

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"GRADO DE PRESENCIA DEL SULFATO CON LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO, EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2016
- 2017"

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOHNSTON DIRCEU GRANADOS PALMADERA

Aesor: MG. VICTOR RAÚL VILLEGAS ZAMORA

Huaraz – Perú
2017

DEDICATORIA

Al señor de la Soledad, a mis padres y hermano por tenerlos, a toda mi familia con sumo cariño por el respaldo y el apoyo desinteresado en todas las circunstancias que la vida me haya puesto.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a quienes me animaron, me enseñaron, me acogieron, a mis compañeros, quienes me ayudaron a comprender y tolerara mis exigencias, a los docentes por haberme forjado en el sendero correcto de la vida profesional, a mis padres por haber puesto su confianza, afecto y apoyo en todos los momentos de mi vida Universitaria, y me hicieron importante que sin ellos hoy no habría logrado este honor gratificante.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE	4
RESUMEN	6
ABSTRAC.....	8
INTRODUCCION.....	9
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2.1. Problema general.....	11
1.2.2. Problema específico.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN	12
1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES	15
1.4.1. HIPÓTESIS.....	15
1.4.2. VARIABLE.....	16
1.4.2.1. Variable Independiente.....	16
1.4.2.2. Variable Dependiente	16
1.5. DEFINICIÓN DE TERMINOS.....	16
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6.1. Objetivo General	19
1.6.2. Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20

2.2.	BASES TEÓRICAS.....	23
CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN		47
3.1.	PERSPECTIVA DE LA METODOLOGÍA Y EL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.1.1.	Perspectiva Metodológica	47
3.1.2.	Tipo de investigación.....	47
3.2.	CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.3.	MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS	49
3.3.1.	Métodos.....	49
3.3.2.	Recursos empleados.....	49
3.4.	INSTRUMENTOS DE LA IMVESTIGACION.....	50
3.5.	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	51
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		85
4.1.	RESULTADOS.....	85
4.2.	DISCUSION.....	98
4.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	106
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES.....		110
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....		111

RESUMEN

Actualmente en la ciudad de Huaraz se desconoce la influencia de los sulfatos en la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento portland tipo I y agregados de la cantera de Tacllán.

La presente investigación está orientada a determinar la influencia entre los grados de presencia del sulfato en resistencia a la compresión del concreto.

El desarrollo de la investigación se inicia con la obtención de los agregados de la cantera de Tacllán, de los cuales se determinaron en laboratorio sus características físicas, luego se realizaron los diseños de concreto para resistencias a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ como $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, empleando el método de Instituto Americano del Concreto (ACI).

Con los diseños respectivos se elaboraron briquetas de concreto de dimensiones: diámetro de 15 cm por altura de 30 cm, las cuales fueron curadas con agua por inmersión en periodos de 5, 12, 19 y 26 días, y sometidas a ensayos a la compresión en la maquina uniaxial simple a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente, obteniéndose las resistencias del concreto normal. Las briquetas no sometidas a ensayo, fueron sometidas a grados de exposición al sulfato de 50% y 100% por un periodo de 30 días para cada grado, transcurrido el cual fueron ensayadas a la compresión.

Se reporta: para concretos con diseños para resistencias a la compresión de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, la influencia del sulfato para grados de concentración al 50% es 34.27 % y 12.65 % menores respectivamente, para concretos con diseños para resistencias a la compresión de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, la influencia del sulfato para grados de concentración al 100% es 41.66 % y 19.08 % menores

respectivamente. Concluyéndose que para concretos cuya resistencia a la compresión es menor, mayor es la afectación del sulfato y viceversa.

Palabras clave: concreto, sulfatos, resistencia, compresión, briquetas, influencia, concentración.

ABSTRACT

Nowadays in Huaraz city is unknown the influence of sulfates in the resistance of concret compression using Portlant cement I and concret from Tacllan quarry.

With this research we want to determine the influence between the degrees of presence of sulfate in the concrete compression resistance.

The research started getting the concret from Tacllan quarry and their physical characteristics were determined in a laboratory after this we made the concret design for the compression ressintance of $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ como $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ this design was made using (ACI) American Concret Institute method.

Using that designs we made some cement briquettes with the following dimensions: diameter 15 cm per height 30 cm, these cement briquettes were put in water for 5, 12, 19 y 26 days after that were submitted to trials using an uniaxial machine in the following 7, 14, 21 y 28 days and we got the normal ressintance. The briquettes weren't submitted to trials were submitted to sulfate trials of 50% y 100% per a period of 30 days per each grade.

The report is: To concret with ressistant of compression design of $f'c = 210 \text{ Kg /cm}^2$ and $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ the influence of sulfate to degrees of concentration at 50% is 34.27 % and 12.65 % respectively, to concret with design for compression ressistance of $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ and $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, the influence of sulfate to degrees of concentration at 100% is 41.66 % y 19.08 % respectively. We conclude when wen have concret with less ressistance in compression the sulfate affectation is greater and vece versa.

Key words: Concret, sulfates, ressistance, compression, briquettes, influence, concentration.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Huaraz se fabrica concreto elaborado con cemento portland tipo I y agregados de la cantera de Taclán, sin tener en cuenta la influencia de los sulfatos en la resistencia a la compresión.

El desarrollo de la presente investigación tiene por finalidad determinar la influencia de los sulfatos en la resistencia a la compresión del concreto, teniendo en cuenta los grados de exposición del 50% y 100% de concentración.

El estudio se inicia con la obtención de los agregados de la cantera de Taclán, de los cuales se determinaron en laboratorio sus características físicas, luego se realizaron los diseños de concreto para resistencias a la compresión de $F'c=210$ kg/cm² y $F'c=280$ kg/cm², empleando el método de Instituto Americano del Concreto (ACI); con los diseños respectivos se elaboraron briquetas de concreto de dimensiones: diámetro de 15 cm por altura de 30 cm, las cuales fueron curadas con agua por inmersión en periodos de 5, 12, 19 y 26 días, y sometidas a ensayos a la compresión en la maquina uniaxial simple a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente, obteniéndose las resistencias del concreto normal. Las briquetas no sometidas a ensayo, fueron sometidas a grados de exposición al sulfato de 50% y 100% por un periodo de 30 días para cada grado, transcurrido el cual fueron ensayadas a la compresión obteniéndose las resistencias a la compresión del concreto influenciadas por las concentraciones de sulfato; efectuándose la discusión de resultados de los cuales se formularon las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Desde la aparición del concreto, a mediados del siglo XX, se han estudiado muchas de sus propiedades físicas y mecánicas, en Europa Central se han dado grandes avances en cuanto a caracterizar la resistencia a compresión y flexión del concreto. En principio se asociaban estas propiedades físico-mecánicas a la resistencia de los concretos, pero las experiencias prácticas y el avance de la investigación en este campo han demostrado que son estos aspectos necesarios, mas no suficientes para obtener un concreto resistente ya que en ello influye agentes externos, como son los ataques químicos y principalmente los ataques llevados a cabo por los sulfatos, que influyen en gran medida en la

resistencia a la compresión del concreto.

Según las normas vigentes, la resistencia se ratifica como propiedad fundamental para el diseño de estructuras en concreto. Instituciones de carácter normativo como el ACI (American Concrete Institute), las normas ASTM (American Society For Testing Materials), entre otras, le han dado la relevancia al diseño de estructuras bajo la óptica de la resistencia como factor fundamental.

La finalidad de la presente investigación, es realizar el análisis de la influencia de los sulfatos con diferentes grados de exposición (50% y 100%) por un periodo de 30 días, en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento portland tipo I y agregados de la cantera de Tacllán.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema General:

¿Cuál será la relación entre el grado de presencia del sulfato con la resistencia a la compresión del concreto, en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017?

1.1.2. Problema Específico:

- ¿Cuál será la relación de resistencia, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm², en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017?
- ¿Cuál será la relación porcentual, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm²,

en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017?

- ¿Cuál será la relación de resistencia, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=280$ kg/cm², en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017?
- ¿Cuál será la relación porcentual, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=280$ kg/cm², en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Desde hace buen tiempo se viene ejecutando obras civiles de importancia en nuestra región y principalmente en la ciudad de Huaraz, donde se ha dado poco énfasis el tema del ataque de los sulfatos al concreto, debido seguramente a que todavía no se ha tenido estructuras que no han colapsado a causa de este medio. Debemos recordar que el concreto está sujeto a ataques de agentes químicos y uno de los principales agentes es la acción llevada a cabo por los sulfatos, a pesar de la gran importancia del tema, hay pocas obras académicas e investigaciones existentes respecto al ataque de sulfatos en estructuras de concreto.

Según **(Robert C. O'Neill, 1997, 27)** según la investigación hecha nos dice que ≤ 1500 ppm que representa el 50% de sulfato diluido presenta un daño leve a Moderado hacia el concreto y $\geq 3\ 000$ ppm que representa el 100% de sulfato diluido presenta un daño severo hacia el concreto y esta última debilitándolo y llevando a su posible colapso.

Según **(Ferreira y Torres, 2014, 44)**: Los sulfuros de hierro como la pirita, la marcasita y la pirrotita, se hallan frecuentemente en agregados naturales. (...), se

piensa que pueden ser las responsables de los cambios expansivos de volumen en el concreto causándole grietas y botaduras. El yeso (sulfato de calcio hidratado) y la anhidrita (sulfato de calcio anhidro) son los minerales de sulfatos más abundantes, que pueden estar presentes como impurezas en las rocas de carbonato y en las pizarras. Algunas veces se encuentran como recubrimientos en arena y en grava, cuando se hallan presentes en el agregado incrementan las posibilidades de un ataque de sulfatos en el concreto. De acuerdo a **(Cerna y Galicia, 2010, 86)**: El ión sulfato (SO_4^{2-}) puede estar presente en las aguas residuales industriales en forma de disolución diluida de ácido sulfúrico; en las aguas del sub suelo, pocas veces aparece el ión sulfato libre, siendo mucho más frecuentes sus sales, es decir, los sulfatos. El contenido de sulfatos, por tanto, será expresado como concentración del Anión SO_4^{2-} en mg/L. Antes se acostumbraba enjuiciar el riesgo de degradación basándose en el contenido de SO_3^{2-} de los terrenos o de las aguas. Los sulfatos perjudiciales para el concreto se encuentran preferentemente en los terrenos arcillosos o en sus capas freáticas. De estas sales las más importantes son las siguientes: Los sulfatos más peligrosos para el cemento Portland son los amoniacos, cálcico, magnésicos y sódicos; los sulfatos potásicos, cúprico y aluminico son menos peligrosos, mientras que los sulfatos bóricos y el del plomo son insolubles y, por lo tanto, inofensivos para el concreto. Según **(Arcila, 2008, 11)** Nos indica que los ataques moderados (ataque medio) fluctúan entre 600 – 1500 mg/l representando el 50% y los ataques severos (ataque fuerte) se llevan a cabo > 3000 mg/l representando el 100% de concentración del ion sulfato. **(Viveros, 2008, 65)**. Dijo que Algunos sulfatos están presentes en forma natural en el suelo, agua subterránea o ambiente marino, y al

estar en contacto con el concreto le ocasionan daños. Existen dos reacciones químicas que intervienen en el ataque del concreto por sulfatos: Combinación de los sulfatos con hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ (cal hidratada) liberada durante el proceso de hidratación del cemento. Esta combinación contiene sulfato de calcio $[CaSO_4]$ (yeso) y combinación de yeso y aluminato de calcio hidratado $[C_4AH_6]$ para formar sulfoaluminato de calcio $[C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O]$ (etringita). Estas dos reacciones dan como resultado un aumento en el volumen sólido, debido a la segunda reacción se producen expansiones y rupturas del concreto causadas por soluciones de sulfatos. Cuando los sulfatos están en contacto con la superficie del concreto producen un debilitamiento y desintegración de ésta. **(Cortes y Perilla, 2014, 137)**. Refieren que la presencia de sulfatos alcalinos en el Clinker puede afectar la exudación de las pastas de cemento. Según **(Aguilar, 2007, 146)**. Los sulfatos son sales que afectan la durabilidad del concreto siempre y cuando estén en solución, ya que estos en condición anhidra no producen ningún ataque, por lo general consisten en sulfatos de Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio. Según ACI 201.2R-01, Las sales de sulfato en solución ingresan al hormigón y atacan los materiales cementicios. Si en una superficie expuesta al aire se produce evaporación, los iones sulfato se pueden concentrar cerca de dicha cara y aumentar el potencial de deterioro. Se han producido ataques por sulfatos en diferentes lugares del mundo; esto constituye un problema particularmente severo en las regiones áridas tales como las llanuras septentrionales. **(Vélez, 2010, 54)**. Indica que Los sulfatos generan deterioro directamente al concreto, las principales fuentes de sulfatos que pueden atacar al concreto son: los suelos que contienen yeso mineral (sulfato cálcico), las aguas que contienen residuos

industriales y, principalmente el agua de mar que contiene una concentración de aproximadamente 0,004 de sulfato de sodio. Cuando el concreto ha endurecido, los iones sulfato que ingresan del ambiente externo reaccionan con los monosulfoaluminatos formando la sal llamada etringita. Esta sal provoca un aumento en volumen del orden del 250%, lo cual produce grandes tensiones que desencadenan fisuras y desprendimientos superficiales del material.

(Garzón, 2013, 81). El ataque por sulfatos es uno de los más peligrosos para el concreto, el agente agresivo comienza por atacar los granos de Clinker hidratados, la pasta de cemento sufre cierta expansión, se torna blanda y por último se agrieta.

Los problemas comunes que se presentan en las construcciones son agresiones de los agentes químicos y principalmente los sulfatos que influyen en la disminución de la resistencia a la compresión del concreto y por ende se hace necesario hacer una investigación en la cual podamos lograr como combatir o disminuir la influencia de está, durante y posteriormente a la construcción y de este modo, el estudio del ataque de sulfatos en estructuras de hormigón se pone interesante y estimulante.

1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS

Cuanto menor es el grado de presencia del sulfato mayor será la resistencia a la compresión del concreto, en la ciudad de Huaraz, 2016 – 2017.

1.4.2. VARIABLES

1.4.2.1 Variable Independiente

- Grado de presencia de los Sulfatos.

1.4.2.2. Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión del concreto.

Tabla N°01. Operacionalización de las variables.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
Variable	variables	dimensiones	indicadores	item	instrumento
I N D E P E N D I A B I L E N T E	Grado de presencia de los Sulfatos	porcentaje %	moderado	1500 mg /L (representa el 50% de concentración del sulfato de sodio)	Ensayos de Laboratorio
			severo	3000 mg /L (representa el 100% de concentración del sulfato de sodio)	Ensayos de Laboratorio
D E P E N D I A B I L E N T E	• Resistencia del concreto.	Comparación	resultados establecidos en la norma	f'c = 210 kg/cm ²	Ensayos de Laboratorio
				f'c = 280 kg/cm ²	Ensayos de Laboratorio

1.5. DEFINICIÓN DE TERMINOS

CONSISTENCIA:

La facilidad con que un concreto fresco se deforma nos da idea de su consistencia.

Los factores más importantes que producen esta deformación son la cantidad de agua de amasado, la granulometría, la forma y tamaño de sus áridos.

DOCILIDAD:

La docilidad puede considerarse como la aptitud de un concreto para ser empleado en una obra determinada; para que un concreto tenga docilidad, debe poseer una consistencia y una cohesión adecuada, así, cada obra tiene un concepto de docilidad, según sus medidas y características.

DENSIDAD:

Es un factor muy importante a tener en cuenta para la uniformidad del concreto, pues el peso varía según la granulometría, la humedad de los áridos, el agua de amasado y modificaciones en el asentamiento.

RESISTENCIA:

Cuando se habla de la resistencia del concreto generalmente se hace referencia a la resistencia de la compresión del concreto endurecido, la etapa del endurecimiento inicia con el fraguado final del concreto, y prosigue en el tiempo dependiendo totalmente de las condiciones del curado del material.

TRABAJABILIDAD:

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa. Por lo general, un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso.

SEGREGACIÓN:

La diferencia de densidades entre los componentes del concreto provoca una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales), lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, por la mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.

EXUDACIÓN:

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla, se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación, en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que, cuanto más fina es la molienda de este, y mayor es el porcentaje de material menor que la malla No 100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla.

CONTRACCIÓN:

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de figuración que acarrea con frecuencia. Esta propiedad es muy importante en relación con los cambios volumétricos en el concreto, siendo lo fundamental esta

revisión de conceptos, para tener en claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas indefectiblemente se fisura, y en muchos casos esta figuración es inevitable por lo que solo resta preverla y orientarla.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.6.1. Objetivo General

- Determinar la relación entre el grado de presencia del sulfato con la resistencia a la compresión del concreto, en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar la relación de resistencia, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huaraz, 2016 – 2017.
- Determinar la relación porcentual, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huaraz, 2016 – 2017.
- Determinar la relación de resistencia, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huaraz, 2016 – 2017.
- Determinar la relación porcentual, entre el grado de presencia del sulfato al 50% y 100%, con la resistencia a la compresión del concreto $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huaraz, 2016 – 2017.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Miguel Ángel Bermúdez Odriozola. (2007).” *Corrosión de las Armaduras del Hormigón Armado en Ambiente Marino: Zona de Carrera de Mareas y Zonas Sumergidas*”. Madrid - España.

La población y muestra es no paramétrica, los objetivos son: definir los requisitos de calidad del concreto necesarios en los ambientes de carrera de mareas y sumergido y determinar el método de ensayo más adecuado para evaluar la durabilidad del concreto armado en medio marino.

Una de las conclusiones es: las dosificaciones exigidas en ambientes muy agresivos incluso con el curado de 28 días no han impedido que los sulfatos y

cloruros alcancen profundidades importantes en periodo de tiempo reducido en concreto fabricados con cemento portland, solo en la dosificación de la relación agua/cemento y utilización de humo de sílice han permitido frenar de manera significativa el avance de sulfuros y cloruros en el concreto.

Janneth Torres Agredo, Ruby Mejía de Gutiérrez y Constanza Gutiérrez. (2008). “Desempeño de morteros adicionados con metacaolín frente a la acción de sulfatos”. Revista ingeniería e investigación.

Conclusión: El metacaolín (MK) producido a partir de materias primas colombianas una puzolana de alta reactividad, que modifica la estructura porosa de los morteros adicionados, contribuye a mejorar la resistencia frente al ataque de sulfato de sodio. Al utilizar cemento de alto contenido en aluminato tricálcico (AC3) se observó que un aumento en el contenido de MK (35 y 50%), mejora sustancialmente el comportamiento frente al ambiente sulfatado. Se demuestra así que aun en presencia de elevados contenidos de aluminato tricálcico, el MK actúa positivamente al incrementar la resistencia química del cemento adicionado. Con base en lo anterior, se sugiere para morteros de OPC con contenido del 8% al 11% de AC3, utilizar MK en proporciones superiores al 20% con respecto a la cantidad de cemento, para obtener buena resistencia a sulfatos.

Hoxdelys González y Fernando González. (2009). “Estudio sobre la durabilidad del concreto bajo la agresión de cloruros y sulfatos, estudio de casos en la Ciudad de Panamá”. Panamá.

Resultados de la investigación: El objetivo fue estudiar la durabilidad del concreto, tomando en consideración el ataque de los cloruros y sulfatos en el

concreto, diseñado para uso en la Bahía de Panamá, igualmente se buscó explicar el uso de la X-block y sus principales daños. La metodología utilizada para esta investigación consistió en realizar un estudio bibliográfico sobre la durabilidad del concreto y sus componentes aplicados en la República de Panamá, posteriormente se recabó información sobre una de las principales obras civiles construidas en la Bahía de Panamá continuando un estudio iniciado en 1999 sobre el comportamiento de cuatro tipos de mezclas de concretos diferentes, variando sus proporciones, aditivos y adiciones, expuesto a dos concentraciones diferentes de sulfato (1 800ppm, 3 600ppm) y su debido control; las variaciones se midieron tomando en cuenta la resistencia a la compresión de cilindros estándares de muestras concretos pH y cloruros según las normativas correspondientes; para los X-block se realizó inspecciones visuales. De este estudio se puede concluir que la utilización de una baja relación a/c, el uso de aditivos, y el curado adecuado permiten alcanzar la resistencia de diseño luego de 10 años de exposición; adicionalmente se comprobó que un buen diseño de mezcla utilizando aditivos químicos y adiciones cementantes, mejoran el comportamiento del concreto endurecido. Se explicó el uso de los X-block como rompeolas y muro de retén, con la ilustración de los principales daños encontrados durante su construcción (comején, fisuras, desprendimiento, entre otros). Se recomienda tomar muestras del concreto, existente en las obras civiles construidas en la Bahía de Panamá, para comparar esos resultados con los encontrados en este estudio, así como realizar estudios de seguimiento de los X-block, para verificar su comportamiento a través del tiempo.

Ing. Marco Cerna Vázquez y Ing. William Galicia Guarniz. (2010). *“Vida Útil en Estructuras de Concreto Armado desde el Punto de Vista del Comportamiento del Material”*. Perú.

Población: conformada por todas las obras de concreto armado en las 3 zonas de estudio: Pj. Primero de Mayo, Pj. Villa María, y urb. El Trapecio de la provincia de Chimbote. Muestra: la muestra se seleccionará al azar, consistiendo en 15 obras de concreto armado de cada zona de estudio, obteniéndose un total de 45 obras estudiadas; la técnicas e instrumentos de recolección de datos: elaboración de una ficha de inspección visual general de la estructura, elaboración de cuadros estadísticos de cada zona inspeccionada y la elaboración de cuadros comparativos de las zonas inspeccionadas. Y una de las conclusiones es: Los Efectos de la corrosión causado por los sulfatos sobre el Concreto consiste en manchas, grietas, desprendimientos o deslaminaciones en la superficie.

2.2. BASES TEÓRICAS.

SULFATOS:

Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. Las sales de sulfato contienen el Anión SO_4^{2-} . En la naturaleza se encuentran en forma de yeso, o aljez, (sulfato de calcio dihidratado $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), baritina (sulfato de bario) o sulfato de sodio (Na_2SO_4). Se forman por oxidación de los sulfuros muchos elementos, cuando estos entran en contacto con el oxígeno

del aire. La mayor parte de los sulfatos se generan a partir de una base y del ácido sulfúrico o por reacción del ácido sulfúrico con el metal, esto puede generar trasplantes en el átomo de oxígeno.

CONCRETO:

Producto resultante de la mezcla en forma independiente de cemento con agregados (fino y grueso) y agua potable.

Es necesario establecer que el concreto de buena calidad es aquél que satisface eficientemente los requisitos de trabajabilidad, colocación, compactación, resistencia, durabilidad y economía que nos exige el caso singular que estemos enfrentando.

COMPONENTES DEL CONCRETO

Los componentes característicos del concreto son:

- Cemento Portland.
- Agua.
- Agregados.

EL CEMENTO PORTLAND: Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, la manera de obtener es en un polvo muy fino, que en presencia de agua se endurece, adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. Los componentes principales de las materias primas para la fabricación del cemento son:

Tabla N°02. Componentes de la fabricación de cementos.

Componente	Procedencia
Óxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
Óxidos de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Magnesio	Minerales Varios

Los porcentajes típicos en que intervienen los óxidos mencionados en el cemento Portland son:

Tabla N°03. Porcentajes de material en la fabricación de cementos.

Compuesto	Porcentaje
CaO	61% - 67%
SiO ₂	20% - 27%
Al ₂ O ₃	4% - 7%
Fe ₂ O ₃	2% - 4%
SO ₃	1% - 3%
MgO	1% - 5%
K ₂ O y Na ₂ O	0.25% - 1.5%

Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos que son los que definen el comportamiento del

cemento hidratado y que estableceremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente:

- **Silicato Tricálcico:** ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C3S} \rightarrow \text{Alita}$): Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
- **Silicato Dicálcico:** ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C2S} \rightarrow \text{Belita}$): Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.
- **Aluminato Tricálcico:** ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C3A}$): Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos, ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas.
- **Alumino-Ferrito Tetracálcico:** ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C4AF} \rightarrow \text{Celita}$): Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
- **Óxido de Magnesio (MgO):** Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5%, trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.
- **Óxidos de Potasio y Sodio ($\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Alcalis}$):** Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

- **Óxidos de Manganeso y Titanio ($Mn_2O_3.TiO_2$):** El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

Mecanismo de Hidratación: Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Los componentes ya mencionados anteriormente, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de Calcio complejos.

Dependiendo de la temperatura, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan se pueden definir los siguientes estados:

Plástico: Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho más resistente.

Fraguado inicial: Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se

evidencia el proceso exotérmico, donde se genera el denominado calor de hidratación. Se forma una estructura porosa llamada gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS o Torbemorita), con consistencia coloidal intermedia entre sólido y Líquido que va rigidizándose cada vez más en la medida que se siguen hidratando los silicatos.

Este periodo dura alrededor de tres horas y se producen una serie de reacciones químicas que van haciendo más estable con el tiempo al gel CHS. En esta etapa la pasta puede remezclarse sin producirse deformaciones permanentes ni alteraciones en la estructura que aún está en formación.

Fraguado Final: Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas, esta empieza a las tres horas y termina aproximadamente 10 horas después.

Endurecimiento: Se produce a partir del fraguado final, y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continúa de manera indefinida.

Durante el proceso de hidratación, el volumen externo de la pasta se mantiene relativamente constante; sin embargo, internamente el volumen de sólidos se incrementa constantemente con el tiempo, causando la reducción

permanente de la porosidad, que está relacionada de manera inversa con la resistencia de la pasta endurecida y en forma directa con la permeabilidad.

Tipos de Cemento y sus aplicaciones

Los Tipos de cementos Portland que podemos calificar de standard, esta normada su fabricación por requisitos específicos que son:

- **Tipo I:** De uso general, donde no se requieren propiedades especiales. Debe cumplir con los requisitos de las normas ASTM C 150 O´NTP 334.039.
- **Tipo II:** De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos. Debe cumplir con los requisitos de las normas ASTM C 150 O´NTP 334.038.
- **Tipo III:** Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- **Tipo IV:** De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.
- **Tipo V:** Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos. Debe cumplir con los requisitos de las normas ASTM C 150 O´NTP 334.044.

Cuando a los tres primeros tipos de cemento se les adiciona el sufijo A (Tipo IA) significa que son cementos a los que se les ha añadido incorporadores de aire en su composición, manteniendo las propiedades originales, es

interesante destacar los cementos denominados "mezclados o adicionados" dado que algunos de ellos se usan en nuestro medio:

- **Tipo IS:** Cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- **Tipo ISM:** Cemento al que se ha añadido menos de 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- **Tipo IP:** Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total. Debe cumplir con los requisitos de las normas ASTM C 595 O´NTP 334.044.
- **Tipo IPM:** Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje menor de 15% del peso total. Debe cumplir con los requisitos de las normas ASTM C 595 O´NTP 334.044.

Todos estos cementos tienen variantes en que se les añade aire incorporado (sufijo A), se induce resistencia moderada a los sulfatos (sufijo M), o se modera el calor de hidratación (sufijo H).

Las puzolanas son materiales inertes silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas, y al reaccionar químicamente con hidróxidos de Calcio y agua adquieren propiedades aglomerantes. Las puzolanas se obtienen por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volcánicas, y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc. Para fines de diseño de mezclas hay que tener en cuenta que los cementos

standard tienen un peso específico de $3,150 \text{ kg/m}^3$ y los cementos puzolánicos son más livianos con pesos específicos entre $2,850$ y $3,000 \text{ kg/m}^3$.

AGUA DE MEZCLA: Ya hemos visto que el agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este elemento debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante, para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos, necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de lo necesario para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto. Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las $5,000 \text{ ppm}$, ocasiona reducción de resistencias hasta del

orden del 30 % con relación a concretos con agua pura. La materia orgánica por encima de las 1,000 ppm reduce resistencia e incorpora aire. El criterio que establece la Norma ITINTEC 339.088 y el Comité ACI-318, para evaluar la habilidad de determinada agua para emplearse en concreto, consiste en preparar cubos de mortero de acuerdo con la norma ASTM C-109, usando el agua dudosa y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. Si la resistencia en compresión a 7 y 28 días de los cubos con el agua en prueba no es menor del 90% de la de los cubos de control, se acepta el agua como apta para su uso en concreto.

Tabla N°04. Norma Nacional del Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y Normas Técnicas (ITINTEC 339.088) requisitos para agua de mezcla y curado.

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en NaHCO_3)	1000 ppm máximo
Sulfatos (ión SO_4)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl)	1000 ppm máximo
pH	Entre 5.5 y 8

AGREGADOS: Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto, que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total, luego la calidad de estos tiene una importancia primordial en el producto final.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia prácticamente en todas las propiedades del concreto.

Se ha establecido convencionalmente la distinción entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS Y LOS REQUISITOS PARA SU EMPLEO EN CONCRETO.

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencias establecidos. Es importante para evaluar estos requerimientos, el tener claro algunos conceptos relativos a ciertas características numéricas.

CONTENIDO DE HUMEDAD:

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas.

El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libres, capilares e higroscópicas. La importancia del contenido de

agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, o sea:

$$w = (Ww - Ws / Ws) * 100 (\%)$$

Donde:

w = Contenido de humedad expresado en %.

Ww = Peso de las partículas sólidas húmedas.

Ws = Peso de las partículas sólidas secas.

ABSORCIÓN:

Es la capacidad de los agregados de llenar agua a los vacíos internos de las partículas por capilaridad, esta se obtiene generalmente después de haber sometido el material a una saturación durante 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material, y por diferencias de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material. La fórmula para el cálculo de la absorción es la siguiente:

$$\% \text{ de absorcion (Abs)} = \frac{\text{Peso sss} - \text{Peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

Donde:

Peso sss = Pesos del material saturado superficialmente seco.

Nota. Agua libre y agua que le falta a un agregado para encontrarse en la condición ideal:

- ✓ Si % w > Abs. Tenemos:

$$\text{Agua libre} = \frac{W - \text{Abs}}{100} \times \text{peso seco}$$

- ✓ Si % w < Abs. Tenemos:

$$\text{Agua que falta} = \frac{\text{Abs} - W}{100} \times \text{peso seco}$$

La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas de agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación.

PESO ESPECÍFICO:

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos únicamente, es decir, no incluye los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 Kg/m³.

DE ARENA:

- ✓ Por el método del cuarteo seleccionar arena en estado natural (PH)
- ✓ Secar la muestra a 110 °C aproximadamente durante 24 horas, hasta peso constate (Ps)
- ✓ Se calcula:

$$W = \frac{P_H - P_S}{P_S} \times 100$$

Donde:

$W = \% \text{ de humedad}$

- ✓ Luego cubrir la muestra con agua durante 18 a 24 horas.
- ✓ Colocar la muestra en una mesa, expandirla y removerla para garantizar un secado uniforme.
- ✓ Colocar la muestra en un molde metálico, apisonado 25 veces.
- ✓ Levantar el molde verticalmente. Si existe humedad superficial, el cono de agregado fino mantendrá su forma.
- ✓ Se sigue revolviendo constantemente, y se repite la operación a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. En este caso la muestra a alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco (sss).
Peso 500 g (Psss)

A continuación, emplearemos el siguiente método:

Método: utilizando el frasco graduado de un litro de capacidad.

- ✓ En el frasco de un litro, con 500 cm³ de agua, introducir la muestra de 500 gramos en condición sss.
- ✓ Dejar la muestra reposar por unos 3 minutos, y leer el volumen final del agua (Vf) obtener:

$$V_{sss} = V_f - 500$$

Donde:

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

V_f = Volumen final.

- ✓ Sacar la muestra del frasco incluida el agua a un recipiente y secarlo en el horno a 110° C aproximadamente hasta un peso constante (Ps).

- ✓ Cálculo de resultados:

$$\text{Abs} = \frac{P_{\text{sss}} - P_{\text{s}}}{P_{\text{s}}} \times 100$$

Donde:

Pe = Peso específico.

Ps = Peso seco.

Vsss = Volumen del material saturado superficialmente seco.

Abs = % de absorción.

Psss = peso del material saturado superficialmente seco.

DE PIEDRA:

- ✓ Por el método del cuarteo seleccionar 5000 g piedra en estado natural (PH = 5000 g)
- ✓ Secar la muestra a 110 °C aproximadamente durante 24 horas, hasta peso constate (Ps)
- ✓ Se calcula:

$$\text{CH \%} = \frac{P_{\text{H}} - P_{\text{s}}}{P_{\text{s}}} \times 100$$

Donde:

CH = % de humedad

- ✓ Luego cubrir la muestra con agua durante 18 a 24 horas.
- ✓ Colocar la muestra en una mesa, expandirla y con una franela la vamos secando hasta que desaparezca toda partícula de agua visible. Tan pronto se logre esta condición se pesa 1Kg (Psss).

- ✓ Inmediatamente se introduce a un frasco de un litro de capacidad, con 500 cm³ de agua, luego de reposar por unos 3 minutos, y leer el volumen final del agua (Vf) obtener:

$$V_{sss} = V_f - 500$$

Donde:

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

V_f = Volumen final.

- ✓ Sacar la muestra del frasco incluida el agua a un recipiente y secarlo en el horno a 110° C aproximadamente hasta un peso constante (P_s).
- ✓ Cálculo de resultados:

$$Pe = \frac{P_s}{V_{sss}} \qquad Abs = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

Pe = Peso específico.

P_s = Peso seco.

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

Abs = % de absorción.

P_{sss} = Peso del material saturado superficialmente seco.

PESO UNITARIO:

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen total incluyendo los vacíos. Su valor para agregados normales oscila entre 1,500 y 1,700 Kg/m³. Según la norma ASTM el método para evaluarlo es, compactarlo el molde metálico con 25 golpes con varilla de 5/8" en 03 capas.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, la cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semilogarítmico que permite apreciar la distribución acumulada.

Tabla N°05. Tamices Estándar.

TAMICES ESTANDAR		
DENOMINACIÓN DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.00	75.00
1 1/2"	1.50	37.50
3/4"	0.75	19.00
3/8"	0.375	9.50
N° 4	0.187	4.75
N° 8	0.0937	2.36
N° 16	0.0469	1.18
N° 30	0.0234	0.59
N° 50	0.0117	0.295
N° 100	0.0059	0.1475
N° 200	0.0029	0.0737

MÓDULO DE FINEZA:

Se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100. El

sustento matemático reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

La justificación experimental que avala esto consiste, en que, está demostrado que independientemente de la granulometría, los concretos con agregados de igual módulo de fineza, mantienen las mismas condiciones de trabajabilidad y resistencia. Debe tenerse muy claro que es un criterio que se aplica al agregado en conjunto y no solo a la arena ya que el concepto es general.

MEDIO AGRESIVO:

El término agresividad hace referencia a un conjunto de patrones de actividad que pueden manifestarse con intensidad variable.

NORMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS Y LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA:

Norma ASTM C 172: El muestreo del concreto se hará de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.036. La elaboración de la briqueta debe comenzar no más tarde de 10 minutos después del muestreo y en una zona libre de vibraciones, las cuales serán moldeadas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.033.

Norma ASTM C 31: Referida al curado de briquetas de concreto antes de realizarse los ensayos.

Norma ASTM C 39: Referida a las pruebas de ensayos a la compresión de las briquetas de concreto, debiendo ensayarse tres probetas a los 7, 14, 21 y 28 días en obra se tomarán muestras por día de trabajo con concreto, las mismas que se ensayarán a los 28 días.

Norma ASTM C 192 y Norma Técnica Peruana 339.034: Se considerarán satisfactorios los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de una clase de concreto, si se cumple las dos condiciones siguientes:

- a) El promedio de todas las series de tres ensayos consecutivos es igual o mayor que la resistencia de diseño.
- b) Ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño en más de 35 kg/cm².

En el transcurso del tiempo se ha seguido perfeccionando la eficiencia de este producto, tal es así que ahora podemos encontrarlos en el mercado en diferentes marcas y para todo tipo de concreto.

CURADO DEL CONCRETO:

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de manera que en el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad. El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada hidratación, y por lo cual el concreto no alcanzará sus propiedades potenciales.

La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación y, por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a más altas temperaturas. Generalmente, la temperatura del concreto debe ser mantenida por encima de los 50°F (10°C), para un ritmo adecuado de desarrollo de resistencias. Además, debe mantenerse una temperatura uniforme a través de la sección del concreto, mientras está ganando resistencia, para evitar las grietas por choque térmico.

Las principales razones por la que se cura son:

a) **Una ganancia de resistencia predecible:** Los ensayos de laboratorio muestran que el concreto en un ambiente seco puede perder tanto como un 50 por ciento de su resistencia potencial, comparada con un concreto similar que es curado en condiciones húmedas. El concreto vaciado bajo condiciones de alta temperatura ganará una resistencia temprana rápidamente, pero después las resistencias pueden ser reducidas. El concreto vaciado en clima frío tomará más tiempo para ganar resistencia, demorará la remoción del encofrado y la construcción subsecuente.

- b) **Durabilidad mejorada:** El concreto bien curado tiene mejor dureza superficial, y resistirá mejor el desgaste superficial y la abrasión. El curado también hace al concreto más impermeable al agua, lo que evita que la humedad y las sustancias químicas disueltas en agua entren dentro del concreto, en consecuencia, incrementa la durabilidad y la vida en servicio.
- c) **Mejores condiciones de servicio y apariencia:** Una losa de concreto a la que se le ha permitido que se seque demasiado temprano, tendrá una superficie frágil con pobre resistencia al desgaste y la abrasión. El curado apropiado reduce el resquebrajamiento o cuarteo, la pulverización y el descascaramiento.

Sistemas para mantener húmedo el concreto:

- a. Mantas o esteras de algodón o yutes humedecidas, con una manguera o un aspersor. Debe tenerse cuidado de no dejar que se queden secas, y que le absorban agua al concreto. Los bordes de las mantas deben solaparse o sobreponerse y con contrapesos para que no sean levantadas por el viento.
- b. Paja, que sea rociada con agua regularmente. La paja puede ser fácilmente levantada por el viento, y si está seca se puede incendiar. Las capas de paja deben ser de 6 pulgadas de espesor (15,2 cm) y deberán estar cubiertas con una lona.
- c. La tierra, la arena o el aserrín húmedos se pueden utilizar para curar elementos planos (especialmente pisos). En los materiales utilizados

no deberá haber contaminantes orgánicos o con residuos de hierro.

- d. La aspersión con agua de forma continua es adecuada, si la temperatura del aire está bien, por encima de la congelación. No se debe permitir que el concreto se seque entre humedecimientos, pues ciclos alternativos de humedecimiento y secado no son una práctica aceptable del curado.
- e. Crear un estanque de agua sobre una losa es un excelente método de curado. El agua no debe estar 20° F (11° C) más fría que el concreto y el murete de contención alrededor del estanque deben ser asegurado contra escapes o salideros.

Tabla N°06. Periodo mínimo de curado para alcanzar el 50% de la resistencia especificada.

Cemento Tipo I	Cemento Tipo II	Cemento Tipo III
Temperatura – 50° F (10° C)		
6 días	9 días	3 días
Temperatura – 70° F (21° C)		
4 días	6 días	3 días

Materiales para retener la humedad:

- a. Los compuestos curadores de membrana deben estar conformes con la ASTM C 309. Se aplican a la superficie del concreto alrededor de una hora después del acabado. No se aplica al concreto que aún está exudando o que tiene un brillo visible de agua sobre la superficie. A

pesar de que se puede utilizar un líquido claro, un pigmento blanco aporta propiedades relectivas y permite efectuar la inspección visual sobre el cubrimiento de la superficie.

- b. Láminas plásticas, ya sean claras, blancas (relectivas) o pigmentadas. Los plásticos deben estar conformes a la ASTM C 171, tener como mínimo 4 milésimas de pulgada (0.1 mm) de espesor y preferiblemente estar reforzadas con fibra de vidrio. Las láminas coloreadas oscuras son recomendables cuando la temperatura ambiental está por debajo de los 60° F (15° C) y las láminas relectivas deben ser utilizadas cuando las temperaturas exceden de 85° F (30°C).
- c. El papel impermeable es utilizado como las láminas plásticas, pero no mancha la superficie. Este papel consiste generalmente en dos capas de papel kraft cementadas juntas y reforzadas con fibra. El papel deberá estar conforme a la ASTM C171.
- d. Note que los productos que se venden como retardadores de la evaporación son utilizados para reducir el ritmo de evaporación de las superficies del concreto fresco antes de que fragüe, para prevenir la figuración por retracción plástica. Estos materiales no deben ser utilizados para el curado final.

Control de la temperatura:

- a. En clima frío no permita que el concreto se enfríe a un ritmo más rápido que 5°F (3°C), por hora para las primeras 24 horas. El concreto debe ser protegido de la congelación, utilizando materiales aislantes,

hasta que alcance una resistencia a compresión de 500 libras por pulgada cuadrada como mínimo (3.5 MPa). Cuando las temperaturas de congelación se prevén, deben ser utilizados los métodos de curado que retienen la humedad, mejor que el curado húmedo.

- b. En clima caliente, una temperatura de curado inicial más alta, dará como resultado una ganancia rápida de resistencia y resistencias últimas más bajas. Agua de curado, y aspersion pueden ser utilizadas para lograr bajar la temperatura de curado en verano. Debe protegerse contra temperaturas extremas nocturnas, que permitan un enfriamiento más rápido que 5°F (3°C), por hora, durante las primeras 24 horas.

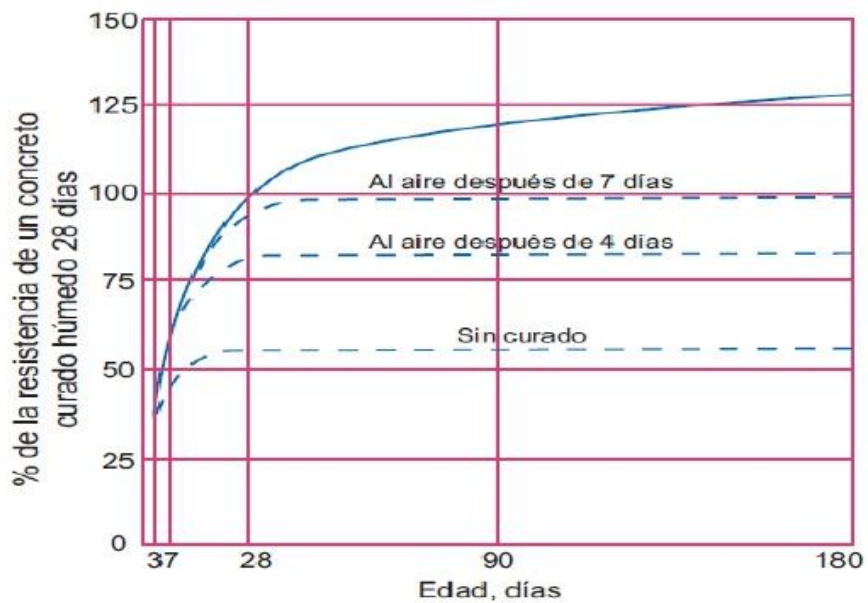


Figura N°01. Grafica de días VS resistencia a la compresión.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 PERSPECTIVA DE LA METODOLOGÍA Y EL TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Perspectiva Metodológica

La investigación tiene una perspectiva metodológica de tipo cuantitativo.

3.1.2. Tipo de Investigación

Es una Investigación aplicada, porque para la solución del problema se emplea conocimientos científicos existentes, con enfoque descriptivo correlacional. Ya que se utiliza la relación de causa-efecto entre variables, y diseño descriptivo,

porque se describe la variación de características que causa la variable independiente sobre las variables dependientes.

3.2. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA

Tabla N°07. Determinación del número de Población y Muestra.

DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE POBLACIÓN Y MUESTRA		
F'c:	210 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Grado de Sulfato (concentración)	50%	100%
Periodo de ensayo briqueta normal	28 dias	28 dias
Periodo de ensayo de briqueta sometidos a diferentes grados de sulfato	58 dias	58 dias

BRIQUETAS NORMALES

- Periodo de ensayo de concreto normal = 4 (a los 7, 14, 21 y 28 días)
- Numero de briquetas por periodo = 3 briquetas
- Numero de resistencias de concreto = 2 resistencias

N° de briquetas en total: $4 \times 3 \times 2 = 24$ briquetas.

Briquetas Expuestas Al Sulfato

- Numero de resistencias: 2 tipos de resistencia.
- Numero de grados de sulfatos: 2 distintos grados de sulfato.
- Numero de briquetas: 3 por cada resistencia y grados de sulfato.
- Numero de periodos de ensayo: 1 periodos de ensayo.

N° de briquetas en total: $2 \times 2 \times 3 \times 1 = 12$ briquetas.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra es la misma, por convenir a la investigación y estará determinada por 36 briquetas de concreto, fabricadas con cemento portland tipo I, agua potable y agregados de la cantera de Taclán – Huaraz.

3.3. MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS

3.3.1. Métodos

3.3.3.1. De Acuerdo a la Orientación

La investigación es aplicada, experimental: Porque se utilizan conocimientos existentes y ensayos de laboratorio para la solución del problema.

3.3.3.2. De Acuerdo a la Técnica de Contrastación

La investigación es cuantitativa, descriptiva, correlacional: Debido a la naturaleza de la información empleada, procesada y obtenida, midiéndose los resultados y realizando las correlaciones del efecto de la influencia del sulfato en la resistencia a la compresión del concreto.

3.3.2. Recursos Empleados

Cemento Portland Normal (CPN):

Es el producto obtenido de la pulverización del Clinker, Portland con la adición de yeso.

Cemento Portland Normal. Tipo I: Se emplea en todos aquellos casos, en que no se requieren en el concreto propiedades especiales, deberá cumplir con los

requisitos de las Normas ASTM C 150 o NTP 334.039. Los cementos empleados en la investigación para la fabricación del concreto, son de este tipo y se detalla a continuación:

- ✓ Cemento Sol

Agregados:

Agregado fino (arena gruesa); agregado grueso (canto rodado), provenientes de la cantera Tacllán.

Agua para mezcla y curado del concreto

El agua empleada para la fabricación de concretos y los curados respectivos, es agua potable de la ciudad de Huaraz.

Concreto:

Producto resultante de la mezcla, en forma independiente de cemento (sol) con agregados (fino y grueso) para lo cual solo se adiciona agua de acuerdo a la especificación del fabricante.

3.4. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION

- Medios fotográficos a fin de determinar la localización, ubicación y potencia de la cantera de Tacllán, de donde se obtienen los agregados para el concreto.
- Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, para la determinación de las características físicas de los agregados.
- Especificación técnica del cemento a emplear.
- Medios bibliográficos y normas para realizar el diseño de mezclas de concreto

- Laboratorio de FIC - UNASAM, para la fabricación, curado y ensayos a la compresión uniaxial de las briquetas de concreto.
- Fichas para recopilar y organizar la información de la investigación.

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Ubicación de la Cantera:

La cantera de Tacllán se encuentra ubicada en la coordenada 9°32'00" Sur y 77°32'00" Oeste, localizado al sur del distrito de Huaraz, en el barrio denominado Tacllán Bajo, que está a 10 min desde la plaza de armas de la ciudad, a una distancia aproximada de 1.50 km. Según se muestra en las vistas panorámicas (Fig. N° 02 y 03).

Potencia de la Cantera:

La cantera de Tacllán tiene las siguientes dimensiones: largo promedio: 2,000 m, ancho promedio: 100 m. y un espesor promedio: 1.5 m, los cuales hacen una potencia de: 300,000 m³ de materiales de construcción, entre agregado grueso y fino, de las cuales se extrae piedra grande y mediana, hormigón, agregado grueso y agregado fino para la fabricación de concreto.

Agregados:

Denominados inertes del concreto, puesto que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua.

Se dividen de acuerdo a sus dimensiones en finos y gruesos.

Clasificación:

En tecnología del concreto usualmente se clasifica en:

Por su procedencia.

- a. **Agregados Naturales:** Formados por procesos geológicos naturales ocurridos en el planeta durante miles de años.

Extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en concreto, se usan con más frecuencia a nivel mundial, y particularmente en el Perú, por su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad que los hace ideales para el concreto.

- b. **Por Su Gradación:** La gradación es la distribución granulométrica de las partículas, como ya ha sido indicado, tiene su importancia en el concreto.

- c. **Agregado Grueso (Piedra):** Partículas sobre la malla N°4 (4.75 mm).

- d. **Agregado Fino (Arena):** Partículas bajo la malla N° 4 (4.74 mm).

Esta clasificación es muy práctica, ya que las técnicas de procesamiento de zarandeo, chancado, propenden a separarlos en esta forma, con el objeto de establecer un control preciso en el procedimiento y empleo.

Por Su Densidad.

La densidad es la gravedad específica, es decir, el peso entre el volumen de sólidos referidos a la densidad del agua y su clasificación en:

- a) **Normales:** Con $G_e = 2.5$ a 2.75 .
- b) **Ligeros:** G_e menor a 2.5 .
- c) **Pesados:** G_e mayor a 2.75 .



Figura N° 02: Vista panorámica de la cantera de la Taclán.



Figura N° 03: Vista panorámica de la cantera de la cantera de Taclán.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DETERMINADAS EN EL LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD:

Cantidad de agua superficial, que retienen en un momento determinado las partículas del agregado.

Contribuye o incrementa el agua de mezcla del concreto, debiendo tenerse en cuenta con la absorción para las correcciones en el procedimiento de las mezclas. Se calcula mediante la expresión:

$$w = (Ww - Ws / Ws) * 100 (\%)$$

Donde:

w = Contenido de humedad expresado en %.

Ww = Peso de las partículas sólidas húmedas.

Ws = Peso de las partículas sólidas secas.

Los equipos empleados para determinar esta característica se muestran en la figura 04.



Figura N° 04: Estufa para el secado del agregado fino y agregado grueso.

Tabla N°08. Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso para $F'c=210$ Kg/cm².

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

RESISTENCIA DE DISEÑO F'c = 210 kg/cm²
--

AGREGADO: FINO	CANTERA:	
	M-1	M-2
ARENA DE RIO TACLÁN		
DESCRIPCIÓN		
Peso humedo + recipiente	1322.53	1327.36
peso seco + recipiente	1243.14	1249.33
peso recipiente	222.15	222.44
peso suelo seco	1020.99	1025.89
peso del agua	79.39	78.05
contenido de humedad	7.78	7.60
Humedad Promedio %	7.69	

AGREGADO: GRUESO	CANTERA:	
	M-1	M-2
CANTO RODADO RIO TACLÁN		
DESCRIPCIÓN		
Peso humedo + recipiente	5242.68	5411.98
peso seco + recipiente	5312.37	5290.17
peso recipiente	324.61	421.29
peso suelo seco	4967.76	6868.88
peso del agua	130.51	121.81
contenido de humedad	2.62	2.50
Humedad Promedio %	2.56	

Tabla N°09. Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso para $F'c=280$ Kg/cm².

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216		
RESISTENCIA DE DISEÑO F'c = 280 kg/cm²		
AGREGADO:	FINO	CANTERA:
		ARENA DE RIO TACLÁN
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso humedo + recipiente	1322.53	1327.36
peso seco + recipiente	1243.14	1249.33
peso recipiente	222.15	222.44
peso suelo seco	1020.99	1025.89
peso del agua	79.39	78.05
contenido de humedad	7.78	7.60
Humedad Promedio %	7.69	

AGREGADO:	GRUESO	CANTERA:
		CANTO RODADO RIO TACLÁN
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso humedo + recipiente	5242.68	5411.98
peso seco + recipiente	5312.37	5290.17
peso recipiente	324.61	421.29
peso suelo seco	4967.76	6868.88
peso del agua	130.51	121.81
contenido de humedad	2.62	2.50
Humedad Promedio %	2.56	

ABSORCIÓN:

Es la capacidad de los agregados de llenar agua a los vacíos internos de las partículas por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados a que siempre queda aire atrapado. Es importante en el concreto, ya que reduce el agua de

mezcla, influyendo en la resistencia y trabajabilidad; se debe tener en cuenta para hacer las correcciones del caso.

$$\% \text{ de absorcion (Abs)} = \frac{\text{Peso sss} - \text{Peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

Donde:

Peso sss = Pesos del material saturado superficialmente seco.

Nota: Agua libre y agua que le falta a un agregado para encontrarse en la condición ideal:

✓ Si $\% w > \text{Abs}$. Tenemos:

$$\text{Agua libre} = \frac{W - \text{Abs}}{100} \times \text{peso seco}$$

✓ Si $\% w < \text{Abs}$. Tenemos:

$$\text{Agua que falta} = \frac{\text{Abs} - W}{100} \times \text{peso seco}$$



Figura N° 06. Equipos para determinar % de absorción del agregado fino



Figura N° 07. Equipos para determinar % de absorción del agregado fino

PESO ESPECÍFICO:

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos únicamente, es decir, no incluye los vacíos entre ellas.

DE ARENA:

- ✓ Por el método del cuarteo seleccionar arena en estado natural (PH)
- ✓ Secar la muestra a 110 °C aproximadamente durante 24 horas, hasta peso constate (Ps).
- ✓ Se calcula:

$$W = \frac{P_H - P_S}{P_S} \times 100$$

Donde:

W = % de humedad.

- ✓ Luego cubrir la muestra con agua durante 18 a 24 horas.
- ✓ Colocar la muestra en una mesa, expandirla y removerla para garantizar un secado uniforme.
- ✓ Colocar la muestra en un molde metálico, apisonado 25 veces.
- ✓ Levantar el molde verticalmente. Si existe humedad superficial, el cono de agregado fino mantendrá su forma.
- ✓ Se sigue revolviendo constantemente, y se repite la operación a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. En este caso, la muestra ha alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco (sss).

Peso 5000g (P_{sss}).

A continuación, emplearos el siguiente método:

Método: utilizando el frasco graduado de un litro de capacidad.

- ✓ En el frasco de un litro, con 500 cm³ de agua, introducir la muestra de 500 gramos en condición sss.
- ✓ Dejar la muestra reposar por unos 3 minutos, y leer el volumen final del agua (V_f) obtener:

$$V_{sss} = V_f - 500$$

Donde:

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

V_f = Volumen final.

- ✓ Sacar la muestra del frasco, incluida el agua a un recipiente, y secarlo en el horno a 110° C aproximadamente hasta un peso constante (P_s).
- ✓ Cálculo de resultados:

$$Pe = \frac{Ps}{V_{sss}} \qquad Abs = \frac{P_{sss}-Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

Pe = Peso específico.

Ps = Peso seco.

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

Abs = % de absorción.

P_{sss} = Peso del material saturado superficialmente seco.

DE PIEDRA:

- ✓ Por el método del cuarteo seleccionar 5000 g de piedra en estado natural (PH = 5000 g).
- ✓ Secar la muestra a 110 °C aproximadamente durante 24 horas, hasta peso constate (Ps).
- ✓ Se calcula:

$$CH \% = \frac{P_H - P_S}{P_S} \times 100$$

Donde:

CH = % de humedad.

- ✓ Luego cubrir la muestra con agua durante 18 a 24 horas.
- ✓ Colocar la muestra en una mesa, expandirla y con una franela la vamos secando hasta que desaparezca toda partícula de agua visible. Tan pronto se logre esta condición se pesa 1Kg (P_{sss}).
- ✓ Inmediatamente se introduce a un frasco de un litro de capacidad, con 500 cm³

de agua, luego de reposar por unos 3 minutos, y leer el volumen final del agua (Vf) obtener:

$$V_{sss} = V_f - 500$$

Donde:

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

V_f = Volumen final.

- ✓ Sacar la muestra del frasco, incluida el agua a un recipiente, y secarlo en el horno a 110° C aproximadamente hasta un peso constante (P_s).
- ✓ Cálculo de resultados:

$$Pe = \frac{P_s}{V_{sss}}$$

$$Abs = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

Pe = Peso específico.

P_s = Peso seco.

V_{sss} = Volumen del material saturado superficialmente seco.

Abs = % de absorción.

P_{sss} = Peso del material saturado superficialmente seco.



Figura N° 08. Equipo para realizar ensayo de peso específico del agregado fino.



Figura N° 09. Equipos para determinar el peso del material saturado superficialmente seco del agregado fino.



Figura N° 10. Equipos para determinar el volumen del material saturado superficialmente seco del agregado fino.



Figura N° 11. Equipo para determinar el peso de material saturado superficialmente seco del agregado fino.

Tabla N°10. Peso específico y porcentaje de absorción ASTM C29, NTP 400.002, para resistencia de diseño $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ASTM C29, NTP 400.002
--

RESISTENCIA DE DISEÑO $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

AGREGADO	FINO	GRUESO
Cantera	Arena de la cantera de Taclán	Canto rodado de la cantera de Taclán
tamaño máximo de la muestra	Malla N° 4	3/4"
tipo de frasco utilizado	probeta 500 ml	probeta 1000 ml
peso del frasco + agua (A)	691.50	1286.80
peso del material superficial seca al aire (B)	521.20	1003.40
peso del material saturado + agua + frasco (A+B) .(C)	1212.70	2290.20
peso global con desplazamiento de volumen (D)	1009.90	1907.70
peso volumen de masa + volumen vacío (C-D) (E)	202.80	382.50
PESO ESPECÍFICO (B/E)	2.57	2.62

N° recipiente		
peso recipiente + material superficialmente seco al aire (A)	608.60	1086.70
peso recipiente + material seco en estufa (B)	595.90	1076.80
peso de agua (A-B) .(C)	12.70	9.90
peso del recipiente (D)	87.40	83.30
peso material secado en estufa (B-D) (E)	506.50	993.50
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (C*100)/E	2.50	1.00

Tabla N°11. Peso específico y porcentaje de absorción ASTM C29, NTP 400.002, para resistencia de diseño $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$.

PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ASTM C29, NTP 400.002		
RESISTENCIA DE DISEÑO $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$		
AGREGADO	FINO	GRUESO
Cantera	Arena de la cantera de Taclán	Canto rodado de la cantera de Taclán
tamaño máximo de la muestra	Malla N° 4	3/4"
tipo de frasco utilizado	probeta 500 ml	probeta 1000 ml
peso del frasco + agua (A)	691.50	1286.80
peso del material superficial seca al aire (B)	415.30	1060.10
peso del material saturado + agua + frasco (A+B) (C)	1106.80	2346.90
peso global con desplazamiento de volumen (D)	946.40	1943.10
peso volumen de masa + volumen vacío (C-D) €	160.40	403.80
PESO ESPECÍFICO (B/E)	2.59	2.63
N° recipiente		
peso recipiente + material superficialmente seco al aire (A)	508.40	1172.00
peso reCipiente + material seco en estufa (B)	498.20	1161.00
peso de agua (A-B) (C)	10.20	11.00
peso del recipiente (D)	93.10	111.90
peso material secado en estufa (B-D) (E)	405.10	1049.10
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (C*100)/E	2.52	1.05

GRANULOMETRÍA:

En vista de la forma irregular geométrica de las partículas de agregados, no es fácil.

1. Establecer un criterio numérico individual para definir el tamaño de cada partícula midiendo sus dimensiones.

2. Medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas.

Se usa, por lo tanto, de una manera directa, la cual es tamizarla por una serie de mallas de aberturas conocidas, y pesar de materiales retenidos refiriéndolos en % con respecto al peso total a esto se denomina.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO: Representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico, que permite apreciar la distribución acumulada. La serie de tamices estándar par C° empieza en abertura de 3" cuadrada, y la siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior.

Tabla N°12. El N° de mallas en función al número de aberturas por pulgada cuadrada.

TAMICES ESTANDAR		
DENOMINACIÓN DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.00	75.00
1 1/2"	1.50	37.50
3/4"	0.75	19.00
3/8"	0.375	9.50
N° 4	0.187	4.75
N° 8	0.0937	2.36
N° 16	0.0469	1.18
N° 30	0.0234	0.59
N° 50	0.0117	0.295
N° 100	0.0059	0.1475
N° 200	0.0029	0.0737

El significado práctico del análisis granulométrico de los agregados, estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades de C° fresco, así como en algunas del C° endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos del Diseño de Mezclas.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO: La granulometría de un agregado grueso de un tamaño máximo dado, puede variar dentro de una variedad relativamente amplia de valores, sin producir efecto apreciable en las cantidades necesarias de cementos y de agua si la proporción de agregado fino produce concreto manejable.

Se considera tamaño máximo de un agregado, al determinado por la malla inmediatamente superior a aquella que retiene (acumulado) 15% o más del material. El tamaño máximo que se puede usar, generalmente depende del tamaño y la forma de los miembros de concreto, de la cantidad y distribución del acero de refuerzo.

En general, el tamaño máximo de agregados no debe exceder de:

- Un quinto de la menos separación entre los lados del encofrado.
- Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo.
- Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

Se puede desistir de estos requisitos si en la opinión del ingeniero, la mezcla es lo suficiente manejable para que el concreto pueda colocarse asegurando sus fines.

MÓDULO DE FINEZA (MF): Se define como la sumatoria de los %s retenidos, acumulativos de la serie de tamices standard, hasta el tamiz N° 100 y esta cantidad dividida entre 100.

El sustento matemático de MF reside en que: es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Se debe tener en cuenta que se aplica tanto, a la piedra, como a la arena que en general, sirva para caracterizar c/agregado independiente o la mezcla de agregados en conjunto. La base experimental que apoya la MF es que: granulometrías con igual MF independientemente de la gradación individual requiere la misma cantidad de H₂O, para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia, siendo un parámetro ideal para el diseño y control de mezcla.



Figura N° 12: Equipos para realizar análisis granulométrico del agregado grueso.



Figura N° 13: Equipos para realizar el análisis granulométrico del agregado fino.

PESO UNITARIO:

Es el cociente de dividir el peso de las partículas, entre el volumen total, incluyendo los vacíos. Al incluir los vacíos entre partículas, está influenciado por la manera como se acomodan estas, lo que conviene en un parámetro relativo. Según norma ASTM, el método para evaluarla es compactarlo en molde metálico con 25 golpes con varilla de 5/8" en 03 capas.

Tabla N°14. Pesos unitarios sueltos y compacto ASTM C 29/C-29 M, NTP 400.017, resistencia de diseño 210 Kg/cm².

DETERMINACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS SUELTO Y COMPACTO ASTM C 29/C - 29 M, NTP 400.017

RESISTENCIA DE DISEÑO 210 kg/cm²
--

agregado: fino

cantera: arena de río tacllán

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTO		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
peso de molde + material	7533.00	7563.00	7533.00	7829.00	7850.00	7838.00
peso de molde	2805.00	2806.00	2806.00	2806.00	2805.00	2805.00
peso de material	4727.00	4757.00	4727.00	5023.00	5044.00	5032.00
volumen de molde	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73
peso unitario (kg/m ³)	1684.00	1694.00	1684.00	1789.00	1795.00	1792.00
peso unitario promedio (kg/m ³)	1,687.00			1,793.00		

agregado: grueso

cantera: canto rodado de río tacllán

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTO		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
peso de molde + material	22805.00	22765.00	22722.00	24345.00	24686.00	24355.00
peso de molde	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00
peso de material	15385.00	15345.00	15302.00	16925.00	16869.00	16935.00
volumen de molde	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43
peso unitario (kg/m ³)	1635.00	1630.00	1626.00	1796.00	1792.00	1799.00
peso unitario promedio (kg/m ³)	1630.00			1797.00		

Tabla N°15. Pesos unitarios sueltos y compacto ASTM C 29/C-29 M, NTP 400.017, resistencia de diseño 280 Kg/cm².

DETERMINACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS SUELTO Y COMPACTO ASTM C 29/C - 29 M, NTP 400.017

RESISTENCIA DE DISEÑO 280 kg/cm²

agregado: fino

cantera: arena de rio tacllán

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTO		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
peso de molde + material	7355.00	7563.00	7533.00	7829.00	7850.00	7838.00
peso de molde	2805.00	2806.00	2806.00	2806.00	2805.00	2805.00
peso de material	4727.00	4757.00	4727.00	5023.00	5044.00	5032.00
volumen de molde	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73
peso unitario (kg/m ³)	1684.00	1694.00	1684.00	1789.00	1795.00	1792.00
peso unitario promedio (kg/m³)	1,687.00			1,793.00		

agregado: grueso

cantera: canto rodado de rio tacllán

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTO		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
peso de molde + material	22805.00	22765.00	22722.00	24345.00	24686.00	24355.00
peso de molde	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00
peso de material	15385.00	15345.00	15302.00	16925.00	16869.00	16935.00
volumen de molde	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43
peso unitario (kg/m ³)	1635.00	1630.00	1626.00	1796.00	1792.00	1799.00
peso unitario promedio (kg/m³)	1,630.00			1,797.00		

Tabla N°16. Resumen de las características físicas de los agregados.

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS						
AGREGADOS	CONTENIDO HUMEDAD (%)	ABSORCIÓN (%)	PESO ESPECÍFICO	MODULO DE FINEZA	PESOS UNITARIOS (kg/m ³)	
					SUELTO	COMPACTO
Arena del rio	7.69	2.50	2.57	2.91	1,687.00	1,793.00
	7.69	2.52	2.59	2.91	1,687.00	1,793.00
promedio	7.69	2.51	2.58	2.91	1687.00	1793.00
canto rodado tamaño maximo 3/4"	2.56	1.00	2.62	1,630.00	1,797.00
	2.56	1.05	2.63	1,630.00	1,797.00
promedio	2.56	1.02	2.63	1630.00	1797.00

INTERPRETACIONES:

1. La arena del rio, tiene mayor cantidad de humedad que el agregado grueso.
2. La arena del rio, tiene mayor absorción que el agregado grueso.
3. La arena del rio, tiene menor peso específico que el agregado grueso.
4. La arena de rio tiene el mayor peso unitario suelto de 1687 kg/cm³, que el agregado grueso que es de 1630 kg/cm³.
5. El agregado grueso tiene mayor peso unitario compactado 1797 kg/cm³ que la arena del rio que es de 1793 kg/cm³.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

DEFINICION: Es la aplicación teórica-practica de los conocimientos científicos, sobre la interacción entre ellos, para lograr un concreto que satisfaga un proyecto.

En la tecnología del concreto, no se separa el diseño de la mezcla del procedimiento constructivo por existir correspondencia biunívoca, pues para un proyecto se tiene:

- Condiciones ambientales.
- Diseño estructural.
- Materiales.
- Mano de obra.
- Equipo.

Los diseños de mezcla de concreto, se realizan inicialmente en base a pesos secos de los agregados, para luego ser corregidos por contenido de humedad y absorción reales.

METODO DE DISEÑO:

El método de diseño adoptado en la presente investigación es el del Instituto Americano de Concreto (ACI) – Perú con el cual se logra.

- a. Diseño más económico, ya que se requiere menor cantidad de agua, por lo tanto, menor cantidad de cemento para determinar la resistencia a la compresión del concreto ($F'c$).
- b. Lograr mayor o menor trabajabilidad que se desea en el concreto, modificando el contenido de piedra (agregado grueso) que puede oscilar entre más o menos el 10%.

EL METODO REQUIERE:

1. Que los agregados cumplan los requisitos físicos y granulométricos establecidos por las normas ASTM, logrando en función al tamaño máximo de la piedra (agregado grueso), establecer las cantidades de agua amasados por los diferentes grados de slumps, y contenido de aire tanto para concreto sin aire incorporado

como concreto con aire incorporado, en este último caso teniendo en cuenta el grado de exposición del concreto (normal, moderado o extrema).

Tabla N°17. Diseño de mezcla según ACI – 211 – 1 – 91.

CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE AMASADO PARA DIFERENTES SLUMP, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO Y CONTENIDO DE AIRE (ACI.211-1-91)								
SLUMP	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO							
	3/8"	½"	¾"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" – 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" – 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" – 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
% AIRE ATRAPADO	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" – 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" – 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" – 7"	216	205	197	184	174	168	154	---
% AIRE INCORPORADO EN FUNCIÓN AL GRADO DE EXPOSICIÓN								
NORMAL	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
MODERADA	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0
EXTREMA	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

- Correlacionar la relación agua/cemento (a/c) en peso con la resistencia a la compresión del concreto ($F'c$), en función a los asentamientos, en relación con el tipo de estructura en el que se va emplear el concreto, sea sin o con aire incorporado.

Tabla N°18. Relación de agua cemento VS resistencia ($F'c$).

F'c A 28 DIAS (Kg/cm ²)	RELACIÓN A/C (EN PESO)	
	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70
	Hasta con 2 % de aire atrapado	Hasta con 6% de aire incorporado

Tabla N°19. Asentamientos en relación con tipo de estructura (referencial y no limitativa).

TIPOS DE ESTRUCTURAS	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
ZAPATAS Y MUROS DE CONTENCIÓN REFORZADOS	3"	1"
CIMENTACIONES SIMPLES Y CALZADURAS	3"	1"
VIGAS Y MUROS ARMADOS	4"	1"
COLUMNAS	4"	2"
LOSAS Y PAVIMENTOS	3"	1"
CONCRETO CICLÓPEO	2"	1"

FACTORES DE SEGURIDAD: tomando como fuente, manuales y normas referentes a los conceptos aplicables a la resistencia a la compresión del concreto, tales como:

1. Manual de costos y presupuestos: especifican, que la resistencia del concreto $F'c$ de los planos, debe ser incrementadas por los factores porcentuales de seguridad "K" que varían entre 1.15 a 1.50, en función a la calidad de materiales y supervisión con que se cuente, para obtener la resistencia de concreto en la ejecución de obra.
2. El reglamento nacional de edificaciones y la norma peruana de estructuras presentan la siguiente tabla para la obtención de la resistencia a la compresión requerida $F'cr$ para la ejecución de obras.

Tabla N°20. Factor de seguridad.

FACTOR DE SEGURIDAD	
Resistencia ($F'C$) en Planos	Resistencia Requerida ($F'CR$) en Obras
De 210 a 350 kg/cm ²	$F'C + 84$ kg/cm ²

Por lo que, en la presente investigación, se ha tomado en cuenta dichos factores de seguridad, en el diseño de mezclas del concreto considerando los valores siguientes:

Tabla N°21. Resistencia requerida de factor de seguridad (F'_{cr}).

Resistencias (F'_{C}) de Investigación	Resistencia Requerida (F'_{CR}) de Resistencias de Investigación
210 kg/cm ²	294 kg/cm ²
280 kg/cm ²	364 kg/cm ²

Tabla N°22. Diseño de mezcla de concreto – método ACI 211. $F'_{c} = 210$ Kg/cm².

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - METODO ACI 211

RESISTENCIA DE DISEÑO 210 kg/cm²

Agregado: fino

Cantera: canto rodado de rio taclán

DATOS TECNICOS AGREGADO FINO

Módulo de fineza = 2.91	Peso específico (Ton/m ³) = 2.570
Contenido de humedad (%) = 7.69	Peso seco suelto (Kg/m ³) = 1687
Absorción (%) = 2.50	Peso seco compactado (Kg/m ³) = 1793

Agregado: grueso

Cantera: canto rodado de rio taclán

	Peso específico (Ton/m ³) = 2.623
Contenido de humedad (%) = 2.56	Peso seco suelto (Kg/m ³) = 1630
Absorción (%) = 1.00	Peso seco compactado (Kg/m ³) = 1797

VALORES DE DISEÑO

Resistencia a la compresión = 210	Peso específico de cemento = 3.11
Tamaño maximo Nominal (Pulg) = 3/4	Revenimiento (pulg) = 3 - 4
Agua de mezclado (Lt) = 205	Aire Incluido (%) = 2
Relación a/c = 0.53	Volumen de Agregado Grueso (m ³) = 0.61

CANTIDAD DE MATERIALES POR m3 DE CONCRETO
--

MATERIAL	KG/m3
Cemento	387 (9.10 bolsas/m3)
Arena	647
Piedra	1121
Agua	157

MATERIALES	PROPORCIONES	
	PESO	VOLUMEN
	1.00	1.00
	1.70	1.40
	2.90	2.60
	0.41	17.2 Lt/bls

Tabla N°23. Diseño de mezcla de concreto – método ACI 211. $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - METODO ACI 211
--

RESISTENCIA DE DISEÑO 280 kg/cm2

Agregado: fino

Cantera: canto rodado de rio taclán

DATOS TECNICOS AGREGADO FINO

Módulo de fineza = 2.91	Peso específico (Ton/m3) = 2.589
Contenido de humedad (%) = 7.69	Peso seco suelto (Kg/m3) = 1687
Absorción (%) = 2.52	Peso seco compactado (Kg/m3) = 1793

Agregado: grueso

Cantera: canto rodado de rio taclán

	Peso específico (Ton/m3) = 2.625
Contenido de humedad (%) = 2.56	Peso seco suelto (Kg/m3) = 1630
Absorción (%) = 1.05	Peso seco compactado (Kg/m3) = 1797

VALORES DE DISEÑO

Resistencia a la compresión = 280	Peso específico de cemento = 3.11
Tamaño máximo Nominal (Pulg) = 3/4	Revenimiento (pulg) = 3 - 4
Agua de mezclado (Lt) = 205	Aire Incluido (%) = 2
Relación a/c = 0.45	Volumen de Agregado Grueso (m3) = 0.61

CANTIDAD DE MATERIALES POR m3 DE CONCRETO	
MATERIAL	KG/m3
Cemento	456 (10.72 bolsas/m3)
Arena	591
Piedra	1121
Agua	160

MATERIALES	PROPORCIONES	
	PESO	VOLUMEN
	1.00	1.00
	1.30	1.10
	2.50	2.20
	0.35	14.9 Lt/bls

Tabla N°24. Resumen de los diseños de mezcla de concreto realizado.

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO REALIZADOS CON AGREGADOS : FINO Y GRUESO DE LA CANTERA DE RIO TACLLÁN						
RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA						
RESISTENCIA DE DISEÑO F'c (Kg/cm3)	RELACIÓN A/C	TIPO DE AGREGADO FINO	TIPO DE AGREGADO GRUESO (Tam Max 3/4")	MATERIALES POR m3 DE CONCRETO (Kg)	PROPORCIONES	
					PESO	VOLUMEN
210	0.53	Arena del Rio	Canto Rodado	Cemento: 387	1	1
				Arena: 647	1.7	1.4
				Piedra: 1121	2.9	2.6
				Agua: 157	0.41	17.2 Lt/bls
280	0.45	Arena del Rio	Canto Rodado	Cemento: 456	1	1
				Arena: 591	1.3	1.1
				Piedra: 1121	2.5	2.2
				Agua: 160	0.35	14.9 Lt/bls

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La resistencia a la compresión del concreto que se muestran, corresponde a briquetas de diámetro 15" por altura de 30", y por lo tanto, tienen una relación de esbeltez de dos (2), curados en condiciones normales en periodo de 7 días como mínimo, y ensayadas a los 7, 14,21 y 28 días de edad, periodo en el cual se considera que el concreto a alcanzado su resistencia al 100%.

ENSAYO DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

En base a la cantidad de materiales en peso, obtenidos en los diseños de mezclas de concreto, se ha confeccionado briquetas de concreto para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², hallándose en proceso de curado, 18 briquetas de 210 kg/cm² y otros de 18 de 280 kg/cm², los cuales fueron ensayados a los 7, 14, 21 y 28 días, cumplido los 28 días, 3 briquetas de $f'c = 210$ kg/cm² y otros de 3 de $f'c = 280$ kg/cm², fueron sometidos a sulfato de sodio al 50% por un periodo de 30 días, además de 3 briquetas de $f'c = 210$ kg/cm² y 3 de $f'c = 280$ kg/cm², fueron sometidos a sulfato de sodio al 100%, por un periodo de 30 días, los cuales fueron ensayados cumplido este tiempo de plazo.



Figura N° 14. Balanza para pesado de materiales, trompo para mezclado.



Figura N° 15. Determinación del slump de la mezcla de concreto mediante el Cono de Abrahams.



Figura N° 16. Equipo y fabricación de briquetas de concreto con cemento sol.



Figura N° 17. Curado de briquetas de concreto con agua.



Figura N° 18. Sulfato de sodio a utilizarse en las pruebas de laboratorio.



Figura N° 19. Se observa la inmersión de las briquetas en el sulfato de sodio.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.

La resistencia a la compresión del concreto de forma cilíndrica de diámetro de $d = 15$ cm y altura $h = 30$ cm, con relación de esbeltez $h/d = 2$; se ensayan en la máquina de compresión uniaxial simple, obteniéndose las resistencias mediante la expresión:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$F'c$ = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²).

P = Cargo de rotura que soporta la Briqueta (kg).

A = Área de la sección transversal de la briqueta (cm²).



Figura N° 20: Máquina a compresión uniaxial simple para ensayo de briquetas de concreto.



Figura N° 21: Ensayo de briquetas y lectura de carga.



Figura N° 22: Ensayo de briquetas y lectura de carga.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS:

Tabla N°25. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal sin agente químico de 7 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 7 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	115.16
muestra N° 2	80.16
muestra N° 3	90.06

MUESTRA PROMEDIO DE 7 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	95.13

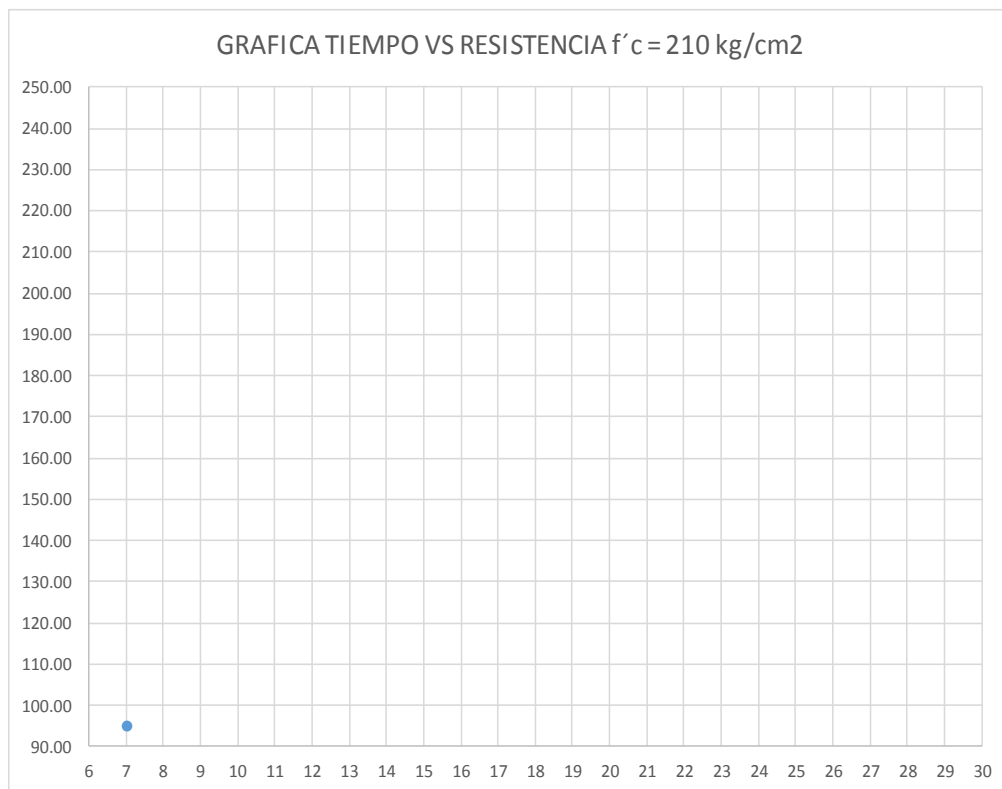


Figura N° 23: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. De 7 días.

Tabla N°26. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal sin agente químico de 14 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 14 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	195.70
muestra N° 2	160.70
muestra N° 3	170.60

MUESTRA PROMEDIO DE 14 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	175.67

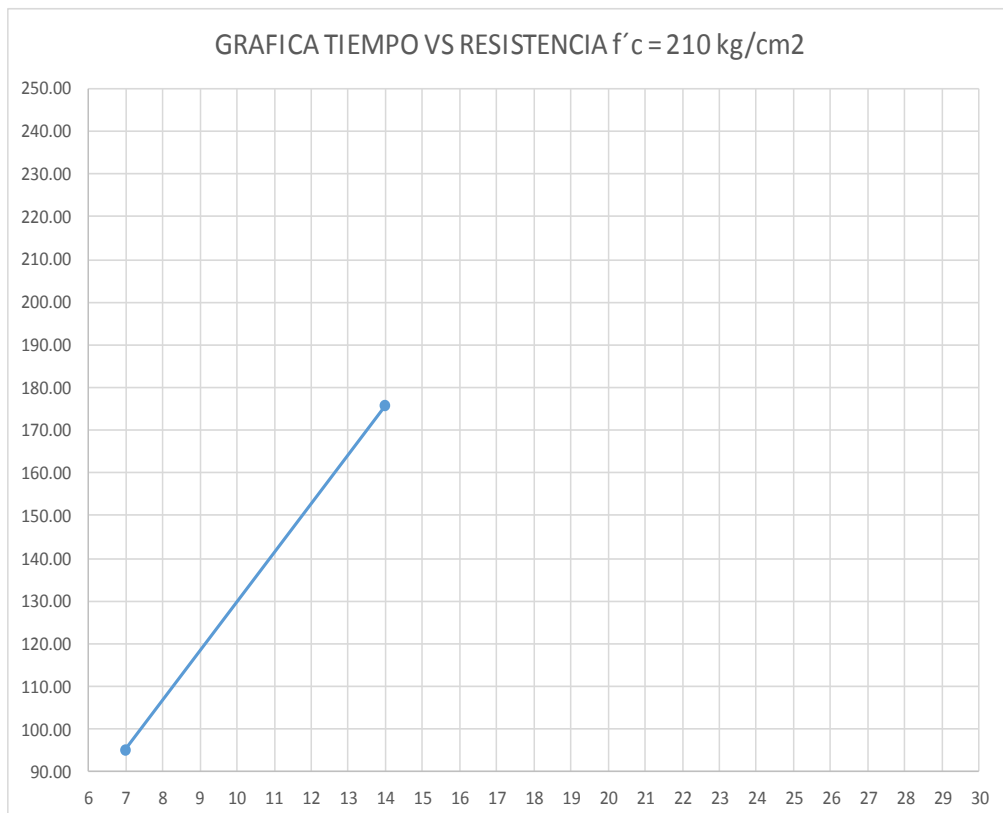


Figura N° 24: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. De 14 días.

Tabla N°27. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal sin agente químico de 21 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 21 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	252.53
muestra N° 2	230.90
muestra N° 3	179.92

MUESTRA PROMEDIO DE 21 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	221.12

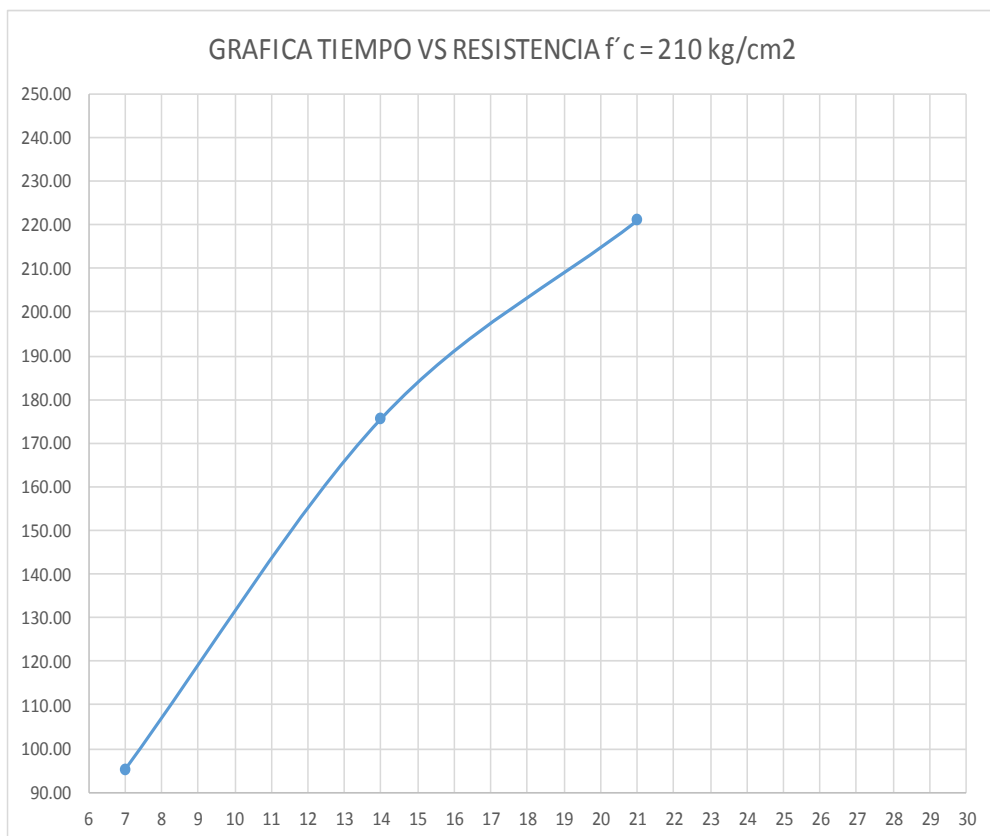


Figura N° 25: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. De 21 días.

Tabla N°28. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal sin agente químico de 28 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 28 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	211.62
muestra N° 2	265.95
muestra N° 3	251.82

MUESTRA PROMEDIO DE 28 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	243.13

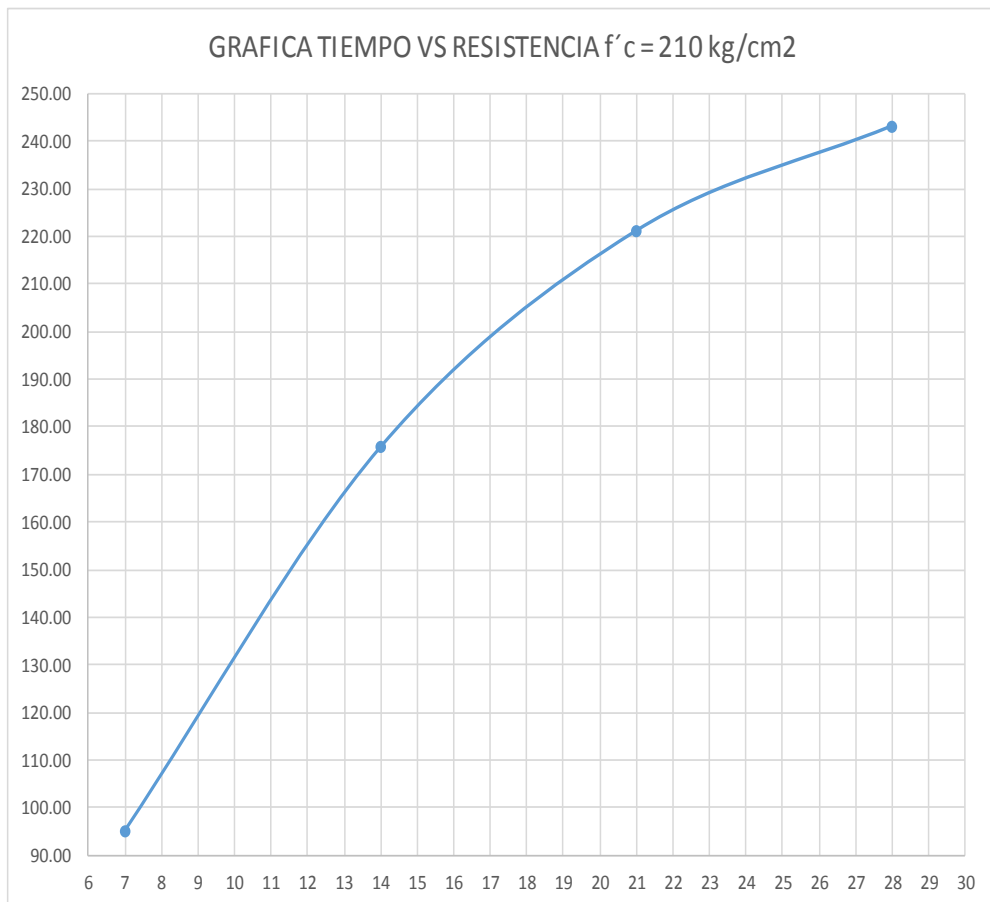


Figura N° 26: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. De 28 días.

Tabla N°29. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal con influencia del agente químico al 50% después de 30 días de exposición, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	205.18
muestra N° 2	195.18
muestra N° 3	113.18

MUESTRA PROMEDIO DE 30 DIAS DE EXPOSICION	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	171.18

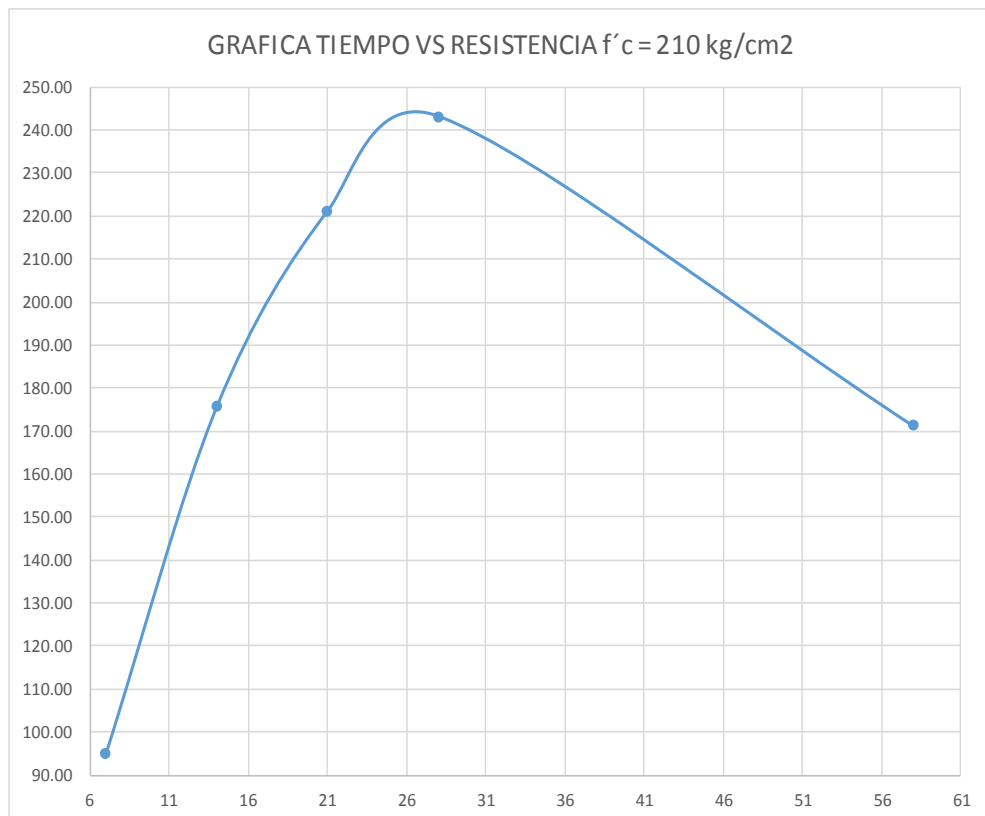


Figura N° 27: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Después de 30 días de exposición al agente químico sulfato de sodio al 50%.

Tabla N°30. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal con influencia del agente químico al 100% después de 30 días de exposición, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	140.6
muestra N° 2	195.7
muestra N° 3	130.65

MUESTRA PROMEDIO DE 30 DIAS DE EXPOSICION	
MUESTRAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	155.65

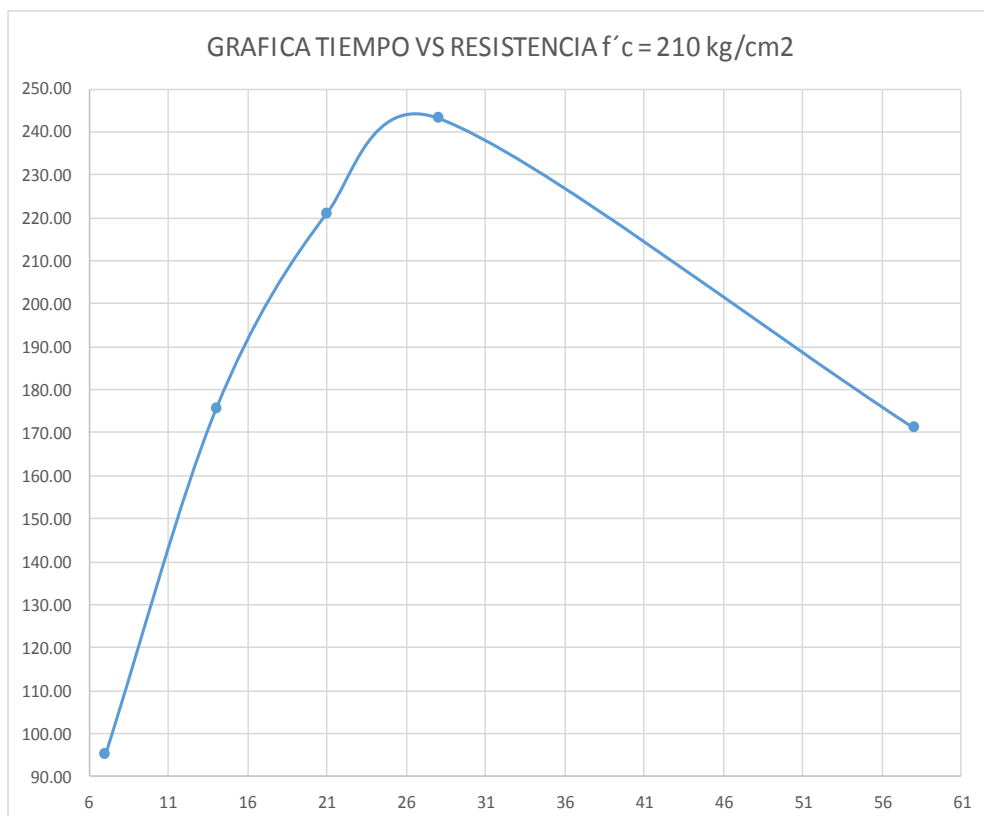


Figura N° 28: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Después de 30 días de exposición al agente químico sulfato de sodio al 100%.

Tabla N°31. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal, sin agente químico de 7 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 7 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	145.80
muestra N° 2	102.81
muestra N° 3	118.66

MUESTRA PROMEDIO DE 7 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	122.42

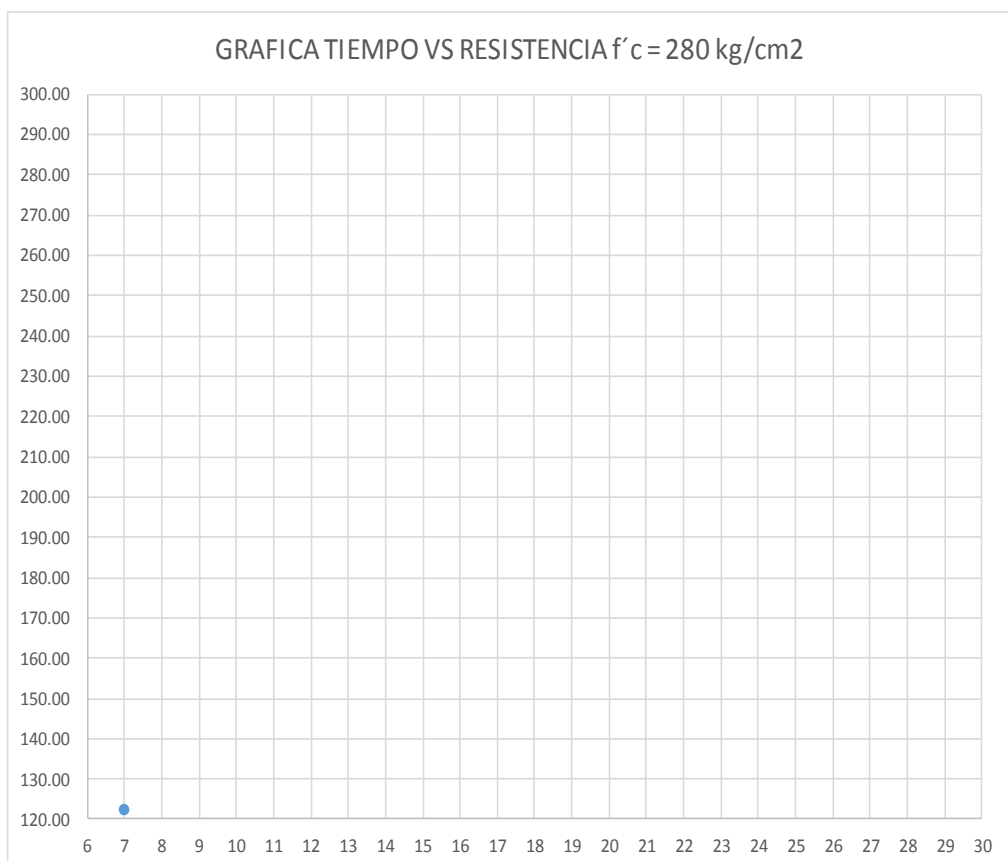


Figura N° 29: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. De 7 días.

Tabla N°32. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal, sin agente químico de 14 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 14 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	226.34
muestra N° 2	183.35
muestra N° 3	199.20

MUESTRA PROMEDIO DE 14 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	202.96

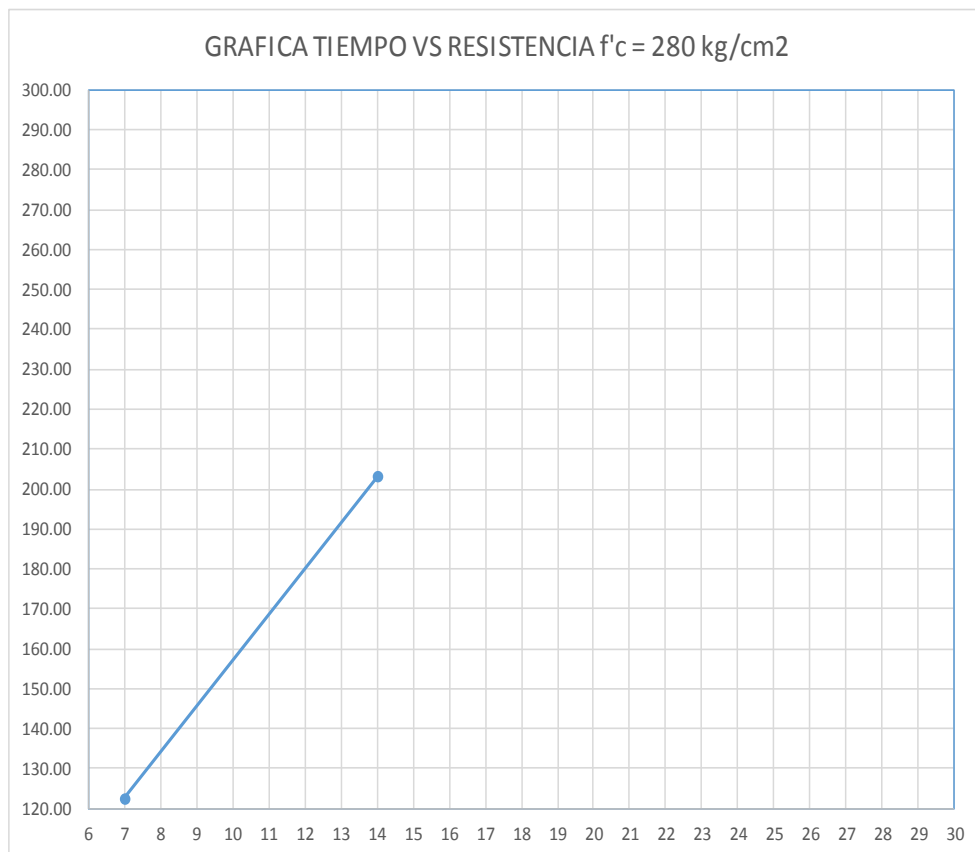


Figura N° 30: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. De 14 días.

Tabla N°33. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal, sin agente químico de 21 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 21 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	282.96
muestra N° 2	272.74
muestra N° 3	237.60

MUESTRA PROMEDIO DE 21 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	264.43

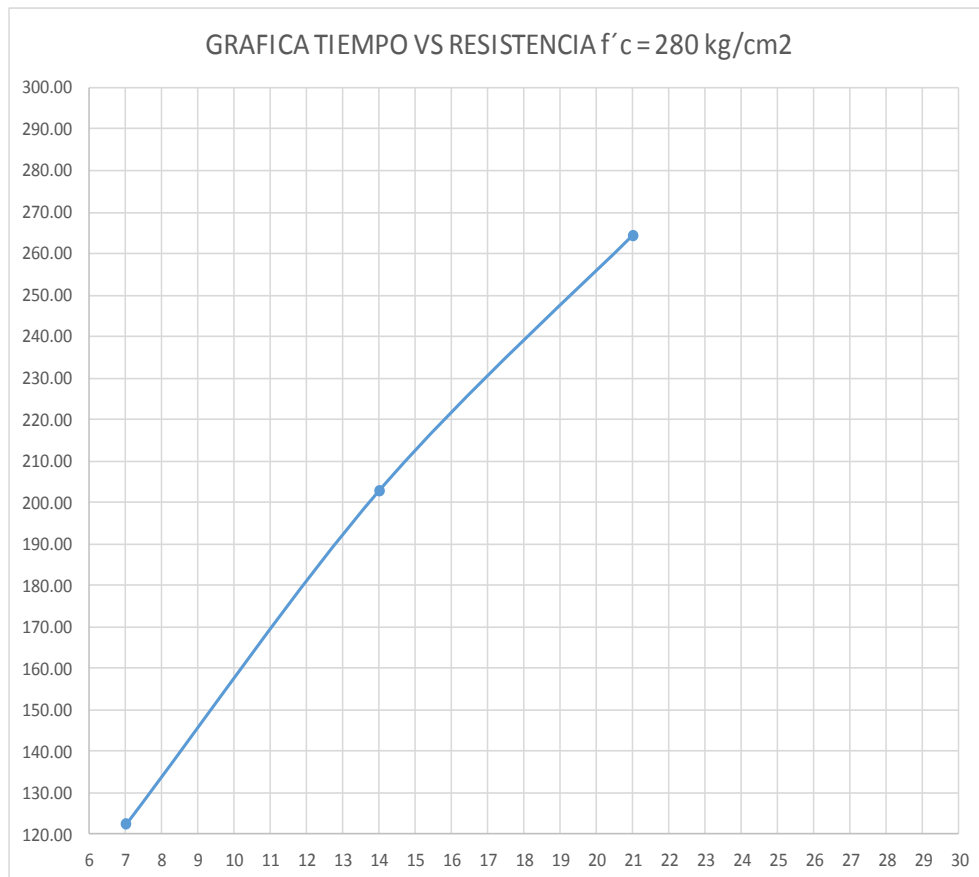


Figura N° 31: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. De 21 días.

Tabla N°34. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal, sin agente químico de 28 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 28 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	289.43
muestra N° 2	278.40
muestra N° 3	307.25

MUESTRA PROMEDIO DE 28 DIAS	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	291.69

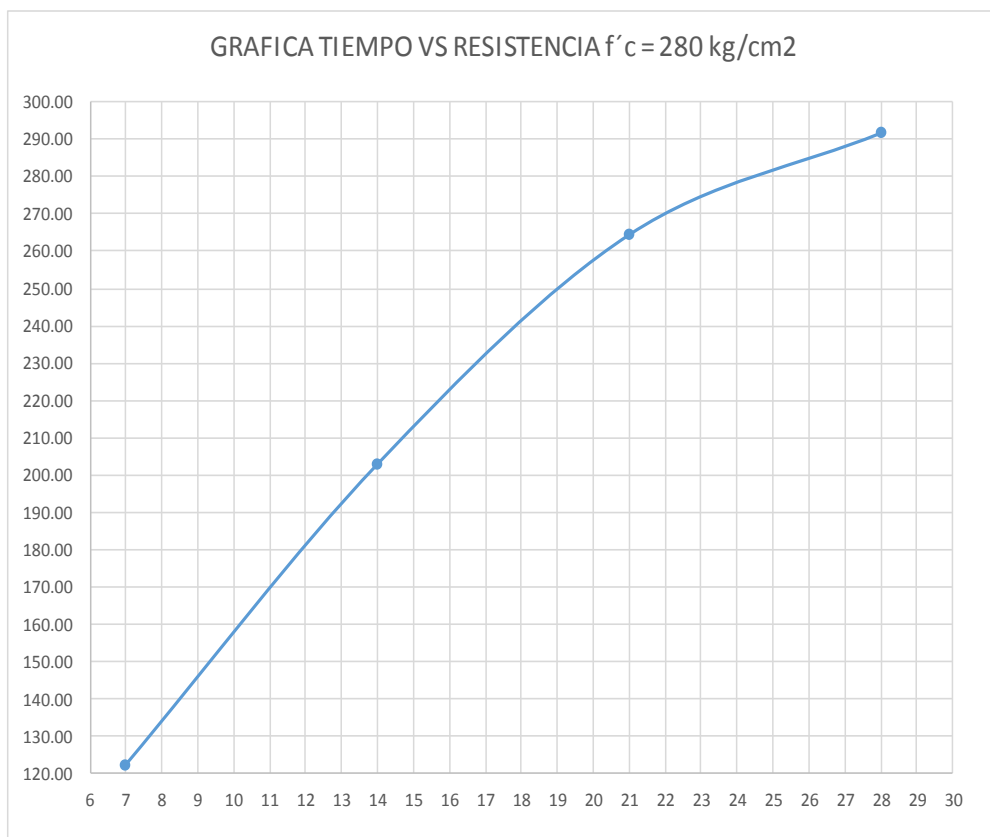


Figura N° 32: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. De 28 días.

Tabla N°35. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal, con influencia del agente químico al 50%, después de 30 días de exposición, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	250.42
muestra N° 2	276.34
muestra N° 3	242.12

MUESTRA PROMEDIO DE 30 DIAS DE EXPOSICION	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	256.29

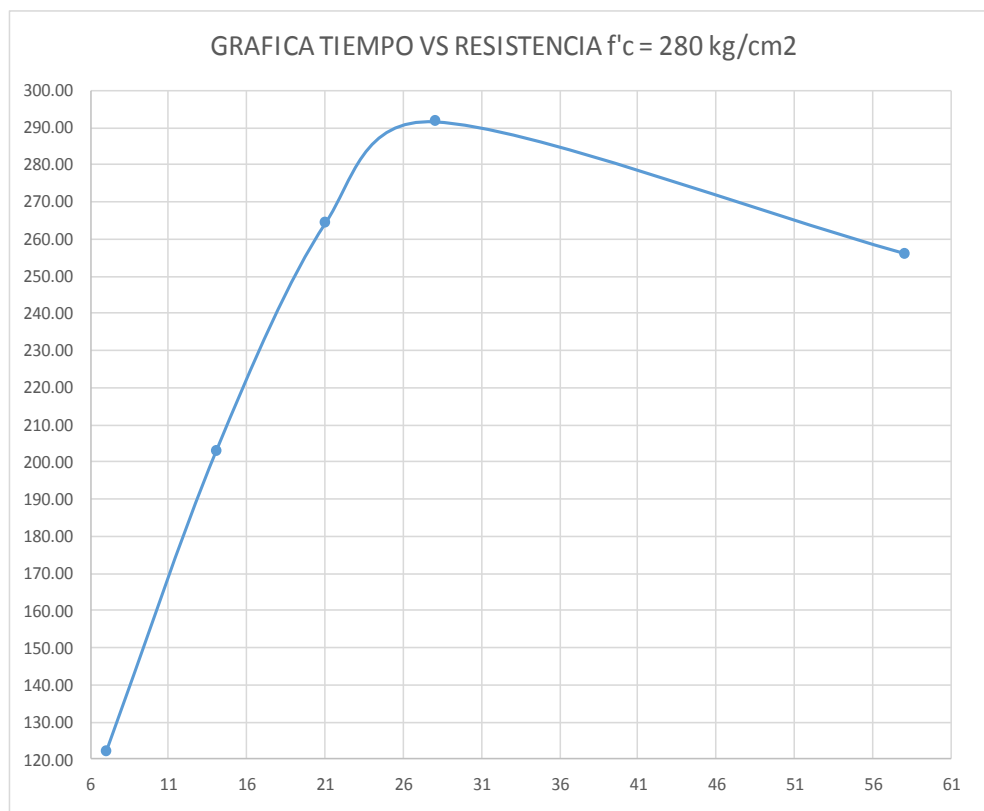


Figura N° 33: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. Después de 30 días de exposición al agente químico sulfato de sodio al 50%.

Tabla N°36. Determinación de la muestra de briqueta, con resistencia a la compresión de concreto normal, con influencia del agente químico al 100%, después de 30 días de exposición, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

BRIQUETAS DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra N° 1	260.34
muestra N° 2	220.12
muestra N° 3	234.42

MUESTRA PROMEDIO DE 30 DIAS DE EXPOSICION	
MUESTRAS	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	238.29

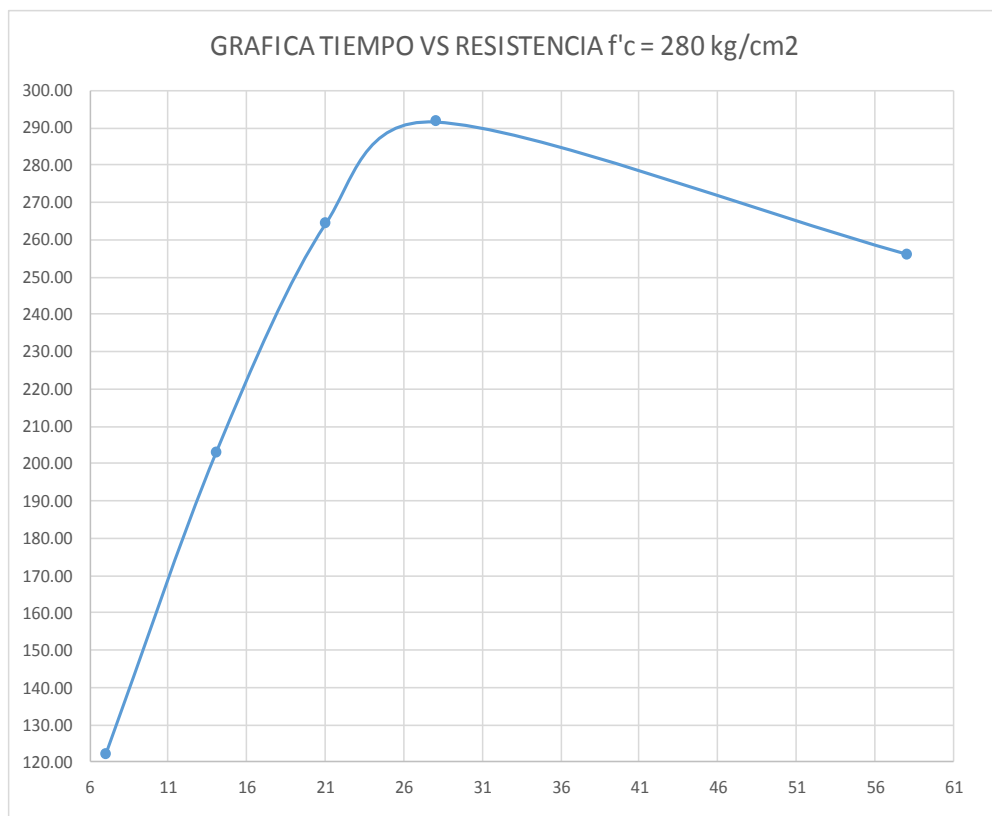


Figura N° 34: Gráfica tiempo VS Resistencia $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. Después de 30 días de exposición al agente químico sulfato de sodio al 100%.

4.2. DISCUSIÓN:

Tabla N°37. Contrastación entre concreto normal de 28 días, sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 50%, después de 30 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

MUESTRA	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DÍAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	243.13	171.18

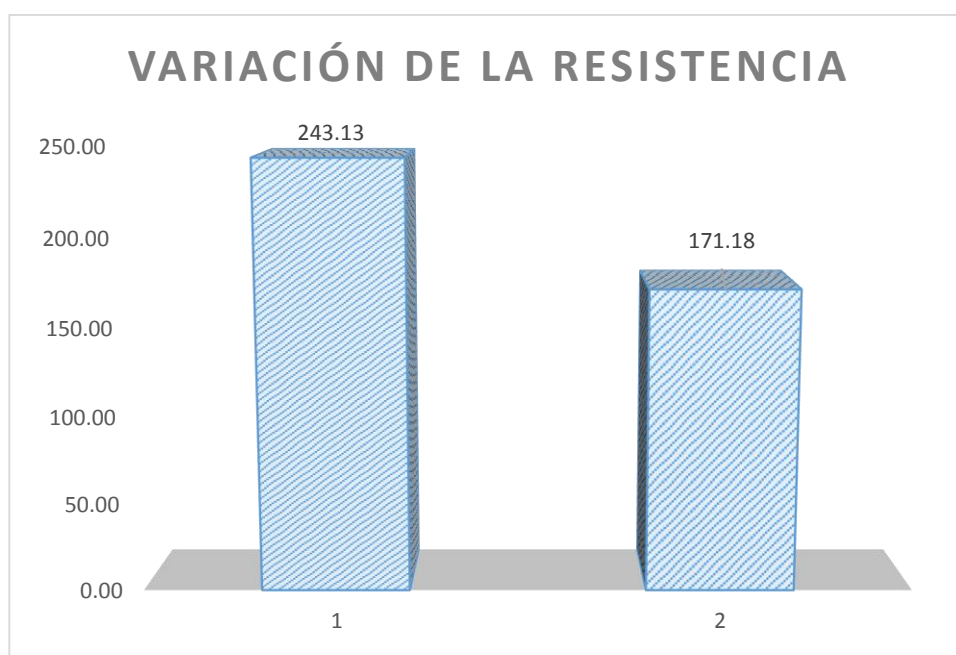


Figura N° 35: La Variación de la resistencia entre el concreto sin influencia de agentes químicos VS concreto influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

1. Para el concreto, cuya resistencia de diseño es de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, según el ensayo de laboratorio, se ha encontrado $F'c = 243.13 \text{ Kg/cm}^2$, pero cuando es influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición, presenta una muestra promedio de resistencia de $F'c = 171.18 \text{ Kg/cm}^2$.

La diferencia de resistencia entre concreto sin exposición al agente químico VS concreto expuesto al agente químico es de $F'c = 71.95 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla N°38. Diferencia de porcentaje entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 50% después de 30 días, $F'c = 210$ Kg/cm².

PORCENTAJE	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DÍAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 210$ kg/cm ²	$F'c = 210$ kg/cm ²
diferencia en %	115.78%	81.51%

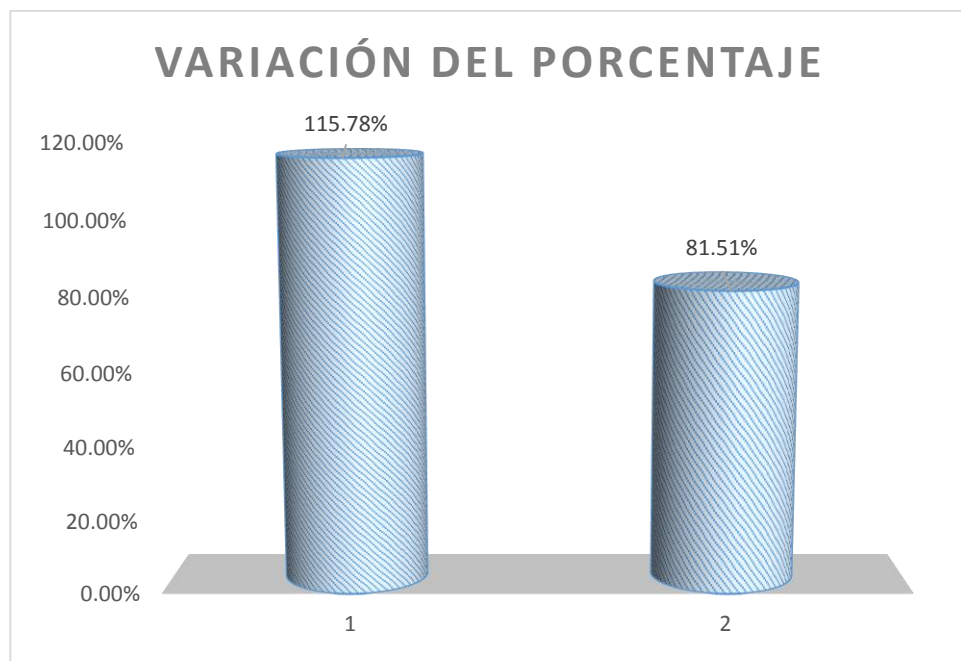


Figura N° 36: La Variación del porcentaje entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición $F'c = 210$ Kg/cm².

- Para el concreto de resistencia de $F'c = 243.13$ Kg/cm², representa un porcentaje de 115.78%, es decir, 15.78 % mayor a lo previsto, mientras tanto, cuando es influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición, se encontró una resistencia de $F'c = 171.18$ Kg/cm². El cual hace un porcentaje de 81.51%, es decir, la resistencia disminuye en 18.49 % del diseño realizado.

Cabe resaltar, que la diferencia de porcentaje entre lo obtenido sin agente químico VS lo expuesto al agente químico es de 34.27 %.

Tabla N°39. Contrastación entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 50% después de 30 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

MUESTRA	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DIAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	291.69	256.29

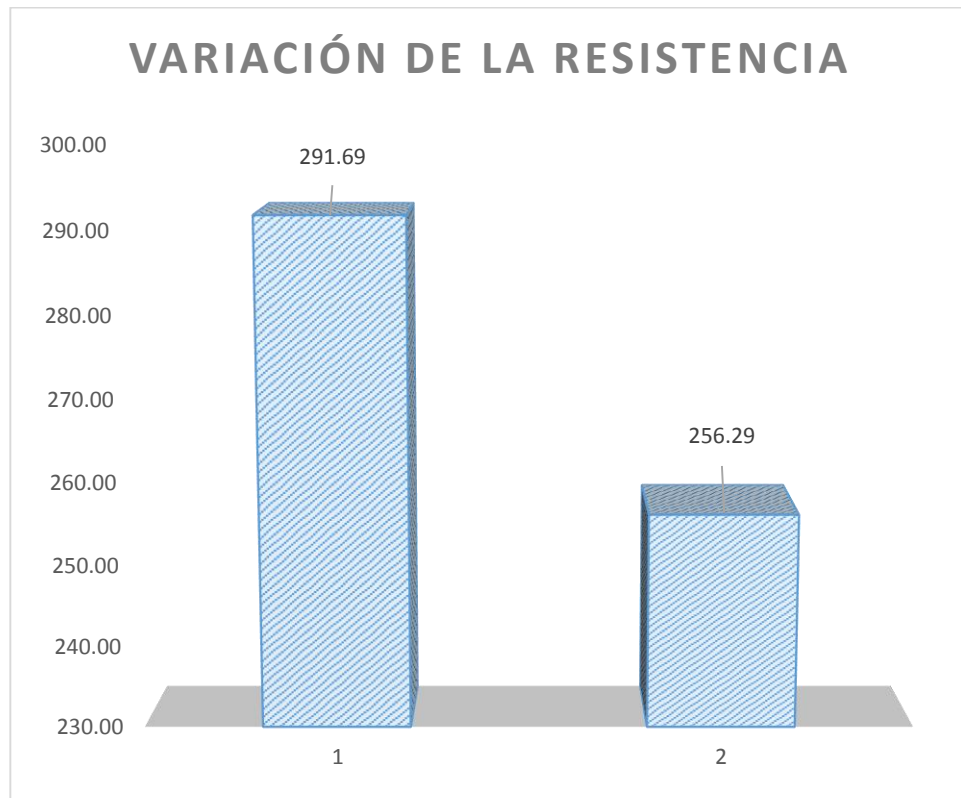


Figura N° 37: La Variación de la resistencia entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

- Para el concreto cuya resistencia de diseño es de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, según el ensayo del laboratorio se ha encontrado $F'c = 291.69 \text{ Kg/cm}^2$, pero cuando es influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición, presenta una muestra promedio de resistencia de $F'c = 256.29 \text{ Kg/cm}^2$.

La diferencia de resistencia entre concreto sin exposición al agente químico VS concreto expuesto al agente químico es de $F'c = 35.40 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla N°40. Diferencia de porcentaje entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 50% después de 30 días, $F'c = 280$ Kg/cm².

PORCENTAJE	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DIAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 280$ kg/cm ²	$F'c = 280$ kg/cm ²
diferencia en %	104.18%	91.53%

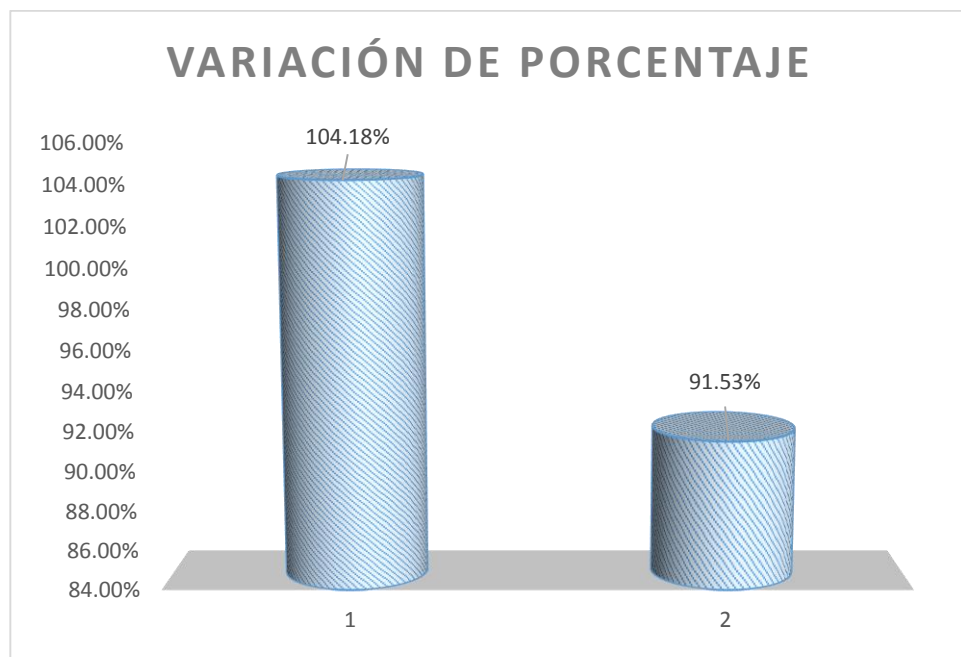


Figura N° 38: La Variación del porcentaje entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición $F'c = 280$ Kg/cm².

4. Para el concreto de resistencia de $F'c = 291.69$ Kg/cm², representa un porcentaje de 104.18 %, es decir, 4.18 % mayor a lo previsto, mientras tanto, cuando es influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición, se encontró una resistencia de 256.29 Kg/cm². El cual hace un porcentaje de 91.53%, es decir, la resistencia disminuye en 8.47 % del diseño realizado.

Cabe resaltar que la diferencia de porcentaje entre lo obtenido sin agente químico VS lo expuesto al agente químico es de 12.65 %.

Tabla N°41. Contratación entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 100% después de 30 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

MUESTRA	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DÍAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	243.13	155.65

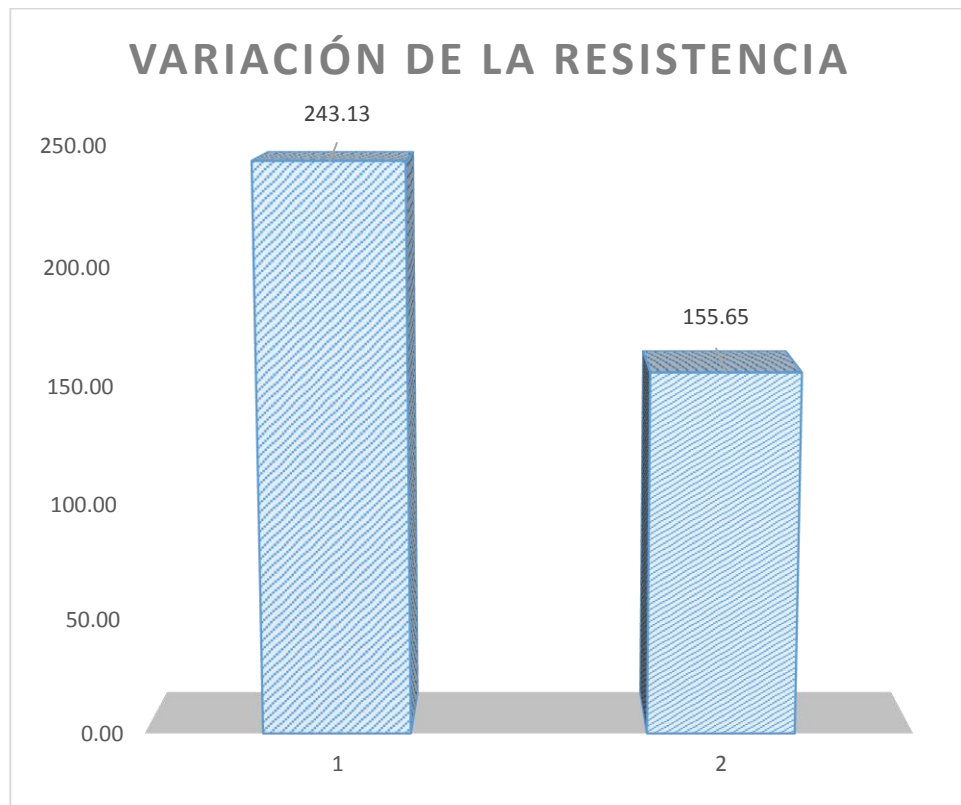


Figura N° 39: La Variación de la resistencia entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 100 % durante 30 días de exposición $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

- Para el concreto cuya resistencia de diseño es de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, según el ensayo de laboratorio se ha encontrado $F'c = 243.13 \text{ Kg/cm}^2$, pero cuando es influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición, presenta una muestra promedio de resistencia de $F'c = 155.65 \text{ Kg/cm}^2$.

La diferencia de resistencia entre concreto sin exposición al agente químico VS concreto expuesto al agente químico es de $F'c = 87.48 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla N°42. Diferencia de porcentaje entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 100% después de 30 días, $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

PORCENTAJE	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DÍAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
diferencia en %	115.78%	74.12%

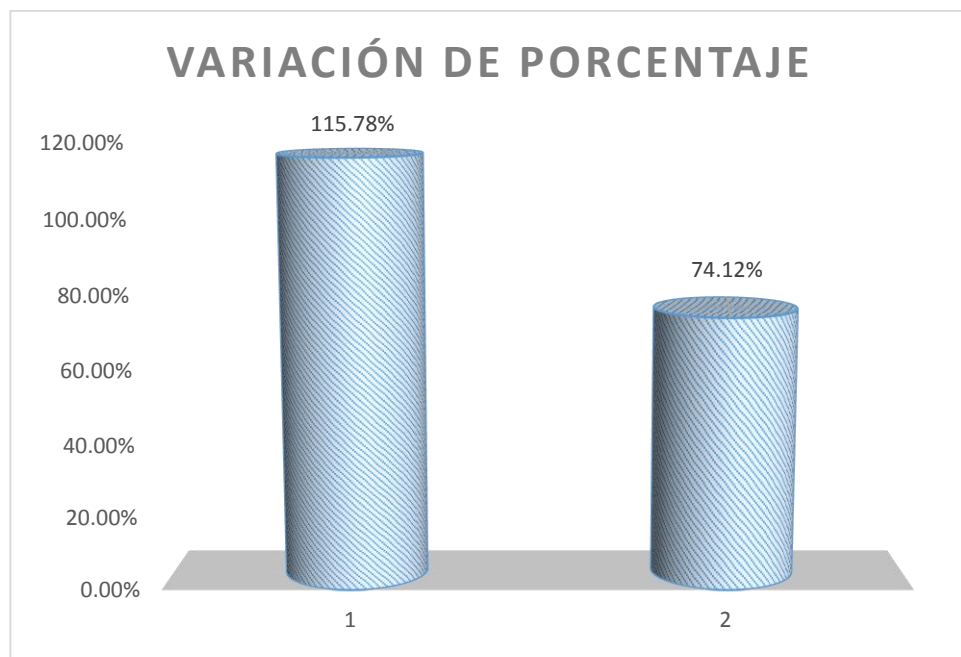


Figura N° 40: La Variación del porcentaje entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 100 % durante 30 días de exposición $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

6. Para el concreto de resistencia de $F'c = 243.13 \text{ Kg/cm}^2$, representa un porcentaje de 115.78 %, es decir, 15.78 % mayor a lo previsto, mientras tanto, cuando es influenciado con el agente sulfato al 100 % durante 30 días de exposición, se encontró una resistencia de $F'c = 155.65 \text{ Kg/cm}^2$. El cual hace un porcentaje de 74.12 %, es decir, la resistencia disminuye en 25.88 % del diseño realizado.

Cabe resaltar que la diferencia de porcentaje entre lo obtenido sin agente químico VS lo expuesto al agente químico es de 41.66 %.

Tabla N°43. Contrastación entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 100% después de 30 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

MUESTRA	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DIAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
muestra promedio	291.69	238.29

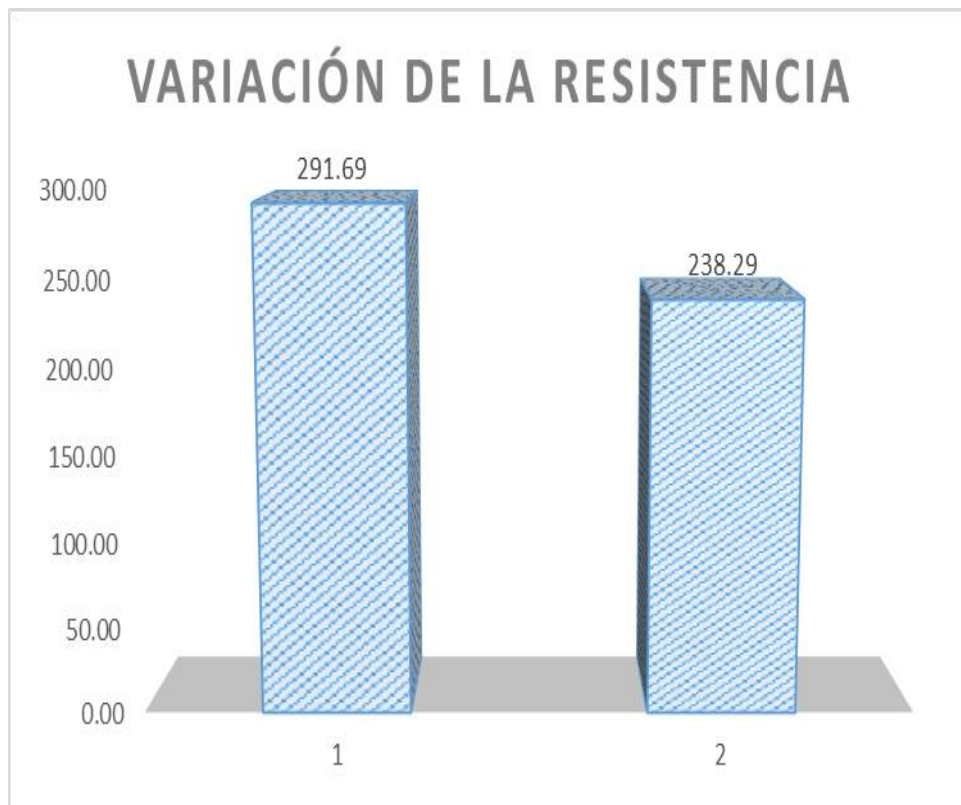


Figura N° 41: La Variación de la resistencia entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 100 % durante 30 días de exposición $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

- Para el concreto cuya resistencia de diseño es de $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, según el ensayo del laboratorio se ha encontrado $F'c = 291.69 \text{ Kg/cm}^2$, pero cuando es influenciado con el agente sulfato al 50 % durante 30 días de exposición, presenta una muestra promedio de resistencia de $F'c = 238.29 \text{ Kg/cm}^2$.

La diferencia de resistencia entre concreto sin exposición al agente químico VS concreto expuesto al agente químico es de $F'c = 53.40 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla N°44. Diferencia de porcentaje entre concreto normal de 28 días sin agente químico VS concreto expuesto al agente químico al 100% después de 30 días, $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

PORCENTAJE	RESISTENCIA DE DISEÑO NORMAL A LOS 28 DÍAS	RESISTENCIA DE DISEÑO CON AGENTE SULFATO DESPUES DE 30 DIAS DE EXPOSICIÓN
	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
diferencia en %	104.18%	85.10%

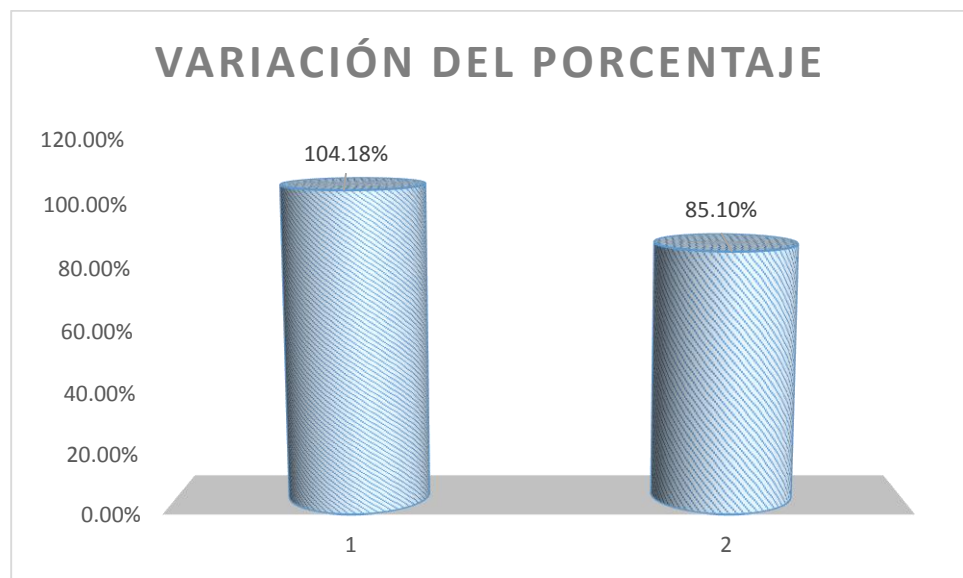


Figura N° 42: La Variación del porcentaje entre el concreto sin influencia de agente químico VS concreto influenciado con el agente sulfato al 100 % durante 30 días de exposición $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

8. Para el concreto de resistencia de $F'c = 291.69 \text{ Kg/cm}^2$, representa un porcentaje de 104.18 %, es decir, 4.18 % mayor a lo previsto, mientras tanto, cuando es influenciado con el agente sulfato al 100 % durante 30 días de exposición, se encontró una resistencia de $F'c = 238.29 \text{ Kg/cm}^2$. El cual hace un porcentaje de 85.10 %, es decir, la resistencia disminuye en 14.90 % del diseño realizado.

Cabe resaltar que la diferencia de porcentaje entre lo obtenido sin agente químico VS lo expuesto al agente químico es de 19.08 %.

Tabla N°45. Cuadro comparativo final de los resultados encontrados en laboratorio.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO (Kg/cm ²)		GRADO DE EXPOSICIÓN AL SULFATO (%)	RESISTENCIA INFLUENCIADA POR SULFATO (Kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIAS	
DISEÑO	RESISTENCIA DE LABORATORIO			VALORES ABSOLUTOS (Kg/cm ²)	VALORES PORCENTUALES (%)
210	243.13	50	171.18	71.95	34.27
		100	155.65	87.48	41.66
280	291.69	50	256.29	35.40	12.65
		100	238.29	53.40	19.08

4.3.CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Se valida la hipótesis, es decir; cuanto menor es el grado de exposición del sulfato, mayor es la resistencia a la compresión del concreto, en la ciudad de Huaraz, 2016 - 2017. (Cuadro N° 45).

CONCLUSIONES

1. El concreto con resistencia de diseño de 210 Kg/cm², arroja una resistencia promedio de 243.13 Kg/cm², después de haber sido influenciado con el agente sulfato al 50 % durante un periodo de 30 días de exposición, arroja una resistencia promedio de 171.18 Kg/cm², haciendo una diferencia de pérdida de resistencia de 71.95 Kg/cm², esta misma resistencia de diseño de concreto que ha sido influenciado con el agente sulfato al 100 % durante el mismo periodo de tiempo, arrojando esta última una resistencia promedio 155.65 Kg/cm², haciendo una diferencia de pérdida de resistencia de 87.48 Kg/cm².

De esta observación podemos concluir que el concreto 210 Kg/cm² influenciado al agente sulfato al 50% presenta una pérdida de resistencia promedio de 71.95 Kg/cm², mientras que el concreto que está influenciado al 100 % arrojó una pérdida de resistencia promedio de 87.48 Kg/cm².

2. El concreto con resistencia de diseño de 210 Kg/cm² representa el 100 % de resistencia, que al realizar la rotura de briquetas se encontraron con una resistencia promedio de 243.13 Kg/cm², esta representó un porcentaje de 115.78 %, después de haber sido influenciado con el agente sulfato al 50 % durante un periodo de 30 días de exposición, estas presentaron una resistencia promedio de 171.18 Kg/cm², el cual representa un porcentaje de 81.51 %, haciendo una diferencia porcentual de 34.27 %. Esta misma resistencia de diseño de concreto que ha sido influenciado con el agente sulfato al 100 % durante el mismo periodo de tiempo, presentaron una pérdida de resistencia promedio de 155.65 Kg/cm²,

el cual representa un porcentaje de 74.12 %, haciendo una diferencia de porcentual de 41.66 %.

De esta observación podemos concluir que el concreto 210 Kg/cm² influenciado al agente sulfato al 50% presenta una pérdida de resistencia porcentual de 34.27%, mientras que el concreto que está influenciado al 100 % arrojó una pérdida de resistencia porcentual de 41.66 %.

3. El concreto con resistencia de diseño de 280 Kg/cm², arroja una resistencia promedio de 291.69 Kg/cm², después de haber sido influenciado con el agente sulfato al 50 % durante un periodo de 30 días de exposición, arroja una resistencia promedio de 256.29 Kg/cm², haciendo una diferencia de pérdida de resistencia de 35.40 Kg/cm². esta misma resistencia de diseño de concreto después de haber sido influenciado con el agente sulfato al 100 % durante un periodo de 30 días de exposición, arroja una resistencia promedio 238.29 Kg/cm², haciendo una diferencia de pérdida de resistencia de 53.40 Kg/cm².

De esta observación podemos concluir que el concreto 280 Kg/cm² influenciado al agente sulfato al 50% presenta una pérdida de resistencia de promedio de 35.40 Kg/cm², mientras que el concreto que está influenciado al 100 % arrojó una pérdida de resistencia promedio de 53.40 Kg/cm².

4. Los concretos con resistencia de diseño de 280 Kg/cm² representa el 100 % de resistencia, que al realizar la rotura de briquetas se encontraron con una resistencia promedio de 291.69 Kg/cm, esta representó un porcentaje de 104.18 %, después de haber sido influenciado con el agente sulfato al 50 % durante un periodo de 30

días de exposición, estas presentaron una resistencia promedio de 256.29 Kg/cm², el cual representa un porcentaje de 91.53 %, haciendo una diferencia de porcentajes de 12.65 %. Esta misma resistencia de diseño de concreto que ha sido influenciado con el agente sulfato al 100%, durante el mismo periodo de tiempo, estas presentaron una resistencia promedio de 238.29 Kg/cm², el cual representa un porcentaje de 85.10 %, haciendo una diferencia de porcentajes de 19.08 %.

De esta observación podemos concluir que el concreto 280 Kg/cm² influenciado al agente sulfato al 50% presenta una pérdida de resistencia porcentual de 12.65 %, mientras que el concreto que está influenciado al 100 % arrojó una pérdida de resistencia porcentual de 19.08 %.

RECOMENDACIONES

1. Los resultados de nuestra investigación, nos demuestran que la presencia de sulfatos es una de las causas de disminución de resistencia del concreto, por ende, es necesario realizar las pruebas de campo a fin de tomar las medidas preventivas.
2. Que el concreto elaborado en el área de trabajo, debe de estar libre de sulfatos para evitar la pérdida de resistencia del concreto.
3. Cuando se determine que se tiene presencia de sulfatos en el área de trabajo es preferible emplear concretos de alta durabilidad.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. ACI 201. 1997. *“Guía para la Durabilidad del Hormigón”*.
2. Daniel Alfonso Ferreira Cuellar y Karen Milena Torres López. 2014. *“Caracterización Física de Agregados Pétreos para Concretos caso: Vista Hermosa (Mosquera) y Mina Memex (Apulo)”*. Universidad Católica de Colombia -facultad de ingeniería - programa de ingeniería civil. Colombia.
3. Edgar Percy Berrospi Rosales. 2003. *“estudio de la corrosión en estructuras de concreto armado en la ciudad de Huarmey”* facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Tesis para optar el título profesional. Perú.
4. Edwin Alberto Cortes Gómez y Jorge Enrique Perilla Sastoque. 2014. *“Estudio Comparativo de las Características Físico-Mecánicas de Cuatro Cementos Comerciales Portland Tipo I”* facultad de ingeniería. universidad militar nueva granada. Bogotá.
5. Francisco Muñoz Salinas y Carlos Javier Mendoza Escobedo. 2013. *“La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto”* Instituto de Ingeniería. UNAM. Revista Creative Commons. Barcelona – España. smoline@mail.imcyc.com
6. Gilberto Andrés Quirós Velasco y Ruth Miriam Santamaría Urrea. (2010). *“Evaluación del Efecto Del Ataque de Sulfatos sobre Concreto, Mediante la Técnica de la Velocidad del Pulso Ultrasónico (VPU)”*. Facultad de Ingenierías Físico Químicas y Físico Mecánicas. Escuelas de Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería Civil. Bucaramanga - Colombia.

7. Gilberto Cadena Espinosa. (2014). *“Mejoramiento de las propiedades mecánicas de concretos puzolánicos para incrementar su resistencia ante ataque de sulfatos”* Facultad de ingeniería. universidad autónoma de Queretaro. México.
8. Hoxdelys González y Fernando González. 2009. *“Estudio sobre la durabilidad del concreto bajo la agresión de cloruros y sulfatos, estudio de casos en la Ciudad de Panamá”*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá. Panamá.
9. Janneth Torres Agredo, Ruby Mejía de Gutiérrez y Constanza Gutiérrez. 2008. *“Desempeño de morteros adicionados con metacaolín frente a la acción de sulfatos”* revista ingeniería e investigación vol. 28 no. 1.
10. J. Fernando Márquez P. (2015). *“Mecanismos de biodeterioro del concreto reforzado”* Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. Departamento de Construcciones Civiles, Vías y Transporte. Colombia. jfmarque@bari.ufps.edu.com
11. Ligia M. Vélez. 2010. *“Permeabilidad y Porosidad en Concreto”* Facultad de Tecnologías. Instituto Tecnológico Metropolitano. Revista Tecno Lógicas. Lima-Perú.
12. Marco Cerna Vásquez y William Galicia Guarniz. 2010. *“Vida Útil es Estructuras de Concreto Armado desde el Punto de Vista del Comportamiento del Material”*. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Trujillo – Perú.
13. Miguel Ángel Bermúdez Odriozola. 2007. *“Corrosión de las Armaduras del Hormigón Armado en Ambiente Marino: Zona de Carrera de Mareas y Zonas Sumergidas”* Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Tesis Doctoral. Madrid.

14. Omar Alejandro Viveros Castillo. 2008. *“Comportamiento del potencial de corrosión de concreto reforzado expuesto al ambiente de la ciudad de Xalapa, Ver.”* Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Civil, Región Xalapa – México.
15. Rebeca Paz Aguilar Mundaca. (2007). *“determinación de la influencia de las nanomoléculas de sílice en el concreto frente a un factor que afecta su durabilidad”*. Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.
16. R. Talero, J. Palacios y J. E. Morales. (1994). *“la resistencia a los sulfatos de los cementos Portland y su grado de finura de molido: análisis de su relación”*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia. España.
<http://materconstrucc.revistas.csic.es>
17. Santiago Hurtado, F.J. Olguín Coca y M. A. Baltazar Zamora. 2012. *“Comportamiento Electroquímico de Concreto Reforzado Expuesto a una Arena Contaminada con Sulfato de Magnesio”* Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ingeniería Mochis. Veracruz – México.
18. Víctor Raúl Villegas Zamora. 2012. *“Ventajas comparativas del curado de concreto con aguas vs curado de concreto con productos químicos en la ciudad de Huaraz-2012”* facultad de Ingeniería Civil. universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Perú.
19. William Garzón Pire. 2013. *“Estudio de Durabilidad al Ataque de Sulfatos del Concreto con Agregado Reciclado”*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia.
20. <http://civilgeeks.com/2011/03/17/curado-de-concreto-en-obra/>