	7.928	7.944	7.936
Peso del recipiente	Kg	1.5765	1.5765	1.5765
Peso de la muestra	Kg	6.3515	6.3675	6.3595
Volumen del recipiente	m3	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario compactado	Kg/m3	2244.35	2250.00	2247.17

Cuadro N°3 Ensayo peso unitario suelto del agregado Grueso

Características Físicas		Muestra (Agregado Grueso)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	17.05	17.18	17.115
Peso del recipiente	Kg	4.36	4.36	4.36
Peso de la muestra	Kg	12.69	12.82	12.755
Volumen del recipiente	m3	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario suelto	Kg/m3	1344.28	1358.05	1351.17

Cuadro N°4 Ensayo peso unitario compactado del agregado Grueso

Características Físicas		Muestra (Agregado Grueso)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	18.72	18.71	18.715
Peso del recipiente	Kg	4.36	4.36	4.36
Peso de la muestra	Kg	14.36	14.35	14.355
Volumen del recipiente	m3	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario compactado	Kg/m3	1521.19	1520.13	1520.66

Cuadro N°5 Ensayo Peso específico y Absorción del agregado Fino

Características Físicas		Muestra (Agregado Fino)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de la arena superficialmente seca	g	500	500	500
Peso (arena s. s. + balon + agua)	g	979	982	980.5
Peso del balon	g	182.5	182.5	182.5
Peso del agua	g	296.5	299.5	298
Peso de la arena seca al horno	g	493.5	494	493.75
Peso específico de masa	g/cm³	2.425	2.464	2.44
Peso específico de masa superficialmente seco	g/cm ³	2.457	2.494	2.48
Peso específico aparente	g/cm ³	2.505	2.540	2.52
Porcentaje de absorcion	(%)	2.19	2.00	2.10

Cuadro N°6 Ensayo Peso específico y Absorción del agregado Grueso

Características Físicas		Muestra (Agregado Grueso)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de la muestra secada al horno	g	2122.5	2000	2061
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	2137	2013	2075
Peso (muestra saturada en agua + la canastilla)	g	2017.6	1940.2	1979
Peso de la canastilla	g	687	687	687
Peso de la muestra saturada en agua	g	1330.6	1253.2	1292
Peso específico de masa	g/cm³	2.632	2.632	2.632
Peso específico de masa superficialmente seco	g/cm ³	2.650	2.649	2.650
Peso específico aparente	g/cm ³	2.680	2.678	2.679
Porcentaje de absorcion	(%)	0.68	0.65	0.67

Cuadro N°7 Ensayo Contenido de Humedad del agregado Fino

Características Físicas		Muestra (Agregado Fino)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de material humedo	g	530.5	605	567.75
Peso material seco	g	528	603	565.5
Contenido de agua	g	2.5	2	2.25
Contenido de humedad	(%)	0.473	0.332	0.403

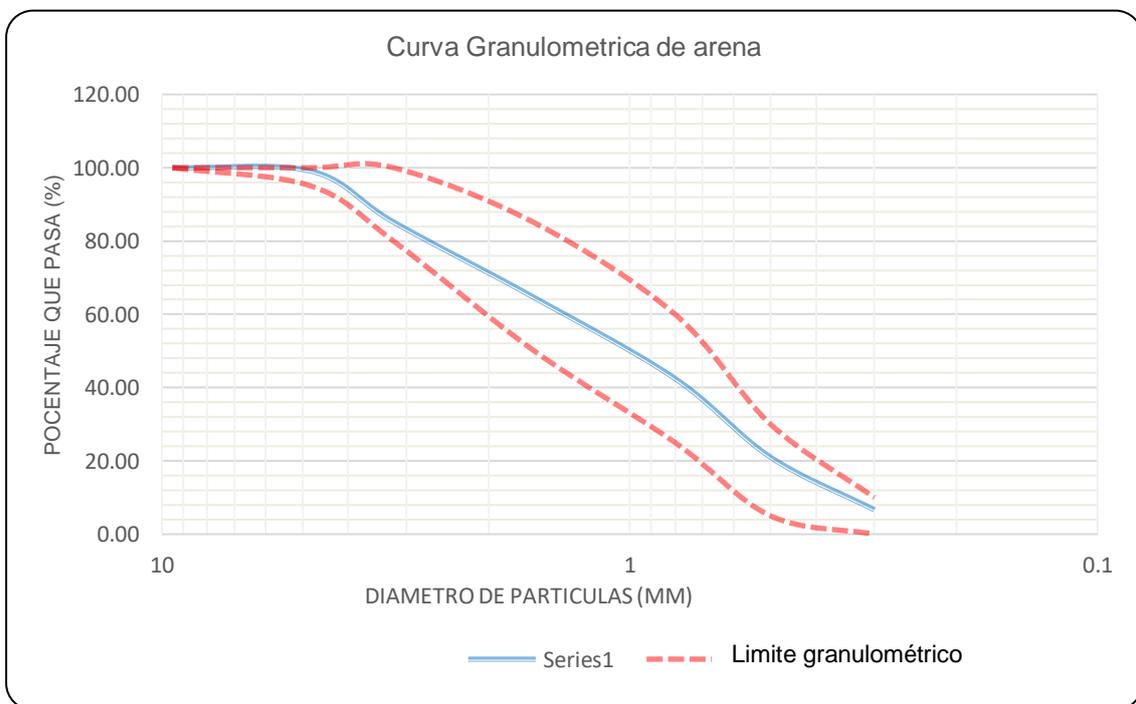
Cuadro N°8 Ensayo Contenido de Humedad del agregado Grueso

Características Físicas		Muestra (Agregado Grueso)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso de material humedo	g	3119.5	3716.5	3418
Peso material seco	g	3118	3715	3416.5
Contenido de agua	g	1.5	1.5	1.5
Contenido de humedad	(%)	0.048	0.040	0.044

Cuadro N°9 Ensayo de Granulometría agregado Fino

Tamiz	M - 1 (g)	M - 2 (g)	M - 3 (g)	Peso retenido promedio	%Retenido	%Ret. Acumulado	%Pasa
3/8"	0	0	0	0	0		100.00
N°4	5.5	6	6.5	6	0.92	0.92	99.08
N°8	88.5	96.5	86.5	90.5	13.88	14.80	85.20
N°16	124	147	132.5	134.5	20.63	35.43	64.57
N°30	134.5	153	144.5	144	22.09	57.52	42.48
N°50	134.5	147	138.5	140	21.47	78.99	21.01
N°100	99	95	86.5	93.5	14.34	93.33	6.67
FONDO	47	43.5	40	43.5	6.67	100.00	0.00
TOTAL	633	688	635	652	MF= 2.810		

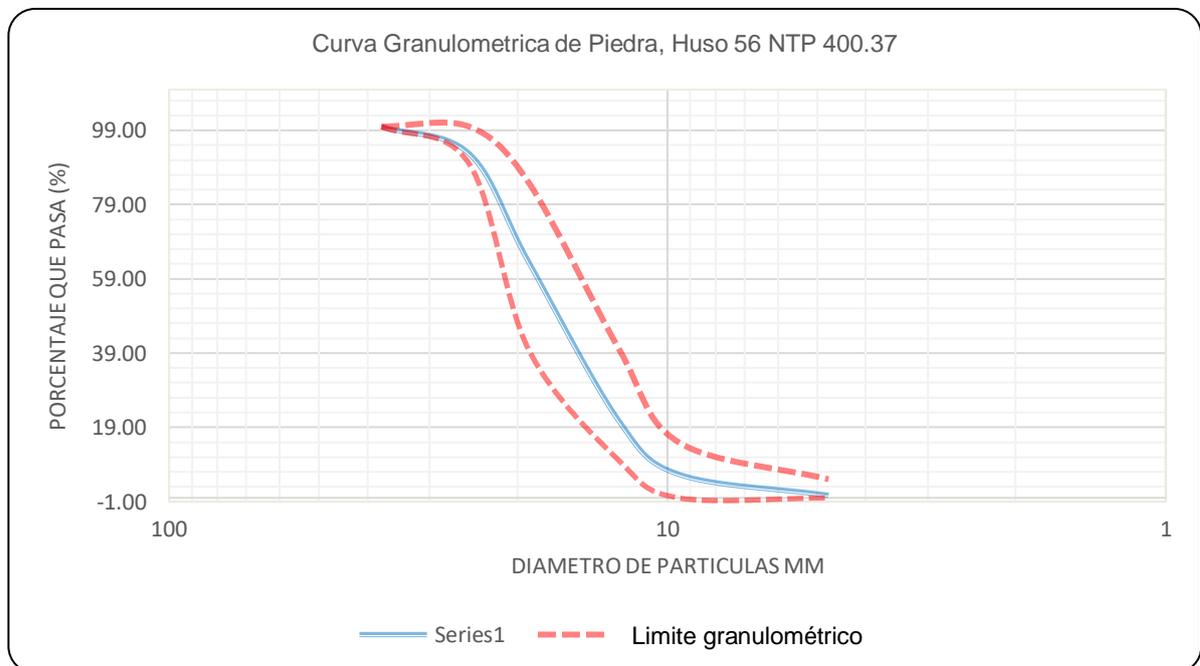
Gráfico N°1 Curva Granulometría agregado Fino



Cuadro N°10 Ensayo de Granulometría agregado Grueso

Tamiz	M - 1 (g)	M - 2 (g)	M - 3 (g)	Peso retenido promedio	%Retenido	%Ret. Acumulado	%Pasa
1 1/2"	0	0	0	0	0		100.00
1"	1060	1171	437.5	889.5	7.26	7.26	92.74
3/4"	3437.5	3628.5	3647.5	3571.2	29.14	36.39	63.61
1/2"	5112.5	5002.5	5678.5	5264.5	42.95	79.35	20.65
3/8"	1865	1538	1848.5	1750.5	14.28	93.63	6.37
N°4	788	559.5	742	696.5	5.68	99.31	0.69
FONDO	99	78.5	75	84.2	0.69	100.00	0.00
TOTAL	12362	11978	12429	12256.3	MF=	7.293	

Gráfico N°2 Curva Granulometría agregado Grueso



Cuadro N°11 Ensayo de Abrasión agregado Grueso

Características Físicas		Muestra (Agregado Grueso)		
		M - 1	M - 2	Promedio
Peso inicial del material	g	4999.5	5005.3	5002.4
Gradacion		Grado A(12)	Grado A(12)	Grado A(12)
Peso material ret. en la malla N°12	g	4365.5	4374.3	4369.9
Peso material pasa la malla N°12	g	634	631	632.5
Abrasion	(%)	12.68	12.61	12.64

Grado 12(A).” Ensayo tipo A, con carga de 12 esferas de acero (NTP 400.019)

ANEXO: ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

Cuadro N°12 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.4

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.4						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm ³ /cm ²)	velocidad de exudacion
10:45	00:00	0	0	0	0	0
10:55	00:10	10	0	0	0	0
11:05	00:20	10	0.5	0.5	0.03979	0.050
11:15	00:30	10	2.3	2.8	0.18303	0.230
11:25	00:40	10	1.4	4.2	0.11141	0.140
11:55	01:10	30	0.2	4.4	0.01592	0.007
12:25	01:40	30	0.1	4.5	0.00796	0.003
12:55	02:10	30	0	4.5	0	0
diametro del recipiente:			20 cm			
Area del recipiente			1256.64 cm ²			
peso del recipiente			180 gr			
peso del concreto			8630 gr			
peso en la tanda			30.81 kg			
cantidad de agua en tanda			4030 mL			
Volumen de agua exudada			4.5 mL			
Exudacion			0.40 %			

Cuadro N°13 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.4 + 2%

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.4 + 2%						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm3/cm2)	velocidad de exudacion
08:07	00:00	0	0	0	0	0
08:17	00:10	10	0	0	0	0
08:27	00:20	10	0	0	0	0
08:37	00:30	10	0	0	0	0
08:47	00:40	10	0	0	0	0
09:17	01:10	30	0.3	0.3	0.02387	0.010
09:47	01:40	30	0	0.3	0	0
diametro del recipiente:			20 cm			
Area del recipiente			1256.64 cm ²			
peso del recipiente			180 gr			
peso del concreto			8630 gr			
peso en la tanda			30.81 kg			
cantidad de agua en tanda			4030 mL			
Volumen de agua exudada			0.3 mL			
Exudacion			0.03 %			

Cuadro N°14 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.4 + 2.5%

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.4 + 2.5%						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm3/cm2)	velocidad de exudacion
13:12	00:00	0	0	0	0	0
13:22	00:10	10	0.3	0.3	0.02387	0.030
13:32	00:20	10	0.5	0.8	0.03979	0.050
13:42	00:30	10	0.7	1.5	0.05570	0.070
13:52	00:40	10	0.8	2.3	0.06366	0.080
14:22	01:10	30	0.3	2.6	0.02387	0.010
14:52	01:40	30	0	2.6	0	0
diametro del recipiente:			20 cm			
Area del recipiente			1256.64 cm2			
peso del recipiente			180 gr			
peso del concreto			8630 gr			
peso en la tanda			30.81 kg			
cantidad de agua en tanda			4030 mL			
Volumen de agua exudada			2.6 mL			
Exudacion			0.23		%	

Cuadro N°15 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.4 + 3%

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.4 + 3%						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm3/cm2)	velocidad de exudacion
12:35	00:00	0	0	0	0	0
12:45	00:10	10	0.4	0.4	0.03183	0.040
12:55	00:20	10	0	0.4	0	0
13:05	00:30	10	0	0.4	0	0
13:15	00:40	10	0	0.4	0	0
13:45	01:10	30	0	0.4	0	0
14:15	01:40	30	0	0.4	0	0
diametro del recipiente:			20 cm			
Area del recipiente			1256.64 cm ²			
peso del recipiente			180 gr			
peso del concreto			8630 gr			
peso en la tanda			30.81 kg			
cantidad de agua en tanda			4030 mL			
Volumen de agua exudada			0.4 mL			
Exudacion			0.04 %			

Cuadro N°16 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.5

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.5						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm3/cm2)	velocidad de exudacion (mL/min)
10:45	00:00	0	0	0	0	0
10:55	00:10	10	0	0	0	0
11:05	00:20	10	1.9	1.9	0.15120	0.190
11:15	00:30	10	2.6	4.5	0.20690	0.260
11:25	00:40	10	1.7	6.2	0.13528	0.170
11:55	01:10	30	0.4	6.6	0.03183	0.013
12:25	01:40	30	0.3	6.9	0.02387	0.010
12:55	02:10	30	0	6.9	0	0
diametro del recipiente:	20		cm			
Area del recipiente	1256.64		cm2			
peso del recipiente	180		gr			
peso del concreto	8630		gr			
peso en la tanda	30.81		kg			
cantidad de agua en tanda	4030		mL			
Volumen de agua exudada	6.9		mL			
Exudacion	0.61		%			

Cuadro N°17 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.5 + 2%

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.5 + 2%						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm³/cm²)	velocidad de exudacion
11:47	00:00	0	0	0	0	0
11:57	00:10	10	2.4	2.4	0	0
12:07	00:20	10	1.9	4.3	0.15120	0.190
12:17	00:30	10	1.8	6.1	0.14324	0.180
12:27	00:40	10	1.6	7.7	0.12732	0.160
12:57	01:10	30	0.8	8.5	0.06366	0.027
13:27	01:40	30	0	8.5	0	0
diametro del recipiente:			20 cm			
Area del recipiente			1256.64 cm ²			
peso del recipiente			180 gr			
peso del concreto			8630 gr			
peso en la tanda			30.81 kg			
cantidad de agua en tanda			4030 mL			
Volumen de agua exudada			8.5 mL			
Exudacion			0.75 %			

Cuadro N°18 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.5 + 2.5%

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.5 + 2.5%						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm3/cm2)	velocidad de exudacion
12:58	00:00	0	0	0	0	0
13:08	00:10	10	0	0	0	0
13:18	00:20	10	0.4	0.4	0.03183	0.040
13:28	00:30	10	0.8	1.2	0.06366	0.080
13:38	00:40	10	2.4	3.6	0.19099	0.240
14:08	01:10	30	8.6	12.2	0.68436	0.287
14:38	01:40	30	2.3	14.5	0.18303	0.077
15:08	02:10	30	3.9	18.4	0.31035	0.130
15:38	02:40	30	2.4	20.8	0.19099	0.080
16:08	03:10	30	1.4	22.2	0.11141	0.047
16:38	03:40	30	0.2	22.4	0.01592	0.007
17:08	04:10	30	0	22.4	0	0
diametro del recipiente:			20	cm		
Area del recipiente			1256.64	cm2		
peso del recipiente			180	gr		
peso del concreto			8630	gr		
peso en la tanda			30.81	kg		
cantidad de agua en tanda			4030	mL		
Volumen de agua exudada			22.4	mL		
Exudacion			1.98	%		

Cuadro N°19 Ensayo de Exudación, concreto a/c=0.5 + 3%

ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO						
relacion a/c = 0.5 + 3%						
hora ensayo (h:m)	tiempo acumulado (h:m)	tiempo parcial (min)	volumne parcial (mL)	Volumne acum. (mL)	agua de exudacion (cm3/cm2)	velocidad de exudacion
13:19	00:00	0	0	0	0	0
13:29	00:10	10	0.2	0.2	0.01592	0.020
13:39	00:20	10	0.9	1.1	0.07162	0.090
13:49	00:30	10	3	4.1	0.23873	0.300
13:59	00:40	10	8.3	12.4	0.66049	0.830
14:29	01:10	30	4.1	16.5	0.32627	0.137
14:59	01:40	30	3.5	20	0.27852	0.117
15:29	02:10	30	1.7	21.7	0.13528	0.057
15:59	02:40	30	0.8	22.5	0.06366	0.027
16:29	03:10	30	0.4	22.9	0.03183	0.013
16:59	03:40	30	0	22.9	0	0
diametro del recipiente:			20 cm			
Area del recipiente			1256.64 cm ²			
peso del recipiente			180 gr			
peso del concreto			8630 gr			
peso en la tanda			30.81 kg			
cantidad de agua en tanda			4030 mL			
Volumen de agua exudada			22.9 mL			
Exudacion			2.03 %			

Cuadro N°20 Ensayo de Tiempo de Fragua, concreto a/c=0.4

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO FRESCO					
relacion a/c = 0.4					
Hora (h:m)	Tiempo (h:m)	Area aguja (pulg²)	Diametro aguja (pulg)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetracion PSI (lib/pulg²)
10:06	00:00	0	0	0	0
13:03	02:57	1	22/39	30	30
14:07	04:01	1	22/39	120	120
14:09	04:03	1/2	2/5	66	132
14:40	04:34	1/4	11/39	72	288
15:21	05:15	1/10	5/28	86	860
16:04	05:58	1/20	1/8	96	1920
17:01	06:55	1/20	1/8	194	3880
17:03	06:57	1/40	5/56	128	5120
17:33	07:27	1/40	5/56	172	6880
tiempo de fragua inicial			04:49		
tiempo de fragua final			06:55		

Cuadro N°21 Ensayo de Tiempo de Fragua, concreto a/c=0.4 +2%

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO FRESCO					
relacion a/c = 0.4 + 2%					
Hora (h:m)	Tiempo (h:m)	Area aguja (pulg²)	Diametro aguja (pulg)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetracion PSI (lib/pulg²)
07:59	00:00	0	0	0	0
10:40	02:41	1	22/39	46	46
11:37	03:38	1/2	2/5	38	76
13:48	05:49	1/4	11/39	66	264
15:00	07:01	1/10	5/28	68	680
16:00	08:01	1/20	1/8	78	1560
17:12	09:13	1/40	5/56	102	4080
17:53	09:54	1/40	5/56	200	8000
tiempo de fragua inicial			06:29		
tiempo de fragua final			09:10		

Cuadro N°22 Ensayo de Tiempo de Fragua, concreto a/c=0.4 +3%

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO FRESCO					
relacion a/c = 0.4 + 3%					
Hora (h:m)	Tiempo (h:m)	Area aguja (pulg2)	Diametro aguja (pulg)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetracion PSI (lib/pulg2)
09:12	00:00	0	0	0	0
11:01	01:49	1	22/39	32	32
11:52	02:40	1	22/39	78	78
13:04	03:52	1/2	2/5	56	112
14:04	04:52	1/2	2/5	74	148
14:06	04:54	1/4	11/39	48	192
15:04	05:52	1/4	11/39	66	264
15:06	05:54	1/10	5/28	32	320
16:07	06:55	1/10	5/28	54	540
16:10	06:58	1/20	1/8	46	920
17:14	08:02	1/40	5/56	39	1560
17:45	08:33	1/40	5/56	64	2560
18:15	09:03	1/40	5/56	90	3600
18:50	09:38	1/40	5/56	129	5160
19:15	10:03	1/40	5/56	156	6240
tiempo de fragua inicial			06:43		
tiempo de fragua final			09:11		

Cuadro N°23 Ensayo de Tiempo de Fragua, concreto a/c=0.5

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO FRESCO					
relacion a/c = 0.5					
Hora (h:m)	Tiempo (h:m)	Area aguja (pulg²)	Diametro aguja (pulg)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetracion PSI (lib/pulg²)
10:10	00:00	0	0	0	0
15:08	04:58	1	22/39	118	118
15:12	05:02	1/2	2/5	64	128
16:01	05:51	1/2	2/5	162	324
16:03	05:53	1/4	11/39	62	248
17:03	06:53	1/10	5/28	80	800
18:06	07:56	1/20	1/8	94	1880
18:50	08:40	1/40	5/56	96	3840
19:50	09:40	1/40	5/56	142	5680
tiempo de fragua inicial			06:20		
tiempo de fragua final			08:45		

Cuadro N°24 Ensayo de Tiempo de Fragua, concreto a/c=0.5 + 2%

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO FRESCO					
relacion a/c = 0.5 + 2%					
Hora (h:m)	Tiempo (h:m)	Area aguja (pulg²)	Diametro aguja (pulg)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetracion PSI (lib/pulg²)
10:05	00:00	0	0	0	0
14:15	04:10	1	22/39	26	26
15:23	05:18	1	22/39	128	128
15:30	05:25	1/2	2/5	50	100
16:32	06:27	1/4	11/39	86	344
17:15	07:10	1/10	5/28	88	880
18:05	08:00	1/20	1/8	82	1640
18:50	08:45	1/40	5/56	62	2480
19:25	09:20	1/40	5/56	108	4320
19:40	09:35	1/40	5/56	144	5760
tiempo de fragua inicial			06:39		
tiempo de fragua final			09:13		

Cuadro N°25 Ensayo de Tiempo de Fragua, concreto a/c=0.5 + 3%

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO FRESCO					
relacion a/c = 0.5 + 3%					
Hora (h:m)	Tiempo (h:m)	Area aguja (pulg²)	Diametro aguja (pulg)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetracion PSI (lib/pulg²)
09:31	00:00	0	0	0	0
16:05	06:34	1	22/39	22	22
17:05	07:34	1	22/39	68	68
17:07	07:36	1/2	2/5	22	44
18:09	08:38	1/4	11/39	30	120
18:52	09:21	1/10	5/28	38	380
19:38	10:07	1/10	5/28	64	640
19:40	10:09	1/20	1/8	46	920
20:05	10:34	1/20	1/8	92	1840
20:10	10:39	1/40	5/56	46	1840
tiempo de fragua inicial			09:42		
tiempo de fragua final			11:00		

Gráfico N°3 Resistencia a la penetración vs Tiempo, a/c =0.4

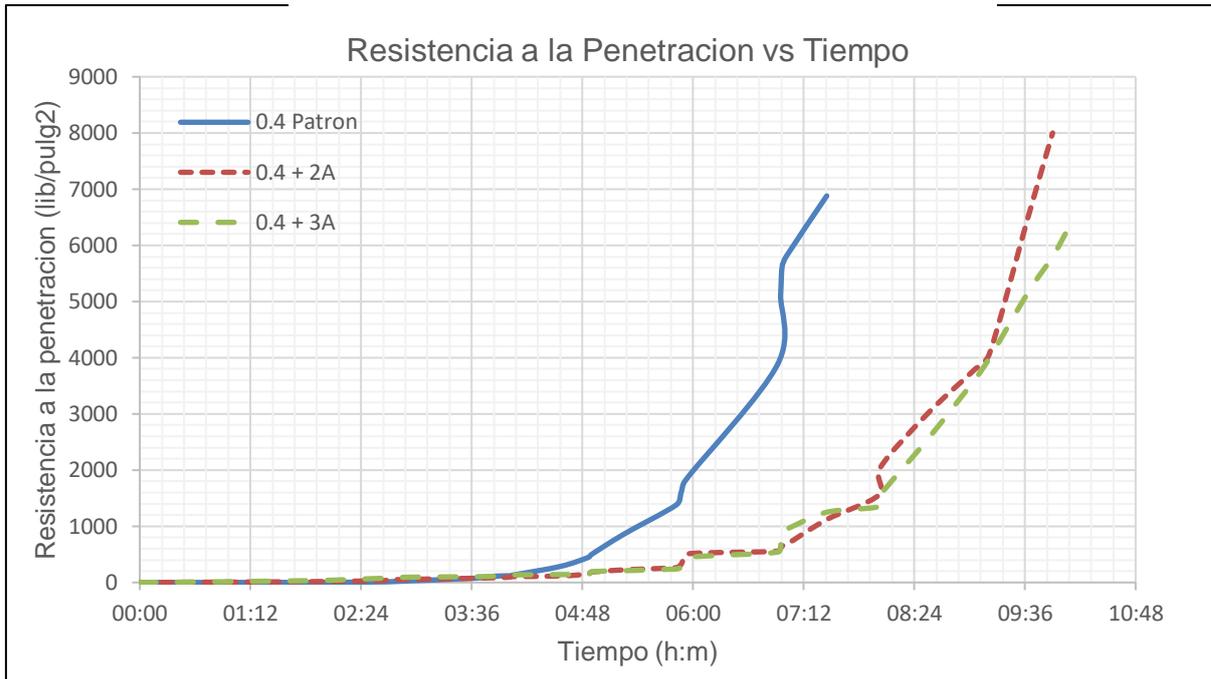
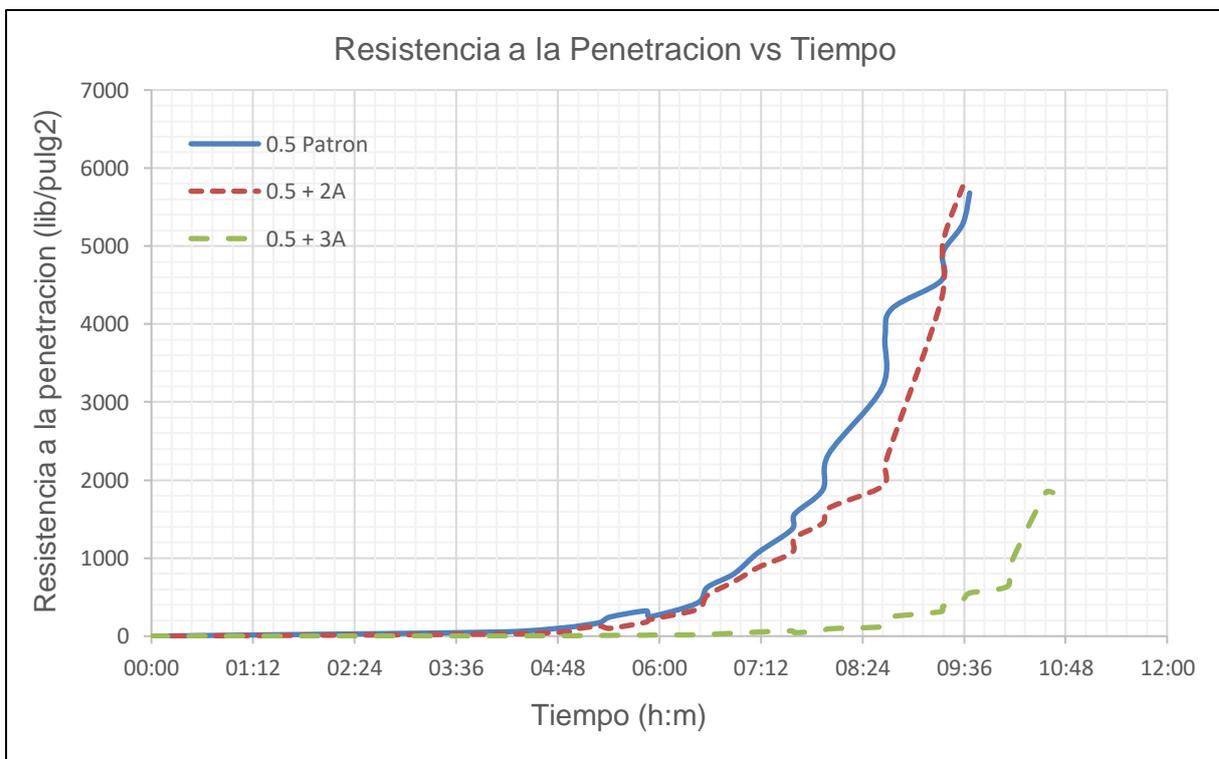


Gráfico N°4 Resistencia a la penetración vs Tiempo, a/c =0.5



Cuadro N°26 Ensayo de Peso Unitario

tipo de concreto	peso (kg) muestra + balde	peso del balde	peso de la muestra	volumen del balde (m3)	peso unitario (Kg/m3)	promedio peso unitario	variacion con respecto al concreto patron
concreto patron a/c=0.4	26.12	4.78	21.34	0.00943894	2260.85	2273.91	100.00
	26.23	4.78	21.45	0.00943894	2272.50		
	26.38	4.78	21.60	0.00943894	2288.39		
a/c=0.4 + 2%	26.06	4.78	21.28	0.00943894	2254.49	2265.79	99.64
	26.14	4.78	21.36	0.00943894	2262.97		
	26.30	4.78	21.52	0.00943894	2279.92		
a/c=0.4 + 2.5%	26.21	4.78	21.43	0.00943894	2270.38	2265.08	99.61
	26.05	4.78	21.27	0.00943894	2253.43		
	26.22	4.78	21.44	0.00943894	2271.44		
a/c=0.4 + 3%	25.94	4.78	21.16	0.00943894	2241.78	2259.79	99.38
	26.10	4.78	21.32	0.00943894	2258.73		
	26.29	4.78	21.51	0.00943894	2278.86		
concreto patron a/c=0.5	26.49	4.78	21.71	0.00943894	2300.05	2317.35	100
	26.65	4.78	21.87	0.00943894	2317.00		
	26.82	4.78	22.04	0.00943894	2335.01		
a/c=0.5 + 2%	26.49	4.78	21.71	0.00943894	2300.05	2313.82	99.85
	26.63	4.78	21.85	0.00943894	2314.88		
	26.74	4.78	21.96	0.00943894	2326.53		
a/c=0.5 + 2.5%	26.42	4.78	21.64	0.00943894	2292.63	2310.99	99.73
	26.61	4.78	21.83	0.00943894	2312.76		
	26.75	4.78	21.97	0.00943894	2327.59		
a/c=0.5 + 3%	26.39	4.78	21.61	0.00943894	2289.45	2302.87	99.38
	26.50	4.78	21.72	0.00943894	2301.11		
	26.66	4.78	21.88	0.00943894	2318.06		

ANEXO: ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

Cuadro N°27 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.4

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4						
Tiempo (dias)	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3636.0	20.15	10.03	22405	283.56	276.26
	3660.5	20.20	10.09	21087	263.72	
	3642.0	20.35	10.06	22126	278.37	
	3671.0	20.20	10.10	22756	284.03	
	3651.5	20.15	10.03	23435	296.60	
	3629.0	20.20	10.05	21005	264.79	
	3648.5	20.20	10.05	20969	264.34	
	3647.0	20.15	10.04	21264	268.59	
	3639.0	20.15	10.05	21829	275.18	
	3629.0	20.20	10.03	21139	267.54	
	3659.5	20.15	10.08	21967	275.27	
	3656.0	20.15	10.06	23304	293.18	
28	3716.3	20.35	10.07	30739	385.96	378.19
	3664.4	20.35	10.05	30153	380.11	
	3737.2	20.30	10.05	30747	387.60	
	3718.8	20.35	10.06	29736	374.11	
	3690.9	20.30	10.04	29204	368.88	
	3712.1	20.30	10.04	29784	376.21	
	3705.9	20.30	10.03	29882	378.20	
	3712.5	20.35	10.06	30029	377.79	
	3671.2	20.35	10.06	29519	371.38	
	3682.2	20.30	10.03	29486	373.18	
	3694.3	20.30	10.05	30031	378.57	
3710.1	20.25	10.07	30769	386.33		

Cuadro N°28 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.4 + 2%

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4 + 2%						
Tiempo	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3730.5	20.55	10.12	21213	263.72	256.66
	3701.0	20.35	10.09	19842	248.15	
	3766.5	20.45	10.13	21113	261.96	
	3742.0	20.45	10.14	20480	253.61	
	3712.0	20.40	10.14	20370	252.24	
	3766.5	20.50	10.10	20464	255.42	
	3717.5	20.35	10.13	21167	262.63	
	3702.0	20.40	10.10	19953	249.04	
	3754.0	20.50	10.13	20312	252.02	
	3730.0	20.35	10.09	20696	258.83	
	3753.5	20.35	10.12	21024	261.38	
	3759.5	20.40	10.12	20983	260.86	
	28	3641.6	20.35	10.05	27675	
3657.2		20.25	10.04	28320	357.71	
3612.7		20.20	10.02	28022	355.36	
3665.2		20.35	10.04	28075	354.62	
3618.5		20.35	10.06	27568	346.83	
3649.2		20.45	10.03	27761	351.35	
3642.2		20.25	10.08	27744	347.66	
3636.5		20.25	10.04	27876	352.11	
3615.4		20.30	10.06	27873	350.67	
3645.3		20.39	10.06	27995	352.20	
3646.2		20.45	10.04	28318	357.69	
3655.6		20.40	10.08	27818	348.59	

Cuadro N°29 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.4 + 2.5%

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4 + 2.5%						
Tiempo (dias)	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3724.5	20.55	10.12	18539	230.48	239.11
	3733.5	20.45	10.12	18407	228.84	
	3738.5	20.35	10.15	19413	239.92	
	3730.0	20.40	10.11	19959	248.63	
	3736.0	20.40	10.13	19390	240.59	
	3733.0	20.35	10.15	20072	248.07	
	3729.0	20.40	10.15	19013	234.98	
	3725.5	20.40	10.13	19991	248.04	
	3737.5	20.50	10.13	19972	247.80	
	3737.5	20.55	10.13	18613	230.94	
	3733.0	20.45	10.12	18487	229.83	
3726.5	20.50	10.11	19363	241.20		
28	3748.8	20.55	10.12	26654	331.37	325.96
	3743.5	20.50	10.13	25557	317.10	
	3733.0	20.55	10.10	26740	333.75	
	3679.3	20.55	10.10	25564	319.08	
	3748.0	20.65	10.11	26020	324.12	
	3735.4	20.55	10.11	26855	334.53	
	3684.7	20.50	10.13	25861	320.88	
	3700.3	20.45	10.15	26333	325.44	
	3712.2	20.50	10.14	26684	330.43	
	3728.5	20.65	10.13	26299	326.31	
	3728.0	20.50	10.10	25857	322.73	
3680.2	20.55	10.10	26098	325.74		

Cuadro N°30 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.4 + 3%

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4 + 3%						
Tiempo	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3610.0	20.25	10.01	17929	227.82	232.66
	3576.0	20.25	10.02	19074	241.89	
	3629.5	20.15	10.04	18215	230.07	
	3596.0	20.05	10.05	18745	236.30	
	3622.0	20.10	10.05	18529	233.58	
	3623.5	20.15	10.09	18351	229.50	
	3609.0	20.15	10.05	18126	228.50	
	3615.0	20.15	10.03	18242	230.88	
	3621.0	20.20	10.09	18331	229.25	
	3609.5	20.15	10.03	18519	234.38	
	3596.0	20.20	10.07	18696	234.75	
	3577.5	20.15	10.02	18532	235.01	
28	3698.5	20.50	10.13	24050	298.40	311.23
	3737.5	20.55	10.11	25587	318.73	
	3779.6	20.60	10.12	25228	313.64	
	3687.1	20.50	10.13	25418	315.38	
	3729.9	20.45	10.15	26034	321.75	
	3755.5	20.40	10.11	23882	297.49	
	3716.5	20.40	10.07	25123	315.44	
	3770.8	20.20	10.09	25078	313.63	
	3700.9	20.20	10.11	25079	312.40	
	3692.1	20.15	10.12	23992	298.27	
	3730.6	20.45	10.07	24822	311.66	
	3740.0	20.30	10.08	25370	317.91	

Cuadro N°31 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.5

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.5						
Tiempo (dias)	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3767.2	20.30	10.05	17685	222.94	222.12
	3749.8	20.25	10.04	18412	232.56	
	3758.0	20.20	10.03	15826	200.30	
	3739.4	20.15	10.05	18335	231.13	
	3784.9	20.20	10.04	18275	230.83	
	3768.5	20.15	10.03	18108	229.18	
	3771.9	20.25	10.03	18160	229.84	
	3747.6	20.30	10.04	16791	212.09	
	3773.2	20.25	10.03	17679	223.75	
	3781.1	20.15	10.05	16963	213.83	
	3758.3	20.20	10.03	17105	216.49	
	3776.8	20.20	10.05	17650	222.50	
28	3771.2	20.35	10.06	21827	274.61	271.21
	3765.9	20.35	10.07	22186	278.57	
	3799.1	20.45	10.03	21980	278.19	
	3765.4	20.40	10.06	21219	266.95	
	3771.0	20.45	10.01	20830	264.69	
	3751.3	20.40	10.02	21018	266.54	
	3770.5	20.35	10.02	21310	270.25	
	3769.4	20.40	10.05	21366	269.34	
	3770.4	20.15	10.04	21892	276.52	
	3767.0	20.35	10.01	20916	265.78	
	3766.6	20.40	10.05	21100	265.99	
	3768.7	20.20	10.07	22072	277.14	

Cuadro N°32 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.5 + 2%

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.5 + 2%						
Tiempo	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3856.4	20.35	10.12	19937	247.86	238.82
	3859.9	20.40	10.09	18620	232.87	
	3820.4	20.45	10.10	18699	233.39	
	3866.6	20.40	10.10	19273	240.56	
	3847.6	20.40	10.13	18959	235.24	
	3859.2	20.40	10.10	18658	232.88	
	3840.1	20.35	10.12	18886	234.79	
	3852.6	20.45	10.09	19035	238.06	
	3837.6	20.40	10.13	19620	243.44	
	3827.1	20.40	10.14	19583	242.50	
	3836.3	20.35	10.09	19109	238.98	
	3821.3	20.40	10.14	19803	245.23	
28	3737.1	20.40	10.02	21489	272.51	264.47
	3712.6	20.35	10.03	18697	269.64	
	3722.6	20.45	10.04	20694	261.39	
	3732.2	20.40	10.01	21316	270.86	
	3711.5	20.40	10.02	20289	257.30	
	3720.1	20.40	10.02	19638	259.04	
	3729.4	20.35	10.06	20632	259.57	
	3731.1	20.45	10.05	20823	262.50	
	3711.9	20.40	10.03	20913	264.68	
	3723.5	20.40	10.04	20428	258.03	
	3712.6	20.40	10.06	21205	266.78	
	3725.6	20.40	10.04	21485	271.38	

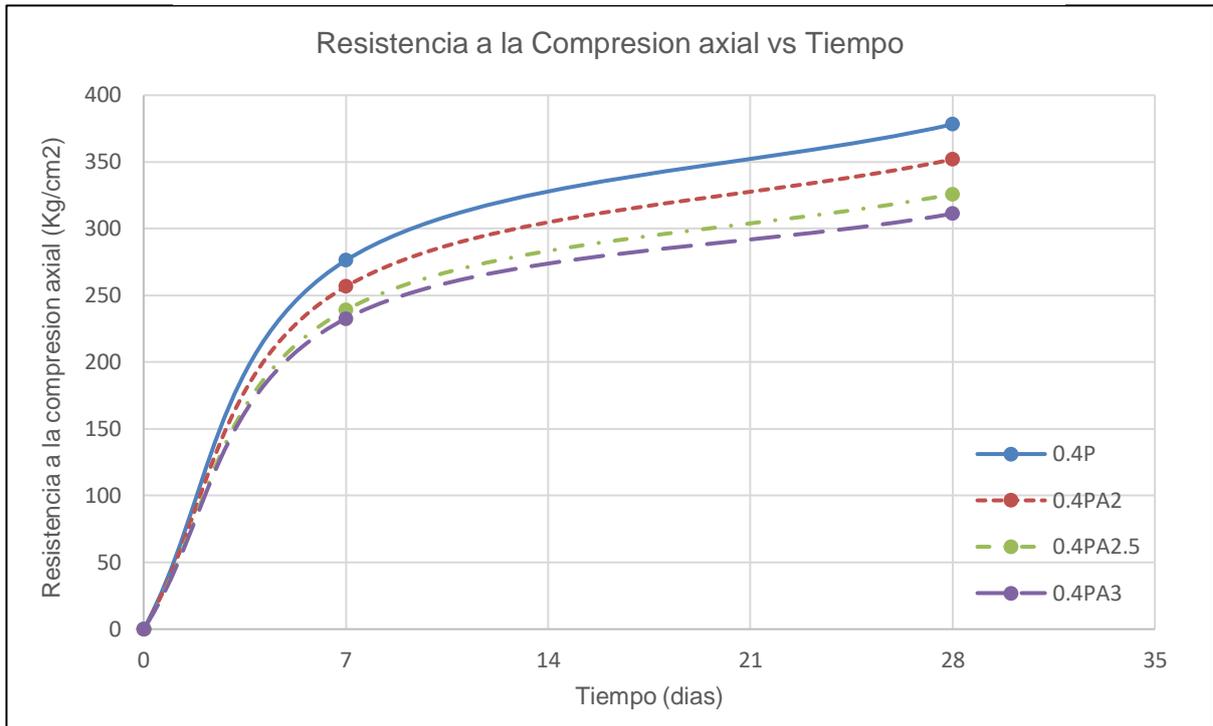
Cuadro N°33 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.5 + 2.5%

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.5 + 2.5%						
Tiempo (días)	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3815.2	20.35	10.11	17577	218.95	211.56
	3806.4	20.35	10.10	16657	207.90	
	3850.7	20.40	10.14	17428	215.81	
	3814.5	20.35	10.11	16606	206.86	
	3835.9	20.40	10.12	17175	213.52	
	3815.0	20.35	10.11	16616	206.98	
	3836.0	20.30	10.14	16879	209.01	
	3839.3	20.30	10.09	17223	215.40	
	3836.8	20.40	10.08	17086	214.11	
	3812.8	20.30	10.13	16990	210.81	
	3829.9	20.35	10.11	16798	209.25	
	3828.7	20.30	10.08	16766	210.10	
28	3837.0	10.60	10.09	19453	243.29	241.12
	3758.5	20.55	10.11	19124	238.23	
	3828.3	20.60	10.08	19129	239.71	
	3839.0	20.65	10.09	19589	244.98	
	3818.0	20.65	10.09	19637	245.59	
	3816.0	20.58	10.10	19274	240.57	
	3830.3	20.39	10.10	19249	240.26	
	3775.3	20.43	10.13	19427	241.04	
	3823.0	20.37	10.13	19367	240.30	
	3801.9	20.60	10.09	19090	238.74	
	3829.1	20.30	10.12	19372	240.84	
	3785.9	20.41	10.11	19255	239.85	

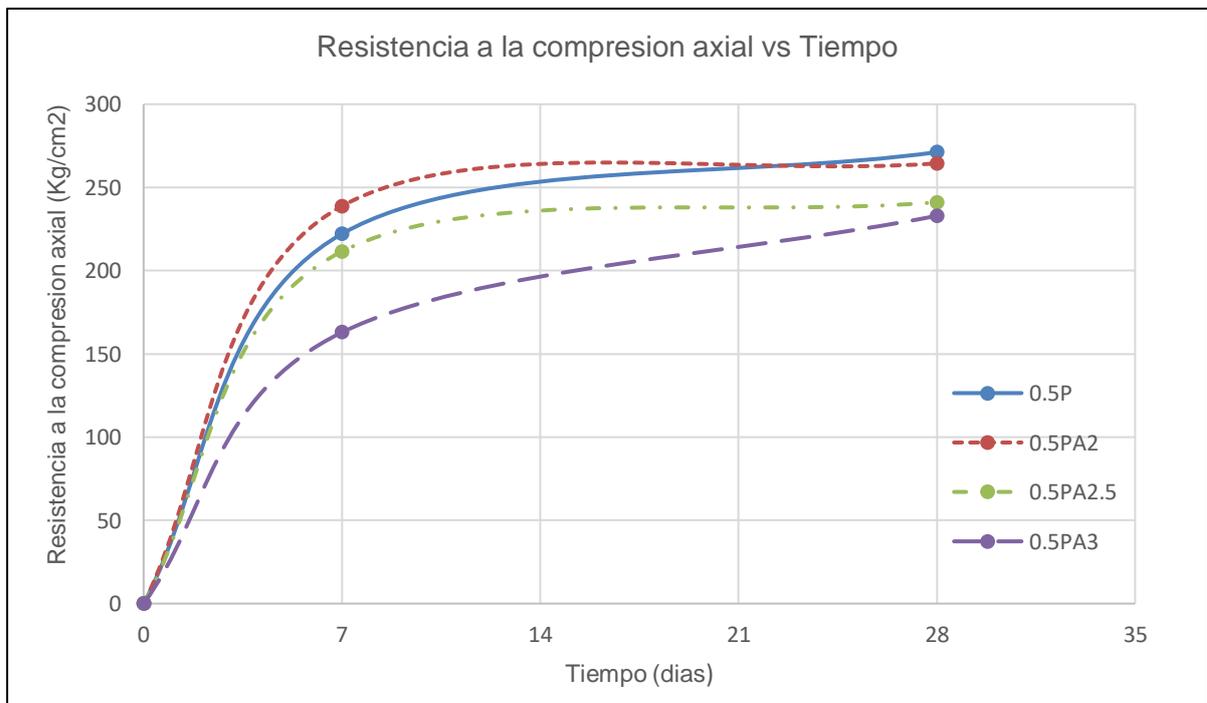
Cuadro N°34 Ensayo de Resistencia a la compresión, concreto a/c=0.5 + 3%

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.5 + 3%						
Tiempo (dias)	Peso (g)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga (Kg)	F'c (Kg/cm2)	Promedio F'c
7	3655.4	20.30	10.03	13014	164.71	162.95
	3649.5	20.15	10.03	12827	162.34	
	3700.8	20.35	10.04	12039	152.07	
	3609.9	20.35	10.01	13699	174.07	
	3701.4	20.20	10.03	13171	166.70	
	3710.0	20.20	10.03	12899	163.25	
	3644.5	20.25	10.02	12843	162.87	
	3698.1	20.15	10.03	12427	157.28	
	3656.2	20.20	10.02	13464	170.75	
	3632.8	20.30	10.02	12453	157.93	
	3615.5	20.20	10.04	12966	163.77	
	3666.4	20.25	10.01	12564	159.65	
28	3787.0	20.45	10.08	18802	235.61	232.97
	3843.4	20.50	10.10	18745	233.96	
	3880.0	20.55	10.14	19400	240.23	
	3813.2	20.65	10.08	17965	225.12	
	3796.3	20.55	10.09	17953	224.53	
	3802.0	20.55	10.07	18817	236.26	
	3852.9	20.25	10.07	18408	231.13	
	3848.9	20.45	10.10	19200	239.65	
	3798.5	20.55	10.05	17984	226.71	
	3797.2	20.45	10.04	18839	237.96	
	3830.2	20.20	10.10	19128	238.75	
	3829.2	20.35	10.02	17795	225.67	

Grafica N°5 Resistencia a la compresión vs Tiempo, concreto patrón a/c=0.4



Grafica N°6 Resistencia a la compresión vs Tiempo, concreto patrón a/c=0.5



Cuadro N°35 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.4

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.4							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3455.3	3609.2	3589.5	1981.5	4.45	8.35	4.82	8.92
3425.2	3593.6	3574.3	1979.9	4.92	9.35		
3391.7	3579.7	3558.4	1963.1	5.54	10.45		
3418.6	3589.5	3568.4	1974.5	5.00	9.40		
3450.45	3598.6	3565.17	1963.39	4.29	7.16		
3446.64	3597.41	3573.15	1965.57	4.37	7.87		
3403.67	3578.43	3560.07	1976.31	5.13	9.88		

Cuadro N°36 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.4 + 2%

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.4 +2%							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3305.6	3639.5	3609.5	1981.5	10.10	18.67	9.75	18.11
3323.8	3642.5	3608.5	1979.9	9.59	17.48		
3389.4	3693.4	3662.9	2006.7	8.97	16.51		
3369.0	3683.1	3652.3	1990.8	9.32	17.05		
3312.6	3649.0	3633.8	1987.0	10.16	19.50		
3307.4	3665.1	3639.1	2005.3	10.81	20.30		
3365.2	3678.1	3653.5	1983.8	9.30	17.27		

Cuadro N°37 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.4 + 2.5%

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.4 +2.5%							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3481.8	3716.7	3656.8	2002.1	6.75	10.58	6.69	10.56
3514.1	3748.8	3686.7	2030.7	6.68	10.42		
3507.7	3744.2	3685.9	2034.5	6.74	10.79		
3468.2	3712.5	3655.0	2004.8	7.04	11.32		
3512.7	3729.6	3655.2	2021.3	6.18	8.72		
3483.8	3716.7	3682.6	2010.1	6.69	11.89		
3496.4	3732.6	3665.6	2006.1	6.75	10.20		

Cuadro N°38 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.4 + 3%

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.4 + 3%							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3507.0	3713.8	3657.2	2006.8	5.90	9.10	6.13	9.40
3449.0	3659.9	3615.7	1962.1	6.11	10.08		
3537.2	3724.6	3696.0	2052.5	5.30	9.66		
3531.4	3745.5	3687.0	2074.8	6.06	9.65		
3549.4	3765.4	3693.7	2003.6	6.09	8.54		
3473.7	3727.2	3636.0	2001.6	7.30	9.93		
3542.8	3761.6	3687.5	2043.9	6.18	8.81		

Cuadro N°39 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.5

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.5							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3553.1	3724.5	3704.8	2106.4	4.82	9.49	4.95	9.54
3508.4	3683.5	3662.5	2064.4	4.99	9.64		
3519.3	3701.5	3677.3	2079.9	5.18	9.89		
3505.2	3681.5	3658.1	2060.0	5.03	9.57		
3527.9	3701.8	3667.0	2096.9	4.93	8.86		
3529.8	3702.5	3679.6	2066.3	4.89	9.29		
3513.4	3682.6	3671.0	2103.8	4.82	10.1		

Cuadro N°40 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.5 + 2%

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.5 + 2%							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3492.8	3792	3697.7	2033.4	8.57	12.31	8.56	12.47
3452.4	3747.6	3659.1	2018.4	8.55	12.60		
3454.5	3749.6	3658.9	2014.9	8.54	12.43		
3456.2	3746.6	3667.6	2025.4	8.40	12.87		
3484.8	3781.4	3693.8	2014.9	8.51	12.45		
3483.6	3789.5	3684.3	2027.0	8.78	12.11		
3476.9	3774.5	3685.8	2015.0	8.56	12.50		

Cuadro N°41 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.5 + 2.5%

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.5 + 2.5%							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3541.8	3762.0	3741.3	2097.1	6.22	12.13	6.35	12.41
3542.1	3765.2	3745.8	2090.0	6.30	12.30		
3547.3	3769.4	3750.0	2080.7	6.26	12.14		
3546.5	3764.6	3749.1	2087.8	6.15	12.20		
3534.4	3758.0	3735.7	2088.7	6.33	12.22		
3523.3	3758.6	3743.5	2098.8	6.68	13.39		
3532.4	3763.5	3739.8	2083.6	6.54	12.52		

Cuadro N°42 Ensayo de Absorción, concreto a/c=0.5 + 3%

ENSAYO DE ABSORCION DEL CONCRETO							
relacion a/c = 0.5 + 3%							
Masa seca al horno (A) (g)	masa saturada despues de inmersion al agua (B) (g)	masa saturada despues de ebullicion en agua (C) (g)	masa sumergida aparente (D) (g)	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100	Volumen de Vacios (%) (C-A)/(C-D)*100	Absorcion promedio (%)	Volumen de vacios promedio (%)
3460.2	3656.4	3623.3	2031.9	5.67	10.25	5.60	10.37
3474.7	3668.1	3639.6	2046.8	5.57	10.35		
3456.5	3655.1	3625.5	2039.3	5.75	10.65		
3491.1	3679.3	3653.4	2059.8	5.39	10.18		
3465.6	3668.4	3636.9	2032.2	5.85	10.68		
3482.7	3674.6	3646.7	2038.3	5.51	10.19		
3483.9	3674.4	3647.5	2052.5	5.47	10.26		

Cuadro N°43 Ensayo del Módulo Elástico Estático, concreto a/c=0.4

ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	lectura 1 x10⁻⁴ in	lectura 2 x10⁻⁴ in	lectura 3 x10⁻⁴ in	lectura Promedio x10⁻⁴ in	Deformacion Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.25	6	5	4	5.00	2.10
6000	32.51	15	14	14	14.33	6.03
9000	48.76	24	24	23	23.67	9.95
12000	65.01	32	25	33	30.00	12.62
15000	81.27	42	43	43	42.67	17.94
18000	97.52	53	52	54	53.00	22.29
21000	113.77	64	65	65	64.67	27.19
24000	130.03	75	75	75	75.00	31.54
27000	146.28	89	87	87	87.67	36.87
Edad probeta	28 dias		E=(S2-S1)/(e2-e1)			
Peso probeta	12440 g	S2		143.27 kg/cm2		
Diametro probeto	15.33 cm	S1		28.25 kg/cm2		
Area probeta	184.58 cm2	e2		0.00036 cm/cm		
Carga Maxima	66111.3 kg	e1		0.00005 cm/cm		
Esfuerzo Rotura	358.18 kg/cm2	E		372472.66 kg/cm2		

Cuadro N°44 Ensayo del Módulo Elástico Estático, concreto a/c=0.4 + 2%

ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4 + 2 %						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	lectura 1 x10⁻⁴ in	lectura 2 x10⁻⁴ in	lectura 3 x10⁻⁴ in	lectura Promedio x10⁻⁴ in	Deformacion Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.25	2	5	2	3.00	1.26
6000	32.51	9	14	8	10.33	4.35
9000	48.76	17	24	19	20.00	8.41
12000	65.01	26	25	30	27.00	11.35
15000	81.27	37	43	41	40.33	16.96
18000	97.52	48	52	51	50.33	21.17
21000	113.77	58	65	62	61.67	25.93
25000	135.45	69	75	73	72.33	30.42
Edad probeta	28 dias				E=(S2-S1)/(e2-e1)	
Peso probeta	12470 g			S2	134.32 kg/cm2	
Diametro probeto	15.32 cm			S1	35.12 kg/cm2	
Area probeta	184.34 cm2			e2	0.00030 cm/cm	
Carga Maxima	61898.6 kg			e1	0.00005 cm/cm	
Esfuerzo Rotura	335.79 kg/cm2			E	393862.45 kg/cm2	

Cuadro N°45 Ensayo del Módulo Elástico Estático, concreto a/c=0.4 + 2.5%

ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4 +2.5 %						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	lectura 1 x10⁻⁴ in	lectura 2 x10⁻⁴ in	lectura 3 x10⁻⁴ in	lectura Promedio x10⁻⁴ in	Deformacion Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.25	5	3	3	3.67	1.54
6000	32.51	15	10	12	12.33	5.19
9000	48.76	24	20	20	21.33	8.97
12000	65.01	34	29	30	31.00	13.04
15000	81.27	42	39	40	40.33	16.96
18000	97.52	53	49	50	50.67	21.31
21000	113.77	64	59	59	60.67	25.51
24000	130.03	73	69	70	70.67	29.72
Edad probeta	28 dias				E=(S2-S1)/(e2-e1)	
Peso probeta	12430 g			S2	126.91	kg/cm2
Diametro probeto	15.3 cm			S1	31.68	kg/cm2
Area probeta	183.85 cm2			e2	0.00029	cm/cm
Carga Maxima	58332.1 kg			e1	0.00005	cm/cm
Esfuerzo Rotura	317.27 kg/cm2			E	398292.99	kg/cm2

Cuadro N°46 Ensayo del Módulo Elástico Estático, concreto a/c=0.4 + 3%

ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.4 +3 %						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	lectura 1 x10⁻⁴ in	lectura 2 x10⁻⁴ in	lectura 3 x10⁻⁴ in	lectura Promedio x10⁻⁴ in	Deformacion Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.25	7	6	4	5.67	2.38
6000	32.51	16	15	16	15.67	6.59
9000	48.76	28	26	26	26.67	11.21
12000	65.01	38	36	37	37.00	15.56
15000	81.27	49	48	49	48.67	20.47
18000	97.52	60	60	59	59.67	25.09
21000	113.77	75	71	72	72.67	30.56
24000	130.03	84	83	84	83.67	35.18
Edad probeta	28 dias				E=(S2-S1)/(e2-e1)	
Peso probeta	12410 g			S2	127.14	kg/cm2
Diametro probeto	15.3 cm			S1	26.37	kg/cm2
Area probeta	183.85 cm2			e2	0.00034	cm/cm
Carga Maxima	58440 kg			e1	0.00005	cm/cm
Esfuerzo Rotura	317.86 kg/cm2			E	343199.94	kg/cm2

Cuadro N°47 Ensayo del Módulo Elástico Estático, concreto a/c=0.5

ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.5						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	lectura 1 x10⁻⁴ in	lectura 2 x10⁻⁴ in	lectura 3 x10⁻⁴ in	lectura Promedio x10⁻⁴ in	Deformacion Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.25	5	5	4	4.67	1.96
6000	32.51	12	12	12	12.00	5.05
9000	48.76	20	21	20	20.33	8.55
12000	65.01	28	29	29	28.67	12.06
15000	81.27	37	37	37	37.00	15.56
18000	97.52	44	46	44	44.67	18.78
20000	108.36	51	52	51	51.33	21.59
Edad probeta	28 dias				E=(S2-S1)/(e2-e1)	
Peso probeta	12960 g			S2	108.11	kg/cm2
Diametro probeto	15.32 cm			S1	32.26	kg/cm2
Area probeta	184.34 cm2			e2	0.00022	cm/cm
Carga Maxima	49820.29 kg			e1	0.00005	cm/cm
Esfuerzo Rotura	270.27 kg/cm2			E	459031.59	kg/cm2

Cuadro N°48 Ensayo del Módulo Elástico Estático, concreto a/c=0.5 + 2%

ENSAYO DEL MODULO ELASTICO ESTATICO DEL CONCRETO						
relacion a/c = 0.5 + 2%						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm2)	lectura 1 x10⁻⁴ in	lectura 2 x10⁻⁴ in	lectura 3 x10⁻⁴ in	lectura Promedio x10⁻⁴ in	Deformacion Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.25	5	4	5	4.67	1.96
6000	32.51	12	12	16	13.33	5.61
9000	48.76	21	21	22	21.33	8.97
12000	65.01	30	30	30	30.00	12.62
15000	81.27	39	37	40	38.67	16.26
18000	97.52	48	46	49	47.67	20.05
19000	102.94	53	49	53	51.67	21.73
Edad probeta	28 dias				E=(S2-S1)/(e2-e1)	
Peso probeta	12790 g			S2	101.99 kg/cm2	
Diametro probeto	15.3 cm			S1	29.80 kg/cm2	
Area probeta	183.85 cm2			e2	0.00021 cm/cm	
Carga Maxima	46879.16 kg			e1	0.00005 cm/cm	
Esfuerzo Rotura	254.98 kg/cm2			E	439300.81 kg/cm2	

ANEXOS: FOTOS DEL PROCESO EN EL LABORATORIO



Figura N°1 Materiales utilizadas en la investigación



Figura N°2 Ensayo de PUS y PUC, agregado fino.



Figura N°3 Ensayo de PUS y PUC, agregado grueso.



Figura N°4 Realización del concreto.



Figura N°5 Realización del ensayo slump.



Figura N°6 Peso unitario del concreto.



Figura N°7 Ensayo de Contenido de aire.



Figura N°8 Ensayo de Tiempo de fragua.



Figura N°9 Ensayo de Exudación



Figura N°10 Probetas cilíndricas de 4" x 8" y 8" x 16"



Figura N°11 Pesado de las probetas.



Figura N°12 Ensayo de Compresión axial.



Figura N°13 Ensayo del Modulo Elástico Estático.



Figura N°14 Ensayo del Módulo Elástico Estático.



Figura N°15 Cálculo de la masa saturada después de ebullición del agua.



Figura N°16 Cálculo de la masa sumergida aparente.





**CEMENTO
ULTRA
RESISTENTE**
CON MICROFILLER CALIZO
TIPO IC_o

FICHA TÉCNICA

CEMENTO DE USO GENERAL

Brinda ventajas y propiedades únicas para su utilización en obras de concreto estructural, edificios, industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas y cualquier uso o elemento de concreto. Es compatible con agregados convencionales y aditivos que dosificados apropiadamente proporciona a la mezcla fresca la trabajabilidad, fluidez y plasticidad que la obra requiere.



CARACTERÍSTICAS

El Cemento INKA Ultra Resistente posee moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, además de baja reactividad con agregados álcali-reactivos, cumpliendo las normas técnicas NTP 334.090 y la ASTM C-595 satisfaciendo cualquier necesidad de la construcción. Sus adición de microfiller calizo, complementado con una molienda extrafina, mejoran las propiedades físicas del cemento, obteniendo una mezcla con menos porosidades, más compacta y una masa más adherible. Es un cemento que se acondiciona a todos los climas del Perú.

PROPIEDADES

ALTAS RESISTENCIAS EN EL TIEMPO	MODERADO CALOR DE HIDRATACIÓN	MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS	MAYOR TRABAJABILIDAD E IMPERMEABILIDAD
La molienda extrafina y una excelente distribución granulométrica de las partículas generan altas resistencias iniciales y a largo plazo.	Ideal para obras masivas de concreto, evitando fisuras de origen térmico, principalmente en estructuras de gran volumen.	Su bajo contenido de álcalis y de C3A lo hacen ideal para su uso en ambientes agresivos.	Su plasticidad y la molienda extrafina generan mejor acabado y disminuyen el ingreso de agentes externos al interior del concreto.

CONFORME A NORMAS TÉCNICAS: NTP 334.090 / ASTM C-595



**CEMENTO
ULTRA
RESISTENTE**
CON MICROFILLER CALIZO
TIPO ICo



CUIDAMOS
NUESTRO
MEDIO
AMBIENTE

DESCRIPCIÓN	CEMENTO INKA TIPO ICo	Tipo I NTP. 334.008 ASTM C-150	Tipo ICo NTP. 334.090 ASTM C-595
Contenido de Aire, máx %	6	12 máx	12 máx
Superficie Específica (cm ² /g)	5800	2600 mín	
Expansión en Autoclave, máx %	0.10	0,80 máx	0,80 máx
Resistencia a la Compresión, Kg/cm ²			
1 día	130		
3 días	240	122 mín	133 mín
7 días	320	194 mín	204 mín
28 días	420	286 mín	255 mín
Tiempo de Fraguado Vicat, minutos			
Inicial	130	45 mín	45 mín
Final	380	375 máx	420 máx
Calor de Hidratación, Kcal/kg			
7 días	67		70 mín
28 días	77		80 máx
Resistencia a los Sulfatos, %			
14 días	0.01		0.02 máx
Álcalis Totales (Na ₂ O-0.658K ₂ O) %	0.40	0.60 máx	0.60 máx



RESISTENCIAS
Cemento INKA Ultra Resistente*
vs. Cemento Portland Tipo I**



* Resistencias mínimas garantizadas **NPT 334-008 y ASTM C-150

CEMENTO INKA ULTRA RESISTENTE **PORTLAND TIPO I**



www.cementosinka.com.pe

Síguenos en:

PÍDELO EN LA RED INKA
SOLICITA MAYOR INFORMACIÓN
CALIZA CEMENTO INCA S.A.
TEL: (01)5000600 ANEXO:125
ENTEL: 946528340
SUB LOTE 2C CAJAMARQUILLA
LURIGANCHO - CHOSICA, LIMA.

CONFORME A NORMAS TÉCNICAS: NTP 334.090 / ASTM C-595

CALIZA CEMENTO INKA S.A.
Sub lote 20 Cajamarquilla.
Lurigancho, Chosica (Lima 16 - Perú)
www.cementosinca.com.pe

T. 500-0-600
Fax Anexo 125

DCC-XXXX-2016



CEMENTOS INKA

CERTIFICADO DE CALIDAD CEMENTO PORTLAND TIPO IC_o Conforme a la NTP 334.090

LIMA, FEBRERO DEL 2016

01. PROPIEDADES FISICAS:

Densidad Le Chatelier	:	3.08 gr/cm ³
Contenido de aire mortero	:	6.10 % Vol
Finura Blaine	:	5,100 cm ² /gr
Expansión Autoclave	:	0.080 %
Resistencia a la Compresión		
1 día	:	138 kgf/cm ²
3 días	:	242 kgf/cm ²
7 días	:	280 kgf/cm ²
28 días	:	390 kgf/cm ²
Tiempo de Fraguado Vicat		
Inicial	:	125 minutos
Final	:	395 minutos
Calor de Hidratación		
7 días	:	58 Kcal/kg
28 días	:	67 Kcal/kg
Resistencia a los Sulfatos, 14 días	:	0.003 %

02. COMPOSICION QUIMICA:

Óxido de Magnesio	:	1.65 %
Trióxido de Azufre (SO ₃)	:	3.12 %
Alcalis Totales	:	0.60 %

ING. WALDIR LOZANO VASQUEZ
Controller de Calidad

Solicitado por : SODIMAC PERU S.A.

BUILDING TRUST


HOJA TÉCNICA

Sika® Cem Impermeable

Impermeabilizante Integral para Mezclas de Concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	<p>Sika® Cem Impermeable es un aditivo impermeabilizante líquido especialmente indicado para concreto y mortero. Es libre de cloruros y actúa como bloqueador de poros.</p> <p>USOS</p> <p>Sika® Cem Impermeable está particularmente indicado para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparar concreto impermeable en: cimentaciones, sótanos, tanques de agua, cisternas, piscinas, muros, jardineras, etc. <p>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</p> <p>Sika® Cem Impermeable tiene las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gran acción impermeabilizante. ▪ Disminuye la porosidad del concreto y mortero. ▪ Concretos y morteros más resistentes y durables. ▪ Fácil aplicación.
NORMAS	<p>ESTÁNDARES</p> <p>Sika® Cem Impermeable cumple con la norma EN 12390 Anexo 8.</p>
DATOS BÁSICOS	
FORMA	<p>COLORES</p> <p>Blanco</p> <p>PRESENTACIÓN</p> <p>Envase PET x 4 L Balde x 20 L</p>
ALMACENAMIENTO	<p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</p> <p>Un año en sitio fresco y bajo techo en su envase original y bien cerrado.</p>
DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD</p> <p>1,02 +/- 0,02 Kg/L</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED</p> <p>Sika® Cem Impermeable cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.</p> <p>Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)</p>

Hoja Técnica
Sika® Cem Impermeable
22.01.15, Edición 3

1/3

INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>Sika® Cem Impermeable se entrega listo para usar. La dosis puede variar entre 400 mL y 1,200 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg; la dosis habitual es 1 Litro por bolsa de cemento de 42.5 Kg.</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MODO DE EMPLEO</p> <p>Sika® Cem Impermeable viene listo para usarse, agregándose al agua de mezcla.</p> <p>PRECAUCIONES</p> <p>Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.</p>
BASES	<p>Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.</p>
RESTRICCIONES LOCALES	<p>Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.</p>
INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE	<p>Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.</p>
NOTAS LEGALES	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de las Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p>
<p>"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 2 la misma que deberá ser destruida"</p>	
<p>Hoja Técnica Sika® Cem Impermeable 22.01.15, Edición 3</p> <p>2/3</p>	<p>BUILDING TRUST</p> 

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Cem Impermeable :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
waterproofing
Centro Industrial "Las Praderas"
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 3 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Cem Impermeable
22.01.15, Edición 3

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
HS, Departamento Técnico
Tel: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



CONSTANCIA

LA JEFA DEL LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, deja constancia que:

El Sr. **Victor Alexander Nonajulea Reto**, Alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, solicitó al Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales permiso para la realización de ensayos, estudio de agregados, Tiempo de fraguado y exudación del concreto, Ensayo de módulo de elasticidad, ensayo de resistencia a la compresión y absorción de muestras cilíndricas de concreto en el marco de la Investigación "ESTUDIO DEL CONCRETO CON EL CEMENTO PORTLAND TIPO ICO Y ADITIVO IMPERBEABLE", con fines de tesis.

Se le brindo las facilidades del caso para la realización de dichos ensayos a partir de la fecha del 23 de Enero del 2019 hasta el 26 de Junio del 2019.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Lima, 02 de Septiembre del 2019



MSc. Ing. ISABEL MOROMI NAKATA
Jefe (e) de Laboratorio

UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI

