

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA DISERTACION DE
GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO
CIVIL**

TEMA:

**DESGASTE DE ADOQUINES DE HORMIGÓN SOMETIDOS A
SULFATOS DE SODIO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES**

NOMBRES:

**PILICITA LARCO IVÁN MAURICIO
SEGOVIA GALARZA FRANCISCO SEBASTIÁN**

DIRECTOR

ING. LAURO LARA

QUITO, 2014

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas, sin ellos no habría alcanzado ninguna de mis metas y objetivos, a ustedes les dedico mi esfuerzo y conocimiento; a mis abuelos quienes en algún momento de mi vida han sido mi segundo hogar y mi familia entera.

Francisco Segovia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y la familia que me obsequió, porque ellos son quienes me han dado siempre ánimos para seguir adelante en el duro andar de mi vida; a nuestro directo Ing. Lauro Lara y a nuestros grandes correctores Ing. Pablo Torres e Ing. Gustavo Yáñez ya que más que nuestros profesores han sido pilares en nuestra formación como profesionales.

Francisco Segovia

DEDICATORIA

A mis padres, Arsenio y Jenny, quienes todos los días forjan con sus principios y valores a un hombre digno de llamarse su hijo. A ellos entrego todo mi esfuerzo y dedicación en cada acto de mi vida.

A mis abuelos quienes con su cariño y sabiduría enseñaron a un pequeño niño que en la vida no toda recompensa es de oro ni plata.

A mi hermanita Paola quien es una estrella en el firmamento que brilla con una energía solemne.

A mi Nanos quien siempre me motivo a encontrar nuevos caminos en busca de sueños.

Y a Michelle quien es la mujer que alegra e ilumina todo a su alrededor, ya que su amor es infinito, generoso y puro. Te adoro.

Iván Mauricio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por dame la bendición de vivir y pertenecer a una familia unida, emprendedora y llena de amor.

Agradezco a mis padres quienes lucharon toda la vida por darnos amor, educación y bienestar.

Agradezco a la Universidad por los conocimientos impartidos.

Agradezco al Ing. Lauro Lara por su amistad; al Ing. Gustavo Yáñez por compartir su experiencia y al Ing. Pablo Torres por enseñarnos a ser decididos y valientes. Gracias a todos por ser un ejemplo.

Agradezco a mis amigos por todos los momentos que competimos en esta hermosa etapa universitaria.

A todos muchas gracias por su paciencia.

Iván Mauricio

RESUMEN EJECUTIVO

La siguiente investigación es acerca del comportamiento mecánico de adoquines que están sometidos a agentes agresivos, ya que en el Ecuador tenemos variedad de climas que pueden degradar el hormigón y disminuir sus propiedades mecánicas.

El adoquín es un conglomerado de hormigón de relaciones agua/cemento bajas por lo que es hormigón altamente poroso que puede absorber sustancias perjudiciales que se encuentran en el ambiente y que también son transportadas por el suelo.

A lo largo de esta investigación, el lector podrá ver los resultados de varios ensayos realizados en adoquines que han sido sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones de 4%, 6% y 8% y que han sido ensayados después de 14, 28, 56 y 91 días después de haberse sometido a un proceso de sumergido y secado en los sulfatos; esto se lo realizó con la finalidad de simular efectos de congelamiento y descongelamiento dentro del hormigón y determinar si esto afecta a su resistencia final.

La investigación se enfoca en dos pruebas mecánicas específicas que son: resistencia a la compresión y resistencia al desgaste por medio del ensayo del chorro de arena; así podremos determinar cuál es el grado de afectación que se producen en los adoquines después de estar sometidos a sulfatos de sodio después de 91 días.

Para fabricar los adoquines se realizaron ensayos en los materiales que se utilizaron, ya que son provenientes de Pifo y de San Antonio de Pichincha, con la finalidad de determinar según las especificaciones, cual es el material que cumple con la mayoría de requisitos para la fabricación de hormigones que estará sometidos a tráfico pesado (400MP).

Al final de la investigación, el lector tendrá una visión muy clara acerca de cuál es el comportamiento de los adoquines cuando se encuentran en climas severos y con altos porcentajes de sulfatos.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	1
CAPÍTULO 2 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN	3
2.1 AGREGADOS NATURALES	3
2.1.1 GENERALIDADES	3
2.1.2 DEFINICIÓN	3
2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	4
2.1.3.1 SEGÚN SU ORIGEN:.....	4
2.1.3.2 SEGÚN SU PROCEDENCIA:.....	4
2.1.3.3 SEGÚN SU TAMAÑO.	4
2.1.3.4 SEGÚN SU DENSIDAD	5
2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	6
2.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	6
2.2.1.1 GRANULOMETRÍA	6
2.2.1.2 MÓDULO DE FINURA	8
2.2.1.3 DENSIDAD.....	8
2.2.1.4 DENSIDAD BULK.....	8
2.2.1.5 DENSIDAD SATURADA CON SUPERFICIE SECA.....	9
2.2.1.6 DENSIDAD APARENTE.....	9
2.2.1.7 POROSIDAD Y ABSORCION	10
2.2.1.8 MASA UNITARIA	10
2.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS.	11
2.2.2.1 DUREZA	11
2.2.2.2 RESISTENCIA.....	12
2.2.2.3 TENACIDAD	12
2.2.2.4 ADHERENCIA.	12
2.3 CEMENTO	13
2.3.1 CEMENTO TIPO GU	13
2.3.2 CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO.....	13
2.3.3 TIEMPOS DE FRAGUADO.....	14
2.3.3.1 TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL.....	14
2.3.3.2 TIEMPO DE FRAGUADO FINAL.....	14
2.3.4 DENSIDAD RELATIVA DEL CEMENTO.....	15
2.3.5 FINURA BLAINE.....	15
2.3.6 MORTEROS DE CEMENTO.....	15

CAPITULO 3: SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL HORMIGON

.....	17
3.1 CONTENIDO DE ARCILLAS.	17
3.2 PARTICULAS DESMENUZABLES.	18
3.3 SALES SOLUBLES	18
3.4 MATERIA ORGÁNICA	19

CAPITULO 4: PROPIEDADES DEL HORMIGON..... 20

4.1 MANEJABILIDAD	20
4.2 DURABILIDAD DEL CONCRETO	20
4.3 PERMEABILIDAD.....	20

CAPITULO 5: AGENTES AGRESIVOS DEL MEDIO AMBIENTE QUE AFECTAN AL HORMIGON ENDURECIDO..... 22

5.1 AMBIENTE LIGERO O DEBIL.....	22
5.2 AMBIENTE MODERADO	23
5.3 AMBIENTE SEVERO.	23
5.4 AMBIENTE MUY SEVERO	23
5.5 PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO DEL HORMIGÓN.	24
5.5.1. ATAQUE QUÍMICO.....	24
5.5.1.1 ATAQUE POR ÁCIDOS.	24
5.5.1.2 ATAQUE POR SULFATOS.....	25
5.5.1.3 REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO	26
5.5.1.4 CARBONATACIÓN DEL CEMENTO.	26
5.5.2 ATAQUE FÍSICO.....	27
5.5.2.1 CONGELAMIENTO-DESHIELO.....	27
5.5.2.2 HUMEDECIMIENTO Y SECADO.....	27
5.5.2.3 ABRASIÓN.....	27
5.5.2.4 FUEGO.....	27

CAPITULO 6: ADOQUINES 29

6.1 DEFINICION.....	29
6.2 CLASIFICACION DE LOS ADOQUINES SEGUN NORMAS INEN.....	30
6.2.1 ADOQUINES TIPO A.....	30
6.2.2 ADOQUINES TIPO B.....	30
6.2.3 ADOQUINES TIPO C.....	31
6.3 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS ADOQUINES.....	31
6.3.1 NORMATIVA DE ESFUERZO DE ROTURA SEGUN NORMAS INEN	31
6.3.2 RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN	31
6.4 PROCESOS DE FABRICACION DE ADOQUINES	32
6.4.1 COMPACTACION Y VIBRACION DE LA MEZCLA.....	32
6.4.2 TRANSPORTE	32
6.4.3 CURADO	32
6.4.4 ALMACENAJE	33
6.5 DOSIFICACION	33

CAPITULO 7 PROCESO DE CURADO E INMERSION DE LAS MUESTRAS.....	35
7.1 EXPOSICION DE LOS ADOQUINES AL SULFATO DE SODIO.....	35
7.2 METODOLOGIA DE INMERSION Y SECADO	37
CAPITULO 8: METODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS ADOQUINES.....	39
8.1 ENSAYO DE ESFUERZO DE COMPRESION.....	39
8.2 RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN	40
8.2.1 FUNDAMENTO.....	40
8.2.2 EQUIPO.....	40
8.2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	40
8.2.4 PROCEDIMIENTO.....	41
8.2.5 MEDIDA DE LA HUELLA.....	41
8.2.6 RESULTADO	42
CAPITULO 9: COMPILACION Y REPRESENTACION DE RESULTADOS.....	43
9.1 RECOPIACION DE DATOS.....	43
9.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES.....	43
9.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ENSAYOS DE DESGASTE MECÁNICO DE ADOQUINES.....	44
CAPITULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
10.1 AGREGADOS NATURALES:	46
10.1.1 SAN ANTONIO DE PICHINCHA:	46
10.1.1.1 GRANULOMETRIA SAN ANTONIO DE PICHINCHA	47
10.1.2 PIFO – HOLCIM (DISENSA)	48
10.1.2.1 AGREGADO FINO PIFO – HOLCIM (DISENSA)	48
10.1.2.1.1 GRANULOMETRIA AGREGADO FINO PIFO – HOLCIM (DISENSA).....	49
10.1.2.2 AGREGADO GRUESO PIFO – HOLCIM (DISENSA).....	50
10.1.2.3 GRANULOMÉTRIA AGREGADO GRUESO PIFO – HOLCIM	51
10.1.3 MEZCLA AGREGADO FINO PIFO – HOLCIM (DISENSA) Y AGREGADO GRUESO PIFO – HOLCIM (DISENSA):.....	52
10.1.4 RESULTADOS DE CURVAS DE DOSIFICACIÓN:.....	54
10.2 ENSAYOS DE COMPRESION.....	56
10.2.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 0%	56
10.2.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 4%	57
10.2.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 6%	59

10.2.4 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 8%	60
10.3 COMPARACION DE RESULTADOS.....	62
10.4 DESGASTE MECÁNICO POR CONTACTO.	64
10.4.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 0%	64
10.4.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 4%	64
10.4.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 6%	65
10.4.4 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 8%	65
10.4.5 COMPARACION DE RESULTADOS.	65
10.5 RECOMENDACIONES.....	68
Bibliografía.....	69
ANEXOS	70
ANEXO I.- AGREGADOS NATURALES – CANTERA HOLCIM.....	70
ANEXO II AGREGADOS NATURALES - CANTERA MITAD DEL MUNDO	87
ANEXO III CEMENTOS	97
ANEXO IV FASE 1	102
IV.2. GRÁFICA: FASE 1. CURVAS DE DOSIFICACIÓN – RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO.....	112
IV.2. GRÁFICA: FASE 1. CURVAS DE DOSIFICACIÓN – PORCENTAJE DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO	113
ANEXO V FASE 2.....	114
V.1. GRÁFICA: FASE 2. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO.....	130
V.2. GRÁFICA: FASE 2. PORCENTAJE DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO.....	131
ANEXO VI DESGASTE.....	132
VI.1. GRÁFICO: FASE 2. DESGASTE CRITICO VS TIEMPO.....	148
VI.2. GRÁFICO: FASE 2. PORCENTAJE DESGASTE CARACTERÍSTICO VS TIEMPO.....	148

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 CLASIFICACIÓN DE PARTICULAS SEGÚN TAMAÑO.....	5
Tabla 2.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS SEGÚN SU DENSIDAD.....	5
Tabla 2.2 ESPECIFICACIONES GRANULOMÉTRICA PARA DIFERENTES TAMAÑOS NOMINALES	7
Tabla 2.4 REQUISITOS FISICOS Y MECANICOS PARA CEMENTOS TIPO GU.....	16
Tabla 3.1 PORCENTAJE MAXIMO DE ARCILLA EN AGREGADO PARA HORMIGONES .	17
Tabla 3.2 LÍMITES DE PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS SEGÚN NORMAS ASTM.....	18
Tabla 5.1 PRINCIPALES AFECTACION MEDIOAMBIENTALES QUE SE PRODUCEN EN EL CONCRETO	24
Tabla 5.2 COMPOSICION TIPICA DE AGUA DE MAR.	26
Tabla 6.1 CUADRO COMPRATIVO ENTRE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES	30
Tabla 6.2 NORMATIVA DE ESFUERZO DE ROTURA SEGÚN NORMAS INEN	31
Tabla 6.3 REQUISITOS DE DESGASTE SEGÚN EUROADOQUIN	32
Tabla 7.1 CONCENTRACIONES DE SULFATOS UTILIZADAS.....	35
Tabla 7.2 CONCENTRACIONES DE SULFATOS EN AMBIENTE.....	36
Tabla 7.3 MUESTRA TOTAL DE ADOQUINES ENSAYADOS	36
Tabla 8.1 FACTOR DE CORRECCION DE FORMA	39
Tabla 10.1 RESUMEN DE RESULTADOS DE AGREGADO FINO DE SAN ANTONIO DE PICHINCHA.	47
Tabla 10.2 RESUMEN DE RESULTADOS DE AGREGADO FINO DISENSA - PIFO.....	49
Tabla 10.3 RESUMEN DE RESULTADOS DE AGREGADO GRUESO DE PIFO - HOLCIM..	51
Tabla 10.4 GRANULOMETRÍA MEZCLA AG. FINO 78% + AG. GRUESO 22% - PIFO – HOLCIM (DISENSA)	53
Tabla 10.5 RESISTENCIA CARACTERÍTICA A LA COMPRESION PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES	55
Tabla 10.6 ESFUERZO DE COMPRESION CON 0% DE SULFATOS	56
Tabla 10.7 ESFUERZO DE COMPRESION CON 4% DE SULFATOS	58
Tabla 10.8 ESFUERZO DE COMPRESION CON 6% DE SULFATOS	59
Tabla 10.9 ESFUERZO DE COMPRESION CON 8% DE SULFATOS	60
Tabla 10.10 ESFUERZOS Y PORCENTAJES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PARA CADA CONCENTRACION DE SULFATOS.	62
Tabla 10.11 RESULTADOS Y PORCENTAJES DE HUELLAS PRODUCIDAS POR DEGASTE EN LA MAQUINA DEL CHORRO DE ARENA	66

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 8.1 ESQUEMA DE MÁQUINA DE DESGASTE.....	42
Gráfico 8.2 ESQUEMA DE MEDICIÓN DE HUELLA.....	42
Gráfico 10.1 CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO – SAN ANTONIO DE PICHINCHA	48
Gráfico 10.2 CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO – PIFO – HOLCIM	50
Gráfico 10.3 CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO GRUESO – PIFO – HOLCIM.	52
Gráfico 10.4 CURVA GRANULOMÉTRICA MEZCLA AG. FINO 78% + AG. GRUESO 22% – PIFO – HOLCIM (DISENSA).....	53
Gráfico 10.5 CURVAS DE DOSIFICACIÓN.....	54
Gráfico 10.6 CURVAS DE RESISTENCIA CARACTERISTICA VS TIEMPO PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES.....	55
Gráfico 10.7 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 0% DE SULFATOS.....	57
Gráfico 10.8 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 4% DE SULFATOS.....	58
Gráfico 10.9 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 6% DE SULFATOS.....	60
Gráfico 10.10 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 8% DE SULFATOS.....	61
Gráfico 10.11 RESISTENCIA CARACTERISTICA VS TIEMPO DE CADA CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE SODIO.....	62
Gráfico 10.12 PORCENTAJE RESISTENCIA CARACTERISTICA VS TIEMPO DE CADA CONCENTRACIONO DE SULFATOS.....	63
Gráfico 10.13 CURVAS DE DESGASTE VS TIEMPO.....	67
Gráfico 10.14 PORCENTAJES DE AUMENTO DE HUELLA EN ENSAYO DE DESGASTE vs TIEMPO	67

INDICE DE FÓRMULAS

Ecuación 2.1.....	9
Ecuación 2.2.....	9
Ecuación 2.3.....	9
Ecuación 9.1.....	43
Ecuación 9.2.....	44
Ecuación 9.3.....	44
Ecuación 9.4.....	44
Ecuación 9.5.....	45
Ecuación 9.6.....	45

JUSTIFICACIÓN:

Ecuador tiene diferentes regiones donde el clima es muy variable y en ciertos casos muy severos, se tienen altas temperaturas en el día y bajas temperaturas en la noche; así como precipitaciones de larga duración, lo cual provoca el aumento de la humedad en los elementos de hormigón.

La costa de Ecuador es un ejemplo de la afectación por el medio ambiente, donde existe un entorno salino debido a la presencia del agua de mar; responsable de la degradación y oxidación de estructuras de hormigón y acero.

Los adoquines son prefabricados de alta calidad que tienen a comparación de otros elementos de hormigón simple un 20% más de porosidad, lo cual provoca que se retengan sustancias perjudiciales que son transportadas por el agua pudiendo afectar la durabilidad y resistencia.

Por lo indicado anteriormente, se desarrollará un método con el cual se logre determinar cómo afectan en los adoquines tales agentes agresivos.

La investigación plantea la dosificación y fabricación de adoquines para el análisis del comportamiento mecánico en el transcurso del tiempo.

ALCANCE:

La investigación es aplicable a cualquier tipo de adoquín utilizado para tráfico peatonal, ligero o pesado.

En la presente investigación se analizará el comportamiento de los adoquines sometidos a la acción sulfato de sodio en diferentes concentraciones.

Se realizarán análisis comparativos de agregados naturales, ensayando dos tipos de agregados provenientes de canteras aledañas a Quito: Pifo y Pomasquí, determinando así el agregado idóneo para el diseño de hormigón simple según las especificaciones de las normas INEN.

La investigación se enfoca en la fabricación de un adoquín para tráfico pesado el cual está sometido a esfuerzos de carga. En el proceso se fabricará adoquines de hormigón simple con diferentes relaciones agua – cemento hasta alcanzar resistencias mayores al orden de 40MPa.

Se debe indicar que no existe una normativa específica para este tipo de ensayos en adoquines, por esta razón se desarrollará un escenario que simule las condiciones adversas a las que una vía conformada por adoquines podría estar sometida.

El método de ensayo empleado es la simulación del efecto de congelamiento y descongelamiento en la capa de rodadura de una vía conformada por adoquines, para establecer si el aumento de volumen del agua dentro de los poros tiene influencia dentro del comportamiento mecánico.

OBJETIVOS GENERALES:

- Determinar cuál es el comportamiento de los adoquines cuando están sometidos a climas severos como congelamiento y descongelamiento.
- Determinar si los agentes agresivos, salinos y ácidos, influyen de manera cuantitativa en el desgaste producido por el contacto entre el adoquín y los neumáticos de un vehículo en movimiento.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar una dosificación con un agregado o la mezcla de agregados naturales que cumplan con los requerimientos mecánicos especificados por las normas INEN.
- Alcanzar la característica mecánica especificada en la norma INEN del adoquín utilizado en vías destinadas para tráfico pesado.
- Determinar el comportamiento de los adoquines sometidos a esfuerzos de compresión una vez que han estado sometidos a cambios volumétricos producidos por la cristalización del sulfato de sodio.
- Realizar un procedimiento de ensayo para determinar el comportamiento de los adoquines ante la exposición del sulfato de sodio.
- Determinar cuantitativamente el desgaste de los adoquines cuando están sometidos a agentes agresivos.

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El uso del adoquín en las carreteras del país ha crecido de forma significativa; es utilizado en la ciudad y en zonas rurales donde la pavimentación asfáltica es difícil de realizar por aspectos económicos.

Un factor importante para el uso del adoquín en vías es su fácil mantenimiento, el cual se limita al relleno de las juntas con arena cada cierto tiempo y su reemplazo es relativamente sencillo. El uso constante de adoquines hace necesario que los controles de calidad sean rigurosos, independiente de la ubicación y del entorno de la vía donde se encuentran utilizados.

En Ecuador, según las especificaciones de las normas INEN 1488, el ensayo de resistencia a la compresión es el juicio de valor para comprobar la calidad del adoquín.

El agua es un elemento que puede estar sujeto a cambios de volumen, por lo que estando dentro de los poros del hormigón podría afectar de manera significativa su resistencia debido a esfuerzos de expansión que se generan dentro de los mismos; para simular este efecto se realizó procesos de inmersión y secado de los adoquines.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

El origen del adoquín se remonta 25 siglos atrás; cuando el hombre tiene la necesidad de construir vías rígidas y durables que permitan una circulación rápida en cualquier época del año.

El nombre de adoquín proviene de la palabra árabe «ad-dukkân», que quiere decir piedra escuadrada o hecha a escuadra, las cuales eran piedras de río colocadas sobre una capa de arena, que corregía las irregularidades de la capa inmediatamente inferior.

Con la aparición de nuevos modos de transporte como el vehículo de motor a combustión interna, el hombre necesita vías que puedan soportar mayores solicitaciones de carga y extensión, por lo que no resulta económico tallar piedras y se investigan maneras económicas y eficientes de obtener el mismo material de construcción sin partir de la piedra como materia prima. En el siglo XIX se reemplaza el adoquín tallado de piedra por uno fabricado de arcilla

cocida y por otro fabricado con bloques de madera, los cuales reducían el ruido por herraduras y ruedas de acero; sus dimensiones comprendían entre 12 y 25 cm de ancho y espesores de 7 y 10 cm, pero estos fueron desechados rápidamente debido a su baja resistencia y degradación a la intemperie.

Debido al alto porcentaje de desgaste de los adoquines fabricados con los materiales antes mencionados, se realizaron pruebas en unos que fueron fabricados de hormigón simple, los cuales presentaron grandes ventajas.

Es en Alemania en donde se industrializa la fabricación del mismo con la implementación de la vibro-compactación y prensado, popularizándolos por todo el mundo; esto da lugar al desarrollo de nuevas técnicas de pavimentación con adoquines de hormigón simple y asfalto muy parecidas a las actuales.

Rápidamente el uso del adoquín se popularizó por todo el mundo debido a su amplia gama de usos ya que se los empezó a utilizar en plazas, zonas peatonales, calles y avenidas con un tráfico vehicular moderado; además de que empiezan a fabricarse adoquines con cierta forma y colores estéticos los cuales crean ambientes agradables y acogedores para las personas que circulan por las mismas.

Desde la aparición de los adoquines, estos se han colocado sobre una superficie de arena con el objetivo de corregir las irregularidades de la capa inmediatamente inferior.

Ya en la década de los 70 se establecen criterios para su forma y uso, dando lugar al adoquín en forma de cruz con áreas mayores a 450cm^2 y espesores entre 8 y 10 cm.

Así mismo se desarrollan adoquines con fines decorativos los cuales son de colores, dimensiones y formas diferentes a la habitual, ya que únicamente son utilizados de forma estética los cuales no tienen características resistentes para la circulación de tráfico pesado.

CAPÍTULO 2 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN

2.1 AGREGADOS NATURALES

2.1.1 GENERALIDADES

Los agregados naturales son obtenidos directamente de arenas naturales y depósitos de grava, las cuales deben cumplir con estándares de calidad y clasificación para su utilización. Se debe tomar en cuenta que las propiedades de los agregados naturales difieren considerablemente de una cantera a otra en lo referente a la mineralogía de sus componentes, a las propiedades físicas y mecánicas, así como a la distribución granulométrica, forma y textura; propiedades que son de gran influencia en el comportamiento de los adoquines de hormigón simple.

Realpe Guillermo y Ortega Luis afirman que “En la fabricación de los adoquines se utiliza hormigón seco (mezcla que tiene una relación de agua/cemento baja) ya que los agregados naturales ocupan entre el 80% y el 90% del peso total de la mezcla” (Realpe & Ortega, 1989)

2.1.2 DEFINICIÓN

La calidad de los agregados se determina mediante su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie, las cuales están estandarizadas mediante estrictas normas de calidad.

“Se define como agregados naturales a las partículas sólidas que se añaden intencionalmente a la mezcla de agua-cemento de tal forma que después de un tiempo de fraguado y en una correcta dosificación, desarrollan una resistencia mecánica en conjunto al mortero o al concreto en estado endurecido y que además controlan el cambio volumétrico que se puede producir durante el tiempo de fraguado de la pasta o las variaciones de contenido de humedad.” (Niño Hernández, 2010)

2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.

2.1.3.1 SEGÚN SU ORIGEN:

- **Ígneas:** son aquellas que se forman mediante el enfriamiento y solidificación del magma.
- **Sedimentarias:** son aquellas que se forman de la composición de material que proviene de la desintegración y descomposición de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; estos materiales son transportados por agua, viento y se depositan en cuencas en donde se consolidan y cementan.
- **Rocas metamórficas:** provienen de la transformación de otras rocas debido a altas temperaturas y presiones a las que están sometidas.

2.1.3.2 SEGÚN SU PROCEDENCIA:

- **Naturales:** son aquellas que se obtienen mediante la exploración y explotación de depósitos de canteras de diversas rocas y piedras naturales.
- **Artificiales:** son aquellos agregados que se obtienen a partir de procesos industriales.

2.1.3.3 SEGÚN SU TAMAÑO.

Es la clasificación más utilizada en la elaboración de hormigón ya que varían desde milímetros hasta varios centímetros en sección transversal.

La clasificación se la conoce como granulometría, a continuación se presenta la clasificación más común de los agregados naturales para la elaboración de hormigón en donde se indican los nombres más comunes.

Tabla 2.1 CLASIFICACIÓN DE PARTICULAS SEGÚN TAMAÑO

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS MÁS COMUNES	DENOMINACIÓN CORRIENTE	CLASIFICACIÓN PARA AGREGADO PARA HORMIGÓN
<0.002	Arcilla	Fracción muy fina
0.002 - 0.074 (No 200)	Limo	
0.075 - 4.76 (No 200)-(No 4)	Arena	Agregado fino
4.76 - 19.1 (No 4) - (3/4")	Gravilla	Agregado grueso
19.1 - 50.8 (3/4") - (2")	Grava	
50.8 - 152.4 (2") - (6")	Piedra	
>152.4 (6")	Rajón - Piedra bola	

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

2.1.3.4 SEGÚN SU DENSIDAD

La densidad del agregado es la propiedad que relaciona la cantidad de masa con el volumen que ocupa, su clasificación se muestra a continuación.

Tabla 2.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS SEGÚN SU DENSIDAD

CLASIFICACIÓN DEL AGREGADO	MASA UNITARIA APROXIMADA (Kg/m ³)		VARIEDADES MÁS COMUNES DE AGREGADO	EJEMPLOS DE USO
	DEL AGREGADO	DEL HORMIGÓN		
LIVIANO	480 - 1300	13 - 100	Pizarras expandidas esquistos, escoria, arcilla	Hormigones livianos estructurales
		500 - 1350		
NORMAL	1300 - 2000	2000 - 2500	Arena, grava, piedra triturada, Clinker, escoria de fundición	Obras en hormigones en general arena, grava, piedra
PESADO	2000 - 5600	> 2500	Barrita, limonita, magnetita, limadura de acero, hematita	Hormigones para macizos de anclaje, para protección contra radiaciones, etc.

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Se necesita conocer el comportamiento de los materiales a utilizarse en la elaboración del hormigón así como sus características de tamaño y forma, esto se lo hace mediante ensayos rigurosos de laboratorio, donde sus resultados se compararán con los límites y parámetros establecidos en la normas de calidad del país en el que se ejecutará la obra.

2.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Las propiedades físicas de los agregados nos muestran el comportamiento mecánico de los materiales.

2.2.1.1 GRANULOMETRÍA

“Es la distribución, en porcentaje de los diversos tamaños del agregado en una muestra. Estos porcentajes se representan por los pesos parciales que retienen o pasan desde el mayor al menor tamaño de tamices utilizados en la serie de Tyler.” (Niño Hernández, 2010)

La granulometría se relaciona directamente con el acomodo de las partículas, la facilidad de colocación y la resistencia mecánica que puede alcanzar el hormigón, pero no depende únicamente de la distribución granulométrica sino también de la forma y textura del material.

Cuando los materiales no cumplen con los requisitos de granulometría recomendados, es factible realizar una mezcla entre agregados de diferentes características granulométricas logrando compensar los porcentajes necesarios para obtener las especificaciones recomendadas, así se podrá utilizar diferentes áridos, haciendo en ocasiones necesario la mezcla de hasta tres materiales (grueso, medio y fino).

Cabe destacar la importancia de la distribución granulométrica del agregado fino en la elaboración de adoquines, ya que los agregados a utilizarse no deberán tener un tamaño mayor de ½" por lo que se considera que los agregados para la fabricación de adoquines son netamente finos.

En Ecuador no existen normativas granulométricas para la fabricación de adoquines por lo tanto la investigación utilizará las granulometrías recomendadas por el Laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, quien luego de años y extensas investigaciones determinaron granulometrías ideales para la fabricación de adoquines para cada uno de los tamaños máximos nominales de agregado que existen en el mercado.

La investigación desarrolla la mezcla de dos materiales, entre áridos de tamaño máximo nominal (½" a Tamiz No. 4) y agregado fino (Tamiz No.4 a Tamiz No.100), ambos provenientes de la cantera de Holcim ubicada en Pifo.

A continuación se muestran varias tablas con las especificaciones granulométricas para cada tamaño máximo nominal de agregado.

Tabla 2.2 ESPECIFICACIONES GRANULOMÉTRICA PARA DIFERENTES TAMAÑOS NOMINALES

TAMIZ(mm)	TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO			
	PORCENTAJE QUE PASA			
	19mm A 0,15mm	4,75mm A 0,15mm	9,51mm A 0,15mm	19mm A 0,15mm
19	100	-	-	100
12,7	97 - 100	-	100	100
9,51	93 - 98	100	100	96 - 100
4,76	80 - 94	100	90 -98	85 - 95
2,36	50 - 78	85 -97	68 - 85	68 - 84
1,18	25 - 55	50 - 83	45 - 68	40 - 70
0,6	15 - 28	25 - 50	23 - 42	22 - 42
0,3	7 - 16	13 - 26	12 - 24	10 - 25
0,15	2 - 12	7 - 14	6 - 12	6 - 15

Fuente: (Realpe & Ortega, 1989)

En general, las granulometrías ideales solo se reproducen a nivel teórico, difícilmente se pueden reproducir en la práctica, por este motivo las curvas ideales contemplan un límite inferior y uno superior dentro de los cuales se considera a una granulometría como aceptable.

2.2.1.2 MÓDULO DE FINURA

Se define como el índice que se obtiene al dividir para 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie de Tyler.

“Se interpreta como la indicación del tamiz, en el cual supuestamente quedaría retenido o pasaría el 50% del material, no es una medida de calidad granulométrica ya que es la relación a un tamiz intermedio donde se cumple la condición citada”
(Niño Hernández, 2010)

El índice aumenta a medida que el tamaño del agregado grueso aumenta y decrece mientras el tamaño de los agregados disminuye, por lo tanto se podría tener diferentes granulometrías con un mismo módulo de finura. Sin embargo nos da una medida relativa del grosor o finura del material.

Según la norma INEN 872:2011 para el árido fino el módulo de finura no deberá ser menor que 2.30 ni mayor que 3.10.

2.2.1.3 DENSIDAD

Se explica como la propiedad que relaciona la masa de un cuerpo y el volumen del material. Es necesario determinar esta característica del material, ya que en los agregados a utilizar en el hormigón pueden existir poros que están vacíos, parcialmente saturados o llenos de agua dependiendo de la permeabilidad del material.

Los poros saturables son aquellos que están en contacto con el medio exterior y pueden saturarse de agua; mientras que los no saturables son aquellos que se encuentran dentro de la piedra, son invisibles y no están en contacto con la superficie.

2.2.1.4 DENSIDAD BULK.

Se define como la relación entre la masa de las partículas y el volumen absoluto (Bulk).

El volumen Bulk incluye: el volumen de la masa sólida de las partículas permeables e impermeables de un agregado natural multiplicado por la densidad de agua (sujeta a cambios volumétricos por temperatura).

$$Densidad\ Bulk = \frac{Masa\ Sólidos}{V_{bulk} \times \rho_{H_2O}}$$

Ecuación 2.1

Dónde: Masa sólidos: Masa de la muestra

V_{bulk}: Volumen bulk de la muestra

ρ_{H₂O}: Peso específico del agua (1000 Kg/m³) a 4 °C

2.2.1.5 DENSIDAD SATURADA CON SUPERFICIE SECA.

Se define como la relación que existe entre la masa saturada con superficie seca del árido y el volumen Bulk multiplicado por la densidad el agua (sujeta a cambios volumétricos por temperatura), en donde el estado saturado con superficie seca es cuando el volumen de vacíos se encuentra lleno de agua pero la superficie del agregado está completamente seca.

$$Densidad\ (sss) = \frac{M\ (sss)}{V_{bulk} * \rho_{H_2O}}$$

Ecuación 2.2

Dónde: M (sss): Masa saturada con superficie seca.

V_{bulk}: volumen Bulk de la muestra

ρ_{H₂O}: Peso específico del agua (1000 Kg/m³) a 4 °C

2.2.1.6 DENSIDAD APARENTE

Se explica como la relación que existe entre la masa de sólidos y su volumen aparente, incluye el volumen de los poros saturables y no saturables existentes dentro de las partículas.

$$Densidad = \frac{M_s}{V_s * \rho_{H_2O}}$$

Ecuación 2.3

Dónde: M_s: Masa de sólidos

V_s: volumen de sólidos

ρ_{H_2O} : Peso específico del agua (1000 Kg/m³) a 4 °C

“El dato obtenido de la densidad aparente será el de mayor utilidad para el ingeniero ya que con este dato sabremos la masa de agregado requerido para un volumen unitario de concreto porque los poros internos de las partículas ocuparan un volumen dentro de la masa de concreto y el agua que se aloje dentro de los poros saturables no será parte del agua de mezcla la cual comprende tanto el agua necesaria de hidratación como el agua necesaria para la combinación con el cemento.” (Niño Hernández, 2010)

2.2.1.7 POROSIDAD Y ABSORCION

La porosidad de un material es una característica importante de los agregados ya que mientras más poroso es un material, este tendrá menor resistencia mecánica. Por lo tanto, mientras menor sea su porosidad, el agregado será más compacto y de mejor calidad.

El dato proporciona la medida de agua que será necesaria a incorporar para que los poros estén completamente saturados.

De acuerdo a la definición el agregado se puede presentar los siguientes estados:

- **Absolutamente seco:** ninguno de sus poros tanto externos como internos presentan humedad.
- **Seco al aire o exteriormente:** parte de la masa y de los poros llenos de agua.
- **Saturado y superficialmente seco:** saturados los poros internos y los poros de la superficie están secos.
- **Húmedo:** cuando además de llenos todos los poros, sean internos y superficiales; y saturada toda su masa, se acumula agua en la superficie.

2.2.1.8 MASA UNITARIA

Se refiere como la relación existente entre la masa del árido y el volumen que ocupa dentro de un recipiente.

La característica dependerá de dos factores: la forma del agregado y textura; por lo que existirá una variación de resultados en diferentes muestras ya que el porcentaje de vacíos se altera con el cambio de los parámetros citados.

Para efectos de la investigación el ensayo de masa unitaria será un factor importante, ya que se realizará una dosificación al volumen, es decir, por medio de la utilización de una cajoneta de dimensiones específicas se dosificarán cada uno de los agregados.

Así mismo el resultado se utilizará para determinar la cantidad aproximada de metros cúbicos a comprar en la cantera, considerando que la compra de los materiales se lo realiza en volúmenes sueltos.

En el caso del agregado fino se debe tener en cuenta el parámetro citado, más aún si la dosificación se la realiza al volumen ya que si la muestra se encuentra totalmente húmeda, esta puede experimentar cambios de volumen significativos, este fenómeno es más notorio mientras más fino es el material; Realpe Guillermo y Ortega Luis afirman que "ha llegado a producirse cambios de volumen entre 20% y 30% con humedades que varían entre el 5% y el 8% por lo que no es un parámetro constante. Por otra parte, la expansión en arenas gruesas puede ser hasta el 20% y en las que son muy finas hasta un 40%." (Uso del cemento portland tipo IE en la fabricación de adoquines, pág., 35,1989)

Debido que el resultado varía según varios factores, no existen normativas, además de que no es un índice de calidad sino más bien es una característica que sirve para cálculos de dimensionamiento y comercialización.

2.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS.

2.2.2.1 DUREZA

Se explica como la propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por contacto o abrasión, como aplicaciones en pavimentos semi-rígidos, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva. Esta propiedad se determina indirectamente mediante un ensayo denominado desgaste en la máquina de los ángeles.

El ensayo de la máquina de los ángeles es una medida de degradación de los agregados según el tamaño nominal del mismo, este proceso es una combinación de acciones incluyendo abrasión e impacto en un tambor de acero giratorio que contiene un número específico de esferas de acero; dependiendo de la granulometría se coloca el correcto número de esferas a utilizarse en el ensayo.

Este ensayo simula un efecto de impacto-trituración; la muestra irá dentro del tambor giratorio en donde las esferas caerán sobre el agregado causando impacto durante varios ciclos, después del número prescrito de revoluciones, se remueven los contenidos del tambor y la porción del agregado se tamiza por la malla N° 12 para medir la degradación como pérdida porcentual.

2.2.2.2 RESISTENCIA

El agregado grueso es el más relacionado con la resistencia final del concreto endurecido, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla; en tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso.

Por lo tanto es muy importante esta propiedad del material ya que se debe buscar que el agregado nunca falle antes que la pasta de cemento.

La falla a través del agregado podría producirse por dos motivos; el primero, porque el agregado tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas y el segundo porque previamente se le han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (cuando el material se obtiene por voladura), o por mal proceso de trituración.

2.2.2.3 TENACIDAD

Es la cantidad de energía que puede absorber un agregado antes de que falle, es decir la resistencia a la falla por impacto.

Es una propiedad importante ya que si el agregado es susceptible a la falla, la granulometría del agregado se altera notablemente disminuyendo la calidad del concreto.

2.2.2.4 ADHERENCIA.

Es la interacción que existe en la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por fuerzas de origen fisicoquímico, entre mayor adherencia se tenga entre los agregados y la pasta endurecida, aumenta la resistencia del concreto.

2.3 CEMENTO

El cemento es un material cuya materia prima proviene del carbonato de calcio y de la arcilla, estos dos materiales en conjunto tienen grandes cantidades de aluminio, hierro y sílice, que luego de procesados se obtiene Clinker y con la adición de yeso molido se obtiene un material cementante el cual puede ser usado en la construcción.

Una vez que estos materiales se los somete a altas temperaturas empieza la formación del Clinker, que eventualmente dará lugar a la formación de cal, la cual con la eventual adición de aditivos químicos genera un material potencialmente activo, el cual por sí mismo no posee ningún valor o característica cementante, pero que en presencia de agua la adquiere.

Uno de estos materiales activos que se adicionan al Clinker son las puzolanas con gran contenido de sílice y/o alúmina las cuales pueden ser de origen volcánico (riolitas, basalto, cenizas, etc.), o también pueden ser de origen orgánico y hasta de origen artificial. El 15% o hasta el 40% del cemento portland puede ser reemplazado por puzolanas sin afectar su resistencia.

Para nuestra investigación utilizaremos cemento de la planta Holcim, del tipo hidráulico GU, el cual es fácilmente accesible en el mercado y se lo puede utilizar en la elaboración de prefabricados, dándonos así una idea del comportamiento de este tipo de cemento en mezclas de consistencia seca.

2.3.1 CEMENTO TIPO GU

Según la normativa INEN 0151:2010 El cemento de uso general tipo GU es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en hormigón armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones.

2.3.2 CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO

La consistencia normal del cemento es la cantidad de agua necesaria para que la hidratación del cemento sea la correcta, lo que se ve reflejado en su capacidad de fluir. La importancia de este ensayo radica en que la cantidad de agua en peso es proporcional a la consistencia de

la pasta. Conforme se aumente agua a la mezcla se elevará su plasticidad y manejabilidad, pero se debe tener en cuenta que este hecho afecta a su resistencia.

La consistencia normal de un cemento se la obtiene cuando el vástago del aparato Vicat penetra en la pasta 10+/-1mm en un intervalo de 30 segundos.

Así mismo este parámetro se lo utilizará para la determinación de tiempos de fraguado de la pasta.

2.3.3 TIEMPOS DE FRAGUADO

Es el tiempo desde el cual se agrega agua a la mezcla hasta que empieza a perder plasticidad y eleva su temperatura, es decir el tiempo que tarda el cemento en pasar de estado plástico a estado sólido, este efecto es producido por las reacciones químicas generadas al mezclar cemento con agua..

2.3.3.1 TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL

Es el tiempo desde el cual se agrega agua a la mezcla hasta que comienza a perder viscosidad, lo que nos indica que la pasta esta semidura y parcialmente hidratada; este estado de la mezcla es en el cual el hormigón debe ser transportado y vibrado.

El tiempo de fraguado inicial se determina en el momento en que la aguja Vicat penetra 25mm en la pasta de cemento de consistencia normal.

2.3.3.2 TIEMPO DE FRAGUADO FINAL

Es el tiempo en el cual la pasta deja de ser deformable con cargas pequeñas y se vuelve rígida, en ese momento se procede a realizar el curado del hormigón para evitar agrietamientos por el excesivo desprendimiento de calor y evaporación de agua; a partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento de la pasta logrando adquirir mayores resistencias. El tiempo de fraguado final se lo determina cuando la aguja Vicat no deja marcas visibles en la superficie de la pasta de consistencia normal.

2.3.4 DENSIDAD RELATIVA DEL CEMENTO

La densidad relativa del cemento no es un indicador de calidad del cemento sino que es de gran importancia en la dosificación del hormigón cuando se dosifica al peso por métodos que se basan en el volumen absoluto de sus componentes.

La densidad relativa del cemento oscila entre 3.1 y 3.2, sin embargo las normas que rigen en nuestro país no tienen ninguna exigencia en este parámetro.

2.3.5 FINURA BLAINE

Es un ensayo que nos permite determinar la finura de un cemento en función de la superficie que ocupa un gramo del mismo, se desarrolla este método de análisis ya que no se pueden utilizar mallas para determinar su finura debido al tamaño que tienen las partículas.

El método de análisis del ensayo de finura se basa en una teoría fundamental, ya que el paso del aire a través de una capa con determinada porosidad será mayor o menor según el número y tamaño de los poros existentes en dicha capa; estos poros dependen del tamaño de las partículas y de su superficie específica.

El aumento de la finura en el cemento puede generar estos efectos.

- Mayor velocidad de hidratación
- Desarrollo de mayores resistencia a edades tempranas

2.3.6 MORTEROS DE CEMENTO

Es un ensayo fundamental para la dosificación de hormigón ya que nos proporciona el dato de resistencia a la compresión que desarrolla la pasta cementante, utilizando cubos de 50 mm de arista y arena normalizada para este tipo de ensayos.

El mortero que se utiliza en este ensayo debe estar conformado por 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena dosificadas en masa, así como una relación agua -cemento de 0.485.

A continuación se muestra una tabla con todos los requisitos que el cemento hidráulico tipo GU debe cumplir según nuestras normas INEN.

Tabla 2.4 REQUISITOS FISICOS Y MECANICOS PARA CEMENTOS TIPO GU

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Finura	INEN 196	A	A	A	A	A	A
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Tiempo de fraguado, método de Vicat ^a	INEN 158						
Inicial, no menos de, minutos		45	45	45	45	45	45
Inicial, no más de, minutos		420	420	420	420	420	420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	INEN 195	c	c	c	c	c	c
Resistencia a la compresión, MPa, mínimo ^b	INEN 488						
1 día		--	12	--	--	--	--
3 días		13	24	11	11	5	--
7 días		20	--	18	18	11	11
28 días		28	--	--	25	--	21
Calor de hidratación	INEN 199						
7 días, kJ/kg (kcal/kg), máximo		--	--	--	--	290 (70)	250 (60)
28 días, kJ/kg (kcal/kg), máximo		--	--	--	--	--	290 (70)
Expansión en barra de mortero	INEN 2 529						
14 días, % máximo		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Expansión por sulfatos (resistencia a sulfatos) ^c	INEN 2 503						
6 meses, % máximo		--	--	0,10	0,05	--	--
1 año, % máximo		--	--	--	0,10	--	--

FUENTE: Instituto ecuatoriano de normalización NTE INEN 0152:2012

CAPITULO 3: SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL HORMIGON

3.1 CONTENIDO DE ARCILLAS.

La presencia excesiva de tamaños muy pequeños en la grava puede perjudicar el fraguado y la resistencia mecánica del hormigón. En el caso de la presencia de material muy fino en las gravas, es posible que estos modifiquen parte de la granulometría de la arena, ya que sus granos quedan comprendidos en esos tamaños. El momento en el que estos terrones de arcilla se mezclan con el agua crean una pasta fina que envuelve al agregado y disminuye sus condiciones de adherencia resultando en bajas resistencias a la compresión y durabilidad reducida o estallidos. Este mismo fenómeno puede influir sobre la trabajabilidad del concreto.

Tabla 3.1 PORCENTAJE MAXIMO DE ARCILLA EN AGREGADO PARA HORMIGONES

TIPO DE HORMIGÓN	PORCENTAJE MÁXIMO DE LA MASA TOTAL DE LA MUESTRA			
	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
	NATURAL	TRITURADO	NATURAL	TRITURADO
ALTA RESISTENCIA O SOMETIDO A DESGASTE	3%	5%	-	-
NORMAL	5%	7%	1%	1.5%

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

“Una arena con más de 3% de contenido de arcilla necesita mayor dosificación de cemento que la normal.”¹

Se debe tener cuidado de que no exista grandes cantidades de arcilla y limo (fracción fina) en los agregados para la elaboración de concreto ya que esto aumenta la cantidad de agua

¹ Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto, 2010.

que se necesita para la mezcla, además de que pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento.

3.2 PARTICULAS DESMENUZABLES.

Los agregados no deben tener partículas desmenuzables ya que se confunden con el agregado grueso por su forma.

En la masa de concreto, los materiales desmenuzables significan puntos débiles que disminuyen las propiedades mecánicas del concreto o su durabilidad, en el caso de estar expuestos a la abrasión.

Tabla 3.2 LÍMITES DE PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS SEGÚN NORMAS ASTM

MATERIAL	PORCENTAJE MAXIMO DE LA MASA TOTAL DE LA MUESTRA	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TERRONES DE ARCILLA	1%	0.25%
PARTICULAS BLANDAS	-	5.00%
CARBON Y LIGNITO (CUANDO ES IMPORTANTE LA APARENCIA SUPERFICIAL DEL CONCRETO)	0.50%	0.50%
CARBON Y LIGNITO (OTROS CASOS)	1%	1.00%

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

3.3 SALES SOLUBLES

Los agregados pueden estar contaminados con un elevado contenido de sulfatos o de cloruros adheridos a su superficie. Estas circunstancias no pueden ser detectadas por la vista ni por el gusto, ya que son necesarias cantidades muy pequeñas para que representen un gran peligro. (Basta el 1% de sulfatos, en peso, o el 0.1% de cloruros en peso).

Los sulfatos atacan al cemento produciendo reacciones expansivas que agrietan y desmoronan su masa. Los agregados que pueden arrastrar este tipo de sustancias agresivas suelen provenir de zonas cercanas a descargas de afluentes industriales, o de lugares con ambientes salinos relacionados con el mar.

3.4 MATERIA ORGÁNICA

El mayor peligro para los agregados es la materia orgánica no visible que se impregna o adhiere a los granos del agregado. Las grandes cantidades de materia orgánica pueden influir sobre las reacciones químicas de la hidratación del cemento, así como también puede resultar en un concreto de menor resistencia y puede afectar sobre la velocidad de reacción del cemento, ocasionando retrasos considerables en el tiempo normal de fraguado.

CAPITULO 4: PROPIEDADES DEL HORMIGON

4.1 MANEJABILIDAD

Esta es una propiedad del hormigón cuando este se encuentra en estado fresco logrando determinar su facilidad de transportarlo y colocarlo en un sitio determinado.

Hay varios ensayos que se pueden realizar en obra para determinar la manejabilidad del hormigón, como es el cono de Abrams o la bola de Kelly, los cuales según sus resultados de asentamiento y penetración, dan una idea de la consistencia y docilidad del hormigón.

En la fabricación de adoquines, este factor no es de gran importancia como lo sería en el caso de un hormigón plástico, ya que se utiliza una pasta seca con una cantidad de agua neta baja, en donde el asentamiento no debe superar los 3cm, además de que el acomodo de los agregados y la disminución de vacíos se logra con el correcto vibrado en la máquina prensadora de adoquines.

4.2 DURABILIDAD DEL CONCRETO

Esta característica es la capacidad para resistir la acción del medio ambiente, los ataques químicos, la abrasión y otras condiciones de servicio, de tal manera que sus características y propiedades se mantengan a lo largo de la vida útil. La durabilidad del concreto es una propiedad tan importante como la resistencia misma, y por ello merece que se le considere también con especial interés.

Aunque el concreto es un material muy durable, se puede deteriorar y llegar a la falla por un sinnúmero de factores que lo pueden afectar; de allí que para el diseño de una estructura se deba conocer muy bien el medio ambiente y las características a las que estará expuesto, y de esta manera tomar las precauciones pertinentes.

4.3 PERMEABILIDAD

Es la propiedad cuantificable con la cual es mayormente asociada la durabilidad de un hormigón, es definida como la capacidad de permitir el paso de un fluido (líquido o gas) a través del concreto. El concreto es un elemento poroso debido principalmente a la

evaporación de agua en el proceso de fraguado, permeabilidad y la reducción gradual del volumen de la pasta cuando reaccionan químicamente el agua y el cemento.

Es importante lograr disminuir la permeabilidad de un elemento de hormigón para que no circulen líquidos a través del mismo, el cual facilita la entrada de agentes que atacan al concreto. La permeabilidad depende de la porosidad de la pasta y del agregado, del grado de compactación y de su capilaridad producida por la exudación. Para disminuir la permeabilidad de concreto se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar relaciones agua/cemento bajas.
- Consistencia plástica y consolidación adecuada.
- Someter al adoquín a un curado adecuado de manera que la hidratación continua del cemento reduzca el tamaño de los vacíos, ya que se evitará la evaporación temprana del agua evitando redes capilares.
- Utilizar cemento con un grado alto de finura.
- Emplear agregados bien gradados para obtener un concreto denso y menos poroso.
- Emplear los agregados y cementos adecuados que cumplan con las normas establecidas para cada caso.

CAPITULO 5: AGENTES AGRESIVOS DEL MEDIO AMBIENTE

QUE AFECTAN AL HORMIGON ENDURECIDO

Debe tenerse en cuenta las condiciones ambientales a las que estarán sometidos los elementos de hormigón, ya que no en todos los ambientes se encuentran las mismas concentraciones de agentes agresivos.

Estos agentes agresivos tienen una incidencia directa sobre el hormigón simple ya que activan procesos de deterioro del mismo.

Cuando hablamos de adoquines, los cuales están expuestos a la intemperie o al aire libre, debemos tener en cuenta que los ambientes a los que están expuestos pueden o no tener una mínima influencia sobre la durabilidad del mismo, a menos de que este tenga presencia de contaminantes producto de la quema de combustibles, aceite emitidos por los autos o lluvias ácidas; dependiendo de la concentración de los agentes mencionados la durabilidad del hormigón se puede ver muy afectada.

Al ser los adoquines elementos de hormigón simple que están en contacto directo con el suelo, estos se pueden ver afectados por contacto superficial o por el filtrado de sustancias agresivas en la pasta de cemento.

La agresividad que el medio ambiente puede tener sobre el hormigón puede ser clasificada tomando en cuenta ciertos factores para ambientes variables y tropicales como es el caso en Ecuador.

5.1 AMBIENTE LIGERO O DEBIL.

Contempla ambientes secos como el interior de edificaciones de vivienda, oficinas o comercios y ambientes exteriores rurales donde la humedad relativa es inferior al 60%. Es decir, ambientes en donde el hormigón no estará expuesto a ciclos de humedecimiento y secado: a congelación y deshielo; o con presencia de sustancias potencialmente agresivas para el hormigón.

5.2 AMBIENTE MODERADO

Contempla el interior de las edificaciones con ambientes húmedos y cambiantes con humedad relativa entre 60% y 98% o con riesgo temporal de vapores de agua y condensación del agua; estructuras expuestas a ciclos de humedecimiento y secado, estructuras en contacto con agua dulce en movimiento, ambientes rurales lluviosos; ambientes urbanos sin alta condensación de gases agresivos; y estructuras en contacto con suelos ordinarios.

5.3 AMBIENTE SEVERO.

Contempla ambientes húmedos con hielo de agua dulce y agentes de deshielo, ambientes marinos o con macro clima industrial y una humedad relativa entre el 60% y el 98%, ambientes urbanos con alta condensación de gases agresivos y; estructuras en contacto con suelos también agresivos.

5.4 AMBIENTE MUY SEVERO

Incluye zonas de salpicaduras o sumergidas en agua de mar con una cara expuesta al aire, elementos al aire libre saturados de sal; ambientes con agua de mar y hielo; exposición directa a líquidos con pequeñas cantidades de ácidos, ambientes salinos o aguas fuertemente oxigenadas; gases agresivos o suelos particularmente agresivos; y, ambientes industriales muy agresivos

La velocidad y el efecto del transporte de los agentes agresivos dentro del hormigón dependen en su mayoría de la cantidad y distribución de poros, y fisuras que este contenga, así como el tipo y la concentración de las sustancias agresivas que estén afectando en ese momento.

5.5 PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO DEL HORMIGÓN.

Existe un común denominador en los daños ocasionados en el hormigón, este factor es el agua, ya que sirve como transporte de sustancias dañinas a través de los vacíos del hormigón.

Es importante tener en cuenta las afectaciones que puede tener un elemento de hormigón debido al medio ambiente al cual está sometido, ya que se deberá fabricar un adoquín económico para que pueda trabajar de manera adecuada en cada situación climática. A continuación se muestra una tabla con las principales afectaciones medioambientales sobre los componentes del concreto.

Tabla 5.1 PRINCIPALES AFECTACION MEDIOAMBIENTALES QUE SE PRODUCEN EN EL CONCRETO

FUENTE	COMPONENTE MAS AFECTADO EN ORDEN DE IMPORTANCIA
ATAQUE QUÍMICO	
Ataque por ácidos	Pasta
Ataque por sulfatos	Pasta
Reacción álcali-agregados	Agregado
Carbonatación del cemento	Pasta
Corrosión del acero	Refuerzo
ATAQUE FÍSICO	
Congelamiento-deshielo	Pasta, agregados
Humedecimiento-secado	Pasta
Cambios de temperatura	Pasta, agregados
Abrasión	Pasta, agregados
Fuego	Pasta

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

5.5.1. ATAQUE QUÍMICO

5.5.1.1 ATAQUE POR ÁCIDOS.

La Fuente más común de ataque por ácido se da especialmente en climas muy calientes, en los alcantarillados, por acción de las bacterias aerobias y anaerobias, las cuales en ese ambiente de aguas negras generan gas de hidrogeno sulfuroso que se disuelve en el agua. Así mismo están en las lluvias ácidas y en aguas superficiales precedentes de las industrias.

Los morteros y concretos en servicio, expuestos a ácidos, resultan afectados debido a que las soluciones ácidas reaccionan, en primer lugar con hidróxido de calcio y luego con hidrosilicatos e hidroaluminatos de calcio del cemento endurecido para formar sales de calcio.

El cemento endurecido, completamente deteriorado por los ataques ácidos, se descompone en productos que en parte son disueltos y en parte permanecen en el sitio de la reacción como una masa no cohesionada o capa protectora que disminuye la penetración de la sustancia agresiva. Si esta capa se destruye, el concreto se remueve con una tasa acelerada, si se produce una alteración en dicha capa; en intervalos relativamente largos se puede causar un efecto mucho más dañino que un incremento en la concentración de ácido agresivo.

5.5.1.2 ATAQUE POR SULFATOS

Los sulfatos de sodio, potasio y magnesio, presentes en los suelos y agua con álcalis, son muchas veces los responsables del deterioro de las estructuras de concreto.

La causa del deterioro puede tener dos orígenes:

- Los sulfatos reaccionan químicamente con la cal y el aluminato de calcio hidratados en la pasta de cemento, formando sulfatos de calcio y sulfualuminato de calcio respectivamente. Estas reacciones ocasionan considerables expansiones que ocasionan esfuerzos de tracción internos y que culminan con agrietamientos y rompimiento de la masa de concreto.
- Cuando el concreto está en contacto con aguas alcalinas, lo cual produce la formación de cristales de sulfatos en los poros y canales capilares como consecuencia de la evaporación, el crecimiento de los cristales tiene lugar cuando se tiene un ciclo de humedecimiento y secado que puede eventualmente llenar los poros y desarrollar presiones suficientes para la rotura del concreto.

Para prevenir el deterioro del concreto por acción de la primera causa, normalmente se utiliza cemento tipo 2 o tipo 5, dependiendo del grado de ataque. Todos los cementos normales desarrollan completa desintegración dentro de uno o dos años, pero con los cementos de bajo contenido de C3A (aluminato tricálcico), la resistencia al deterioro se prolonga a periodos mucho más largos.

La resistencia a la desintegración por el crecimiento de cristales, se logra mediante el uso de un concreto denso, de muy baja permeabilidad, elaborado con una relación agua/cemento baja y preferiblemente con un inclusor de aire. Adicionalmente se ha encontrado que concretos elaborados con cementos Portland puzolánicos poseen considerables resistencia al ataque de los sulfatos.

Tabla 5.2 COMPOSICION TIPICA DE AGUA DE MAR.

COMPUESTO	PPM
Cloruro de sodio	27000
Cloruro de magnesio	3200
Sulfato de magnesio	2200
Sulfato de calcio	1100
Cloruro de calcio	500
Total sales disueltas	34000

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

5.5.1.3 REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO

Es una reacción que se puede presentar entre agregados que contengan (óxido de sílice inestables) y el cemento (hidróxidos alcalinos) que originan expansiones dentro del concreto endurecido. Después de varios ensayos de laboratorio se ha determinado que materiales con combinación en el álcali del cemento no causan un daño apreciable cuando la concentración de este último no sobrepasa del 0.6%

5.5.1.4 CARBONATACIÓN DEL CEMENTO.

Este fenómeno se da cuando el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{HO})_2$) presente en la pasta de cemento, en presencia de agua, reacciona con el dióxido de carbono (CO_2), produciendo CaCO_3 (carbonato de calcio), generando así una pérdida de volumen. Esta carbonatación se presenta en la superficie de concreto y su profundidad dependerá de la porosidad de la pasta. Debido a este fenómeno se puede producir descascaramiento superficial del elemento de hormigón.

5.5.2 ATAQUE FÍSICO.

5.5.2.1 CONGELAMIENTO-DESHIELO.

El momento que la temperatura a la que un elemento de concreto está sometido disminuye, el agua que se encuentra dentro de los poros aumenta de volumen por congelamiento, produciendo expansión y fisuras en el elemento, esta condición se vuelve crítica cuando los ciclos de congelamiento-deshielo se hacen repetitivos ya que su efecto es acumulativo.

5.5.2.2 HUMEDECIMIENTO Y SECADO.

Este fenómeno puede producir agrietamiento y descascaramiento de concreto, ya que por el constante humedecimiento y secado se producen expansiones y contracciones del elemento.

En la superficie del elemento se producen agrietamientos los cuales son el resultado de la percolación de agua a través del material de manera continua o intermitente.

Este fenómeno indica que está ocurriendo lixiviación dentro del concreto, su exceso aumenta la porosidad, disminuye la resistencia e incrementa la vulnerabilidad a los químicos agresivos.

5.5.2.3 ABRASIÓN

La abrasión se produce por el movimiento de fluidos a través de elementos que se encuentran en contacto, creando fricción o cavitación y produciendo desgaste sobre la superficie. En la medida en que la resistencia a la compresión aumenta, se incrementa su resistencia a la abrasión.

Esta propiedad es importante en elementos que están sometidos a tráfico, deslizamientos y rozamiento como son los pavimentos, pisos, túneles y pilares de puentes sujetos a la acción de corrientes de agua, etc.

5.5.2.4 FUEGO.

En términos generales, el concreto es muy resistente a altas temperaturas; la resistencia de un elemento de hormigón aumenta a medida que el espesor de este aumenta.

La pérdida de resistencia comienza aproximadamente a los 330°C y aun a los 500°C se considera que el concreto conserva el 80% de su resistencia inicial.

La resistencia del concreto al fuego depende principalmente de cuatro factores:

- Tipo de agregados
- Contenido de humedad
- Tipo de cemento
- Espesor del elemento de concreto.

Los agregados livianos como por ejemplo la pómez, son lo que tienen mayor resistencia al fuego ya que la formación de este tipo de agregados livianos ha sido sometida a altas temperaturas para su formación.

CAPITULO 6: ADOQUINES

6.1 DEFINICION

El adoquín es un prefabricado de hormigón simple, el cual es dosificado y elaborado de igual manera que un hormigón estructural, con la única diferencia que se utiliza una relación agua /cemento baja, es decir, se utiliza una pasta seca en conjunto con agregados fino, agregado grueso y aditivos; el cual después de mezclado se lo prensará y vibrará para lograr un buen confinamiento de los materiales y lograr obtener las dimensiones y forma establecidas por el mercado, con la menor cantidad de poros.

Los adoquines están conformados por dos capas que son:

- **Capa vista:** capa que está en contacto con el medio externo.
- **Capa base o apoyo:** capa en la cual se asienta el adoquín y que está en contacto directamente con el suelo o la capa de arena en la cual se asienta.

Un pavimento adoquinado se diferencia con un flexible en que estos se asientan sobre varias capas, una de ellas granular y otra de arena, además de que estos deben ser colocados a cierta distancia para sellar las juntas con un tipo de arena de sellado; esta arena de sellado es fundamental para que el trabajo de los adoquines bajo tráfico sea satisfactorio, ya que permite la transmisión de esfuerzos horizontales a través de todos los adoquines haciéndolos trabajar en conjunto, presentando una gran capacidad resistente a las diferentes solicitudes de carga que pueden haber, presentando así un pavimento resistente y a la vez económico.

Los adoquines pueden ser fabricados para ser altamente resistentes tanto a cargas verticales distribuidas como a esfuerzos horizontales los cuales son producidos por el arranque, frenadas o giros de vehículos pesados. Así mismo la resistencia de los adoquines al vertido de combustibles y agentes nocivos es muy elevada en comparación con los pavimentos hechos con materiales bituminosos. A continuación se presenta un cuadro comparativo entre el pavimento con adoquines y el pavimento flexible.

Tabla 6.1 CUADRO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE PAVIMENTO	
	EUROADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	ASFALTO
IMPACTO MEDIOAMBIENTAL		
-Impacto	MUY BAJO (producto fácilmente reciclable)	ALTO (gran cantidad de residuos de muy difícil reciclado)
-Consumo de energía	MUY BAJO	ALTO
-Emisión de CO ₂	MUY BAJA	ALTA
-Vida media	EXCELENTE (30 - 50 años)	BAJA (4-7 años)
CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO		
-Facilidad constructiva	Necesita equipamiento mínimo	Necesita equipos mecánicos
-Velocidad de ejecución	MODERADA	RÁPIDA
-Levantamiento para realización de zanjas	Rápidamente realizable por medios normales	Requiere el uso de martillos neumáticos
-Rehabilitación	Fácilmente adaptables sin fabricar nuevas unidades	Se necesita fabricar de nuevo el asfalto
RENDIMIENTO		
-Durabilidad	BUENA	MODERADA
-Resistencia a:		
-Cargas pesadas por eje (repartida)	MUY BUENA	BUENA
-Cargas pesadas por rueda (puntual)	MUY BUENA	BAJO
-Combustibles y aceites	MUY BUENA	BAJO
-Deslizamiento	MUY BUENA	SATISFACTORIA
ASPECTOS ESTÉTICOS		
-Aspecto	MUY BUENO (colores, texturas y modelos pueden ser seleccionados).	BAJO
COSTES		
-Costes:		
-Inicial	MODERADO	BAJO
-Mantenimiento	BAJO	ALTO
-Coste global a largo plazo	BAJO	ALTO

Fuente: Manual de Euroadoquin., www.euroadoquin.org

6.2 CLASIFICACION DE LOS ADOQUINES SEGUN NORMAS INEN

6.2.1 ADOQUINES TIPO A.

Adoquines dentados que se unen entre sí por los cuatro lados, pueden colocarse en esterilla, y, por su geometría plana, al unirse, resisten la expansión de las juntas, tanto en los ejes longitudinales como en los transversales de las unidades.

6.2.2 ADOQUINES TIPO B.

Adoquines dentados que se unen con el otro solamente en dos de sus lados, que no pueden colocarse en esterilla y que, por su geometría plana, al unirse, resisten la expansión de las juntas paralelamente sólo en los ejes longitudinales de los adoquines; dependen de su precisión en su colocación para que se unan con las otras caras.

6.2.3 ADOQUINES TIPO C

Según la INEN 1483:87 los adoquines rectangulares de perfil sencillo que no se unen y que dependen de su precisión dimensional y de la precisión en su colocación para desarrollar el punteo.

6.3 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS ADOQUINES.

Cuando los adoquines se ensayen de acuerdo con los métodos descritos en la norma INEN (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION), estos deberán satisfacer los siguientes requisitos en el momento de la entrega o bien ser declarados adecuados para su uso por el fabricante.

6.3.1 NORMATIVA DE ESFUERZO DE ROTURA SEGUN NORMAS INEN

Tabla 6.2 NORMATIVA DE ESFUERZO DE ROTURA SEGÚN NORMAS INEN

Tipo de uso	No. de vehiculos por día mayores de 3t brutas	Equivalente total de repeticiones de eje estándar después de 20 años de servicio	Forma recomendada de adoquín	Resistencia característica (MPa) compresión a los 28 días
Peatonal	0	0	A,B,C	(20)
Estacionamiento y calles residenciales	0-150	$0-4,5 \times 10^5$	A,B,C	(30)
Caminos secundarios y calles y principales	150- 1500	$4,5 \times 10^5 -4,5 \times 10^6$	A	(40)

Fuente: NTE INEN 1488:87, Adoquines. Requisitos

6.3.2 RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN

En Ecuador no existe una normativa para cuantificar el desgaste del adoquín por contacto, es por eso que para nuestra investigación nos referiremos a la norma dictada por el manual del EUROADOQUIN en la cual se determina que la huella producida por la rueda de desgaste no deberá ser mayor a 23 mm en ninguno de los adoquines de la muestra ensayada.

Tabla 6.3 REQUISITOS DE DESGASTE SEGÚN EUROADOQUIN

Clase	Requerimiento	Uso recomendado
1	Sin requerimiento	Zonas no sometidas a fuerte abrasión
2	$D \leq 23$ mm medido de acuerdo con la norma pr EN 1338	Zonas sometidas a fuerte abrasión

Fuente: MANUAL DEL EUROADOQUIN, www.euroadoquin.org

6.4 PROCESOS DE FABRICACION DE ADOQUINES

6.4.1 COMPACTACION Y VIBRACION DE LA MEZCLA.

Es el proceso más importante en la producción final de los adoquines ya que en este proceso se pretende obtener la mínima cantidad de vacíos en el hormigón, logrando con la vibración, el acomodo de las partículas y con la compactación lograr la cohesión de las mismas creando así un prefabricado homogéneo.

El tiempo de vibro compactación del adoquín estará definido por las especificaciones de la máquina que se utiliza y por la experiencia de la persona que realice el trabajo, teniendo en cuenta que una vibro compactación deficiente produce una reducción de características mecánicas por la no cohesión de los materiales logrando un cuerpo no homogéneo y la vibro compactación excesiva produce el desacomodo y asentamiento de los agregados de mayor tamaño.

6.4.2 TRANSPORTE

Es importante que al momento de acarreo del adoquín recién fabricado no exista vibración excesiva o golpes producidos por el método de transporte que se utiliza, ya que estos son transportados por vehículos que circulan por caminos irregulares ocasionando cambios en la forma del adoquín, disminuyendo así sus características físicas y mecánicas.

6.4.3 CURADO

Al ser el adoquín un hormigón simple, está sujeto a las mismas afectaciones de un hormigón estructural una vez que está finalizado, como son cambios de volumen, calor de hidratación, pérdida de agua; por lo que debe ser tratado con la presencia constante de agua para evitar

que esta se evapore debido a las reacciones químicas que en el hormigón se dan habitualmente, logrando evitar un alto porcentaje de vacíos y conductos producidos por el agua evaporada.

Para el propósito de nuestra investigación, los adoquines que fabricamos serán sometidos a un curado esencialmente con sulfatos de sodio, curado en el cual, el adoquín debido a su porosidad estará saturado totalmente con este agente agresivo para luego ser sometido a varios ciclos de secado y verificar como es su comportamiento con los ensayos antes mencionados.

6.4.4 ALMACENAJE

Los adoquines deberán estar apilados y almacenados en un lugar adecuado en el cual la resistencia y forma no se vean afectadas por ningún factor ambiental o externo.

6.5 DOSIFICACION

Ya que no existe una normativa de diseño de adoquines en nuestro país, la dosificación se realizará de la misma manera en la que se diseña el hormigón simple estructural teniendo en cuenta que la relación agua cemento es baja.

Desde un comienzo se realizó una dosificación de hormigón al peso, pero se llegó a la conclusión de que no sería la manera más eficaz de elaborar los adoquines debido a la complejidad y cantidad de variables que se debería tomar en cuenta, además de que sería complejo el control del peso de los materiales y agua al momento de su elaboración en obra; por lo que se determinó que se debía realizar una dosificación al volumen usando parihuelas técnicamente diseñadas para las resistencias deseadas.

Esta investigación está enfocada hacia ensayos en adoquines de tráfico pesado, por lo que es necesario elaborar adoquines que puedan alcanzar resistencias mínimas de 40 MPA, es así que se realizaron varias pruebas realizando adoquines de resistencias de 210 kg/cm², 280kg/cm² y 350 kg/cm² con diferentes relaciones A/C para así realizar curvas de resistencia

ideales y obtener la dosificación correcta para fabricar adoquines con resistencias de 400 kg/cm².

Así mismo se realizó el cálculo de las dimensiones de las parihuelas para cada una de las resistencias las cuales fueron utilizadas en la fabricación de los adoquines.

En el caso del agua, ya que la fabricación de adoquines es de consistencia seca, se añadió de manera prolongada tratando de mantener el asentamiento deseado, además de que la cantidad que se iba añadiendo era cada vez comprobada por el operador quien tenía mucha experiencia en la elaboración de adoquines.

Una vez realizada la mezcla se la colocaba en la máquina vibro compactadora para luego almacenar los adoquines y curarlos.

CAPITULO 7 PROCESO DE CURADO E INMERSION DE LAS MUESTRAS

Existen varios procesos que se pueden utilizar para el curado del hormigón; en obra se acostumbra a cubrir el hormigón totalmente con agua, colocar la superficie con arena o tierra húmeda, o colocar una pequeña capa de pintura impermeable para que el agua de mezcla no se evapore.

Los adoquines deben ser hidratados constantemente en cámaras de agua, donde las muestras están sumergidas todo el tiempo garantizando la humedad inicial de la muestra.

Para que la inmersión sea el adecuado, la muestra debe estar sumergida por lo menos 7 días, tiempo en el cual alcanza una resistencia del 70%, o hasta los 28 días que llega al 100%.

En la investigación, la inmersión de los adoquines fue directamente en una solución de sulfato de sodio con la finalidad de que estos absorban totalmente el agente agresivo obteniendo las condiciones más severas para el final de los ensayos; además de que el curado se realizó hasta 91 días después de su fabricación.

7.1 EXPOSICION DE LOS ADOQUINES AL SULFATO DE SODIO

Para acelerar el proceso de afectación de los sulfatos de sodio en los adoquines fue necesario determinar valores aproximados de concentraciones que den resultados visibles a corto plazo, ya que si los adoquines hubiesen sido sometidos a las concentraciones normales, hubiese tomado mucho tiempo determinar el comportamiento ya que este tipo de afectaciones son a largo plazo.

Tabla 7.1 CONCENTRACIONES DE SULFATOS UTILIZADAS

CONCENTRACIONES DE SULFATO DE SODIO		
4%	6%	8%

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Tabla 7.2 CONCENTRACIONES DE SULFATOS EN AMBIENTE

EXPOSICIÓN	CONCENTRACIÓN DE LA SEVERIDAD DE AMBIENTE DE SULFATOS DE ACUERDO A ACI 201.2R'92	
	EN EL SUELO %	EN EL AGUA (PPM)
SUAVE	MENOR A 0,1	MAYOR A 150
MODERADA	0,1 A 0,2	150 A 1500
SEVERA	0,2	1500 A 10000
MUY SEVERO	MAYOR A 0,2	MAYOR A 10000

Fuente: Tecnología del concreto, 3a. Ed., [Bogotá, Colombia]: Asocreto

Tabla 7.3 MUESTRA TOTAL DE ADOQUINES ENSAYADOS

CLASIFICACION DE MUESTRAS POR RESISTENCIA Y CONCENTRACION DE SULFATO DE SODIO EN EL CURADO						
RESISTENCIA REQUERIDA	CONCENTRACION (%)	DIAS				TOTAL
		14	28	56	91	
A/C = 0.33 350 KG/CM2	0	10	10	10	10	40
	4	10	10	10	10	40
	6	10	10	10	10	40
	8	10	10	10	10	40
		TOTAL NUMERO ADOQUINES				160

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Como se observa en la tabla 7.3, se realizaron ensayos de rotura de 40 adoquines por cada una de las dosificaciones establecidas, cumpliendo así la normativa de muestreo mínimo para ensayo de rotura de adoquines

Se realizaron tres soluciones de sulfato al 4%, 6% y 8% de concentración, cantidades que superan al porcentaje de sulfato que se encuentra en ambientes salinos, agua de mar, o sustancias perjudiciales transportadas a través del suelo.

Ya que en Ecuador no existe una normativa de ensayos de desgaste en adoquines de hormigón, y menos aún adoquines que han sido sometidos a sulfatos, se desarrolló una metodología de inmersión y secado la cual se detalla en los siguientes párrafos.

7.2 METODOLOGIA DE INMERSION Y SECADO

- Una vez fabricados los adoquines, se realizó el proceso de curado sumergiéndolos totalmente en agua con sulfatos, con el propósito de que estos absorban completamente el agente agresivo desde el inicio del curado hasta realizar los ciclos de secado.
- Una vez cumplido el tiempo de 14, 28, 56 y 91 días dentro de la solución salina, se realizó el ciclo de secado de los adoquines de cada una de las concentraciones sacándolos de la solución y metiéndolos al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 8 horas, temperatura y tiempo suficientes para que los cristales que se generan en el adoquín producto de la solución salina se desintegren y estén listos para sumergirlos de nuevo.
- Este proceso de secado y sumergido se lo realizó a lo largo de una semana antes de realizar el ensayo de rotura y desgaste, una vez por día, ya que estos se deben ensayar simulando las condiciones más críticas, es decir totalmente saturados para el ensayo de compresión y totalmente secos para el ensayo de desgaste.
- La finalidad de este proceso de secado y sumergido del adoquín es simular ambientes críticos en los cuales el prefabricado puede estar sometido a temperaturas muy bajas hasta el punto de congelarse y luego secarse a temperatura altas, haciendo que el agua que se encuentra dentro de los poros aumente y disminuya su volumen causando esfuerzos de expansión que influirán en la resistencia final del adoquín.
- Así mismo se pretende comprobar si el ambiente salino provocado por agua de mar o agentes agresivos transportados por suelo (sean orgánicos o no), afectan de alguna manera al desgaste que los adoquines pueden estar sometidos a lo largo de su vida útil.
- Con la finalidad de obtener datos comparativos, se realizó el curado de otros 40 adoquines que no estuvieron expuestos a agentes agresivos, los cuales se introdujeron

en la cámara de curado del laboratorio, en donde se realizó el curado únicamente con agua.

- Aquellos adoquines que no estuvieron expuestos a sulfatos de sodio, también fueron sometidos a los mismos ciclos de sumergido y secado, ya que se debían establecer parámetros comparativos entre muestras bajo las mismas condiciones.

**CAPITULO 8: METODOS DE ENSAYO PARA LA
DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y
MECANICAS DE LOS ADOQUINES.**

8.1 ENSAYO DE ESFUERZO DE COMPRESION.

Las muestras deben someterse a prueba en condiciones húmedas después de haber estado almacenadas por lo menos durante 24 horas en agua, a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$; antes de sumergir los adoquines en el agua, será preciso determinar el área y espesor.

Por otra parte, se deberá refrentar las probetas con capping o triplay de 4 mm de espesor como empaque, el cual se colocará en la cara superior e inferior de la muestra.

Entre las placas de la máquina y la muestra se colocará una plancha de acero de aproximadamente 25 mm de espesor que cubra toda la superficie de la muestra y sea capaz de distribuir uniformemente la carga.

El adoquín se debe colocar en la máquina con la superficie de desgaste hacia arriba, de manera que los ejes longitudinales y transversales del mismo queden alineados con los ejes de las placas de la máquina. La aplicación de la carga debe ser continua y no intermitente, a una velocidad aproximada de 15MPa por minuto, hasta que no se pueda soportar una carga mayor, debiendo registrarse la carga máxima aplicada.

La resistencia a la compresión de cada muestra deberá calcularse, dividiendo la carga máxima para el área total de la cara de contacto del adoquín, y multiplicando el resultado por el factor correspondiente. Dicha resistencia se expresará con una precisión de 1 MPa.

Tabla 8.1 FACTOR DE CORRECCION DE FORMA

Espesor del adoquín (mm)	Tipo de adoquín	
	Liso	Biselado
60	1,00	1,06
80	1,04	1,11
100	1,08	1,16

Fuente: NTE INEN 1485:87, Adoquines. Determinación de la resistencia a la compresión

8.2 RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN

Debido a que en nuestro país no existe una norma que regule el proceso ni la cuantificación del desgaste de los adoquines, se utilizó el método establecido por el manual del EUROADOQUIN, y que es el proceso que dispone el laboratorio de materiales de la PUCE.

8.2.1 FUNDAMENTO.

La resistencia a la abrasión se determina midiendo el desgaste producido en la cara vista del adoquín al ser sometido a desgaste por rozamiento de un disco de acero y material abrasivo.

8.2.2 EQUIPO.

La máquina de desgaste se compone, esencialmente de los elementos que se indican en la figura 8.1. El disco será de acero, de dureza comprendida entre 203 HB y 245 HB. El diámetro será de $200 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, su anchura será de $70 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ y deberá girar 75 revoluciones en $60 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$.

Como abrasivo, se empleará corindón blanco de grano 80, según FEPA 42F 1984. La distancia de caída del abrasivo, entre el fondo del conducto de salida y el eje del disco será $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ y caerá a una distancia comprendida entre 1 y 5 mm por detrás de la cara de desgaste del adoquín

8.2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

La muestra estará compuesta por diez adoquines enteros. La superficie a ensayar, cara vista del adoquín será plana, por lo que, si se precisa, se refrentará la cara vista del adoquín. No obstante, también se permite ensayar los adoquines directamente, sin refrentar, siempre y cuando se haya establecido una correlación de resultados con adoquines refrentados. La probeta estará limpia y seca. Antes de someterla a abrasión se deberá cubrir la superficie a ensayar con tiza coloreada para facilitar la lectura de la huella.

8.2.4 PROCEDIMIENTO.

Se llena la tolva con abrasivo seco, se sitúa la muestra a ensayar, sobre el carro porta probetas, de forma que cualquier borde de la huella que se produzca, esté por lo menos a 15 mm de cualquier extremo de la probeta. Una vez situado el adoquín en contacto con el disco de abrasión, se procede de manera simultánea a la apertura de la válvula de control del flujo de abrasivo y al arranque del motor, de forma que el disco gire a 75 revoluciones en $60s \pm 3s$. Transcurridas 75 vueltas del disco se cierra el flujo de corindón y se para el motor.

Durante el ensayo, el flujo de abrasivo deberá ser regular. Se aconseja realizar dos desgastes en la cara vista de cada adoquín.

8.2.5 MEDIDA DE LA HUELLA.

A continuación se detalla el procedimiento a realizarse para medir la huella de desgaste; procedimiento que se lo explica en la figura 8.2

Con un lápiz y una regla, se dibujan los límites longitudinales exteriores de la huella (L1 y L2). Se dibuja la línea AB, en el centro de la huella y perpendicular a su línea central. Se mide la distancia entre A y B desde los bordes interiores de los límites longitudinales (L1 y L2) con un calibre digital de precisión $\pm 0,1$ mm.

De igual forma, se dibujan las líneas CD situadas a $10\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ de los bordes, midiendo en ellas la huella. El ensayo será válido si la diferencia entre las dos medidas CD no es superior a 0,5 mm. Si esto sucede, se deberá ajustar el equipo, corrigiendo la ortogonalidad entre disco y probeta, hasta conseguir una huella que cumpla este requisito. En ocasiones, la caída del abrasivo arrastra parte de la tiza con que se cubrió la probeta, lo que origina que el límite superior L1, sea una línea curva. Este hecho se debe ignorar cuando se trace dicho límite superior, que debe ser siempre una línea recta

8.2.6 RESULTADO

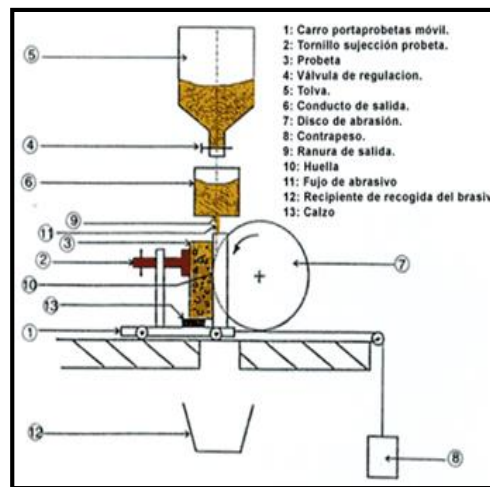
Como resultado del ensayo se dan los siguientes valores, expresados en mm con una cifra decimal.

El desgaste de cada probeta, $D_i = AB + FC$

El desgaste de la muestra, $D = S D_i/n$

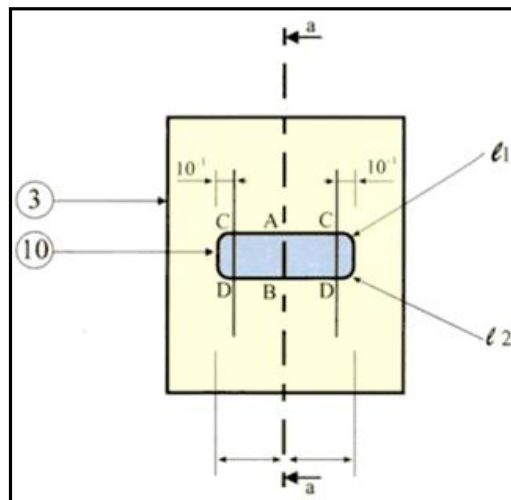
Si se realizan dos desgastes en una probeta, se tomará como AB el mayor valor obtenido

Gráfico 8.1 ESQUEMA DE MÁQUINA DE DESGASTE



Fuente: Manual del euro adoquín, www.euroadoquin.org

Gráfico 8.2 ESQUEMA DE MEDICIÓN DE HUELLA



Fuente: Manual del euro adoquín, www.euroadoquin.org

CAPITULO 9: COMPILACION Y REPRESENTACION DE RESULTADOS.

9.1 RECOPIACION DE DATOS.

Cada uno de los datos obtenidos de cada ensayo, tanto de compresión como de desgaste, han sido debidamente ordenados y basados en los formatos de las hojas de datos del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; es así que cada ensayo incluye de forma general, dimensiones, masa, resistencia y en el caso de desgaste, medida de la huella de cada uno de las muestras a ensayarse.

En el Anexo 5 Fase 2, se observa cada uno de los datos detallados de resistencia de cada muestra para sus respectivas edades y concentraciones de sulfato de sodio; así como en el Anexo 6 se detalla cada una de las dimensiones y masa de las muestras con sus respectivas medidas de huellas de desgaste producidas después del ensayo para cada una de las dosificaciones de sulfatos.

9.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES.

La resistencia a la compresión de cada una de las muestras deberá calcularse, dividiendo la carga máxima para el área total de la cara de contacto del adoquín.

La resistencia característica se calculará tomando como base los valores propios de las diez unidades que conforman la muestra.

La resistencia característica representada por f_{ck} se calcula de la siguiente manera:

$$f_{ck} = f_m - 1.64 * s$$

Ecuación 9.1

A su vez la desviación estándar se determinará a partir de la misma muestra, utilizando una de las siguientes formulas:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_m)^2}{9}}$$

Ecuación 9.2

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_i)^2 - \frac{(\sum f_i)^2}{10}}{9}}$$

Ecuación 9.3

Donde:

s = desviación estándar (MPa)

f_i = Resistencia a la compresión de cada una de los adoquines ensayados (MPa)

f_m = Media aritmética (promedio) de la resistencias a la compresión de la muestra.

La resistencia característica es el valor estadístico que garantiza que el 95% de hormigón colocado en obra, posee una resistencia mayor o igual a dicho valor.

Por lo tanto todas las gráficas de resistencia a la compresión vs tiempo se realizarán con la resistencia característica de la muestra.

9.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ENSAYOS DE DESGASTE MECÁNICO DE ADOQUINES.

La huella crítica se calculará tomando como base los valores propios de las cinco unidades que conforman la muestra.

La huella crítica es el valor estadístico predominante en la investigación, por cuanto representa el valor excesivo de desgaste mecánico de la muestra.

La resistencia característica representada por $f_c k$ se calcula de la siguiente manera:

$$H_{crítica} = H_m + s$$

Ecuación 9.4

A su vez la desviación estándar se determinará a partir de la misma muestra, utilizando una de las siguientes formulas:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(Hi - Hm)^2}{4}}$$

Ecuación 9.5

$$s = \sqrt{\frac{\sum(Hi)^2 - \frac{(\sum Hi)^2}{5}}{4}}$$

Ecuación 9.6

Donde:

s = desviación estándar (MPa)

Hi = Huella producida por el desgaste mecánico de cada una de los adoquines ensayados (MPa)

Hm = Media aritmética (promedio) de la huella producida por el desgaste mecánico de la muestra.

Por lo tanto todas las gráficas de desgaste crítico vs tiempo se realizarán con la huella crítica de la muestra.

CAPITULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de la investigación, se realizaron ensayos de laboratorio a los materiales pétreos provenientes de dos canteras diferentes, las cuales son San Antonio de Pichincha y Pifo – Holcim; luego de culminar el trabajo práctico y haber recopilado los resultados, se ha llegado a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

10.1 AGREGADOS NATURALES:

10.1.1 SAN ANTONIO DE PICHINCHA:

- El material ensayado de esta cantera únicamente fue agregado fino, el cual después de haber sido ensayado, no cumplió con todos los requisitos necesarios para la elaboración de hormigones establecidos por las normas INEN-872:2011. Ver tabla 10.1
- A pesar de que el ensayo de contenido orgánico se considera como aceptable, el valor es cercano a 500 ppm, lo que significa que tiene sustancias orgánicas que pueden ser perjudiciales para la pasta cementante, por lo que se recomienda hacer otros tipos de ensayos que nos aseguren la calidad del agregado en lo que tiene que ver con el contenido orgánico del material.

Tabla 10.1 RESUMEN DE RESULTADOS DE AGREGADO FINO DE SAN ANTONIO DE PICHINCHA.

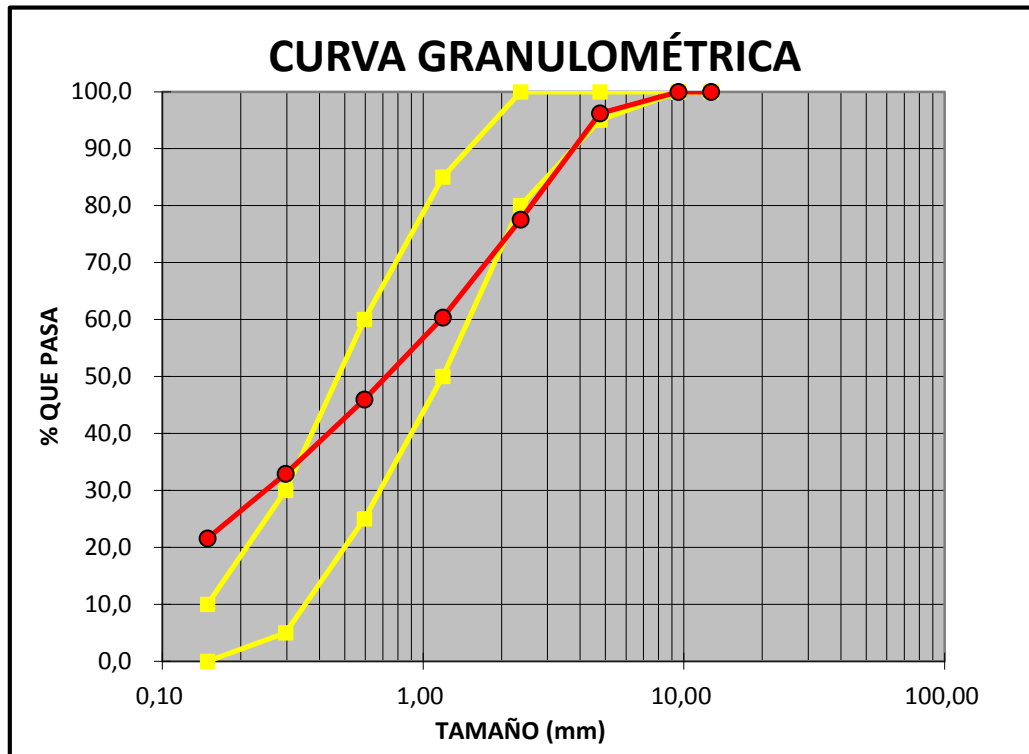
ENSAYO	MATERIAL	REQUISITOS INEN 872:2011	OBSERVACION
% TERRONES DE ARCILLA	16%	NO MAYOR A 3%	NO CUMPLE
MODULO DE FINURA	2,65	ENTRE 2.3 Y 3.1	CUMPLE
% PASA EL TAMIZ #200	9%	NO MAYOR A 5% (material triturado)	NO CUMPLE
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,705	-	-
% ABSORCION	5,23	-	-
PESO UNITARIO SUELTO	1745 Kg/m ³	-	-
PESO UNITARIO COMPACTO	1913 Kg/m ³	-	-
DURABILIDAD DE SULFATOS	14,6	NO MAYOR A 15%	CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA	80,5	MAYOR O IGUAL A 90 (≥ 90)	NO CUMPLE
CONTENIDO ORGANICO	FIG. 2.8 MENOR A 500 ppm	MENOR O IGUAL A FIG. 3 (≤ 500 ppm)	CUMPLE

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.1.1.1 GRANULOMETRIA SAN ANTONIO DE PICHINCHA

- El ensayo granulométrico del agregado fino de la cantera de San Antonio de Pichincha, determina que el material no tiene la distribución granulométrica requerida para la dosificación de adoquines de acuerdo a la norma INEN 872:2011; ya que la curva del material no se encuentra dentro de los límites granulométricos especificados por dicha norma (Ver Gráfico 10.1), en virtud del análisis anterior, se puede concluir que este agregado no cumple en su mayoría con las normas de calidad, por lo que se descartó su uso en la investigación.

Gráfico 10.1 CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO – SAN ANTONIO DE PICHINCHA



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.1.2 PIFO – HOLCIM (DISENSA)

10.1.2.1 AGREGADO FINO PIFO – HOLCIM (DISENSA)

- El agregado fino ensayado proveniente de la cantera de Pifo – Holcim se adapta y cumple los requerimientos dictados por la norma INEN 872:2011 para la dosificación de hormigones. (Ver Tabla 10.2)

Tabla 10.2 RESUMEN DE RESULTADOS DE AGREGADO FINO DISENSA - PIFO.

ENSAYO	MATERIAL	REQUISITOS INEN 872:2011	OBSERVACION
% TERRONES DE ARCILLA	0,5%	NO MAYOR A 3%	CUMPLE
MODULO DE FINURA	3,1	ENTRE 2.3 Y 3.1	CUMPLE
% PASA EL TAMIZ #200	4,23%	NO MAYOR A 5%	CUMPLE
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,7	-	-
% ABSORCION	4,3	-	-
PESO UNITARIO SUELTO	1570 Kg/m ³	-	-
PESO UNITARIO COMPACTO	1741 Kg/m ³	-	-
DURABILIDAD DE SULFATOS	9,72%	NO MAYOR A 15%	CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA *	86,43	MAYOR O IGUAL A 90 (≥ 90)	NO CUMPLE
CONTENIDO ORGANICO	FIG. 1 MENOR A 500 ppm	MENOR O IGUAL A FIG. 3 (≤ 500 ppm)	CUMPLE

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

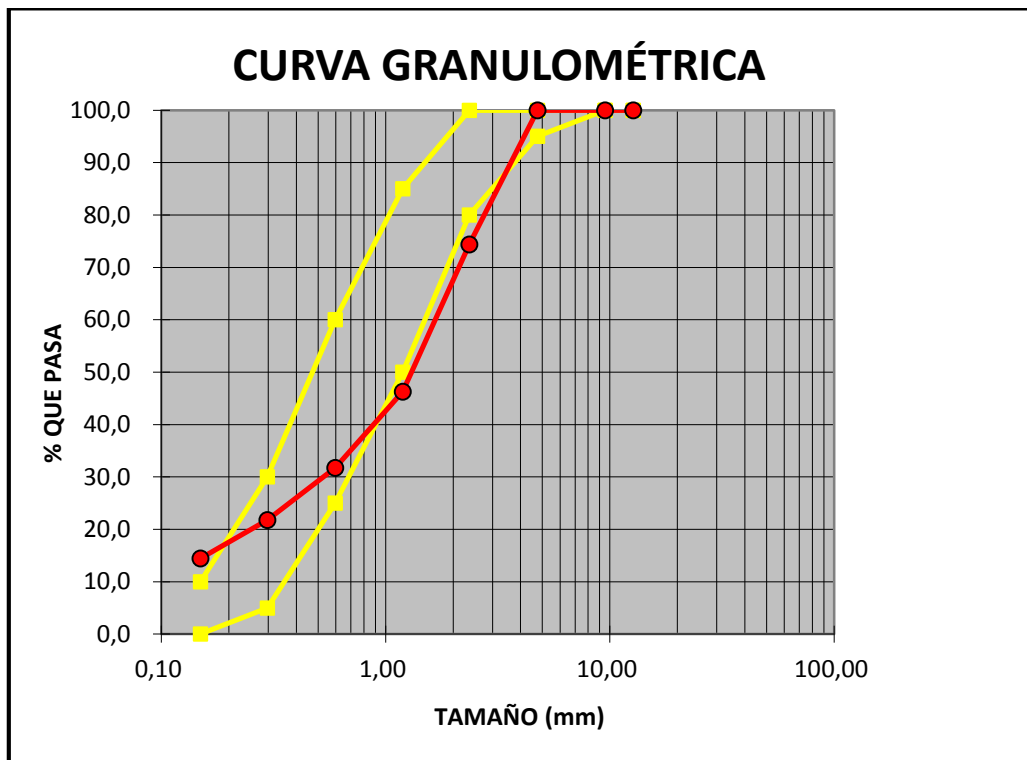
* Valor referido a la especificación granulométrica.

- En lo referente al contenido orgánico del agregado fino del ensayo realizado; se puede estimar que contiene una cantidad insignificante de materia orgánica, por lo que su utilización en este trabajo de investigación es aceptable.

10.1.2.1.1 GRANULOMETRIA AGREGADO FINO PIFO – HOLCIM (DISENSA).

- Una vez realizado el análisis granulométrico del material fino de Pifo - Holcim, se puede observar que la curva granulométrica en su mayoría está dentro de los límites establecidos (Ver Gráfico 10.2); sin embargo, para mejorar las condiciones granulométricas se deberá realizar una mezcla con un agregado de mayor tamaño nominal para compensar el exceso de material fino.

Gráfico 10.2 CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO – PIFO – HOLCIM



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

- Después de haber realizado los respectivos análisis de laboratorio en ambos materiales finos, se concluye que el más apto para realizar la dosificación de los adoquines es el material proveniente de la cantera de Pifo – Holcim; ya que es el que cumple con los requisitos establecidos por las norma INEN 872:2011.

10.1.2.2 AGREGADO GRUESO PIFO – HOLCIM (DISENSA)

- El agregado grueso ensayado proveniente de la cantera de Pifo – Holcim no cumple con todos los requerimientos establecidos por la norma INEN 872:2011 para la dosificación de hormigones. (Ver tabla 10.3)
- Los resultados de durabilidad a la acción de los sulfatos y abrasión por el método de desgaste en la máquina de los ángulos, cumplen con los parámetros establecidos;

ensayos que son importantes para nuestra investigación ya que las muestras serán sometidas a ensayos de desgaste por contacto. (Ver Tabla 10.3).

Tabla 10.3 RESUMEN DE RESULTADOS DE AGREGADO GRUESO DE PIFO - HOLCIM.

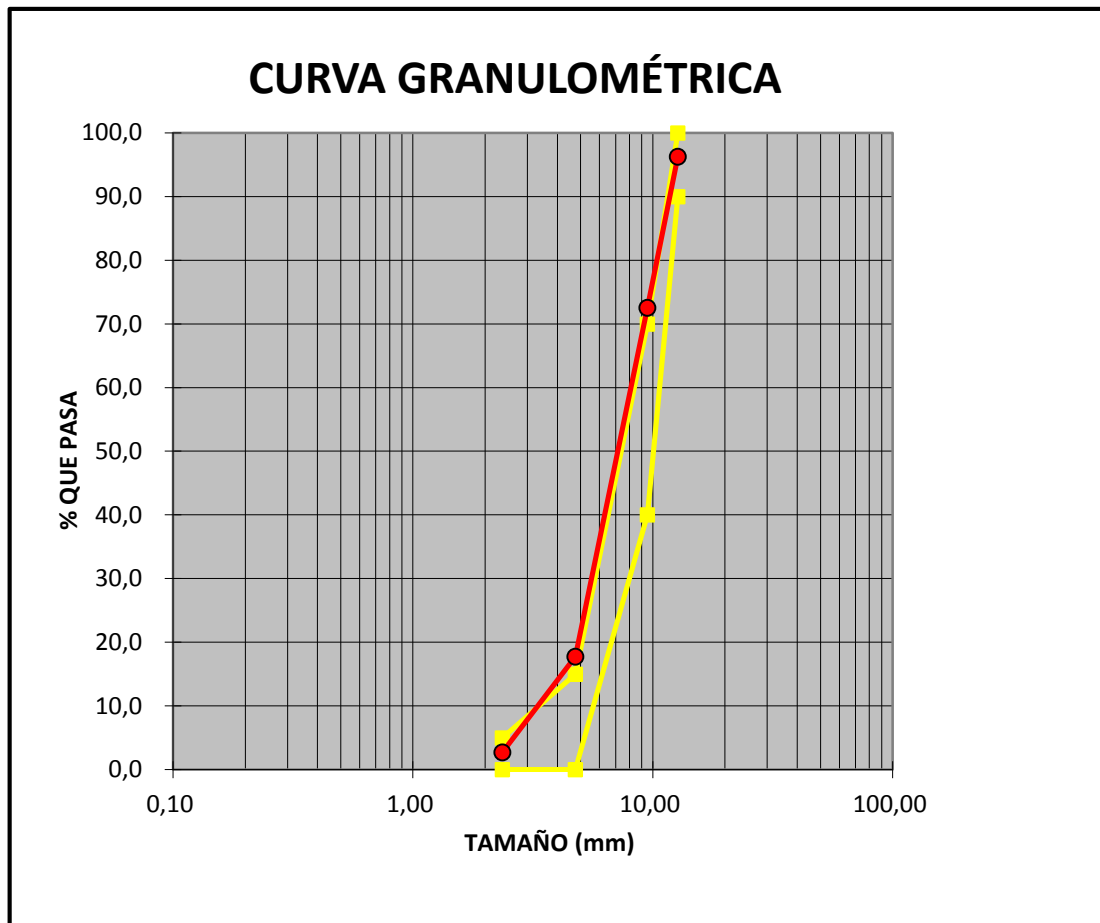
ENSAYO	MATERIAL	REQUISITOS INEN 872:2011	OBSERVACION
% TERRONES DE ARCILLA	3.5 %	NO MAYOR A 3%	NO CUMPLE
MODULO DE FINURA	6		
% PASA EL TAMIZ #200	4.23%	NO MAYOR A 3%	NO CUMPLE
GRAVEDAD ESPECIFICA	2.72	-	-
% ABSORCION	2.25	-	-
PESO UNITARIO SUELTO	1319 Kg/m3	-	-
ABRASIÓN - DESGASTE EN MAQUINA DE LOS ANGELES	25.90 %	NO MAYOR A 50%	CUMPLE
PESO UNITARIO COMPACTO	1482 Kg/m3	-	-
DURABILIDAD DE SULFATOS	1.33%	NO MAYOR A 15%	CUMPLE

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.1.2.3 GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO PIFO – HOLCIM

- El ensayo granulométrico del agregado grueso de la cantera de Pifo – Holcim, determina que el material no tiene la distribución granulométrica requerida por las normas INEN 872:2001; ya que la curva del material no se encuentra en su totalidad dentro de los límites establecidos. (Ver Gráfico10.3).

Gráfico 10.3 CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO GRUESO – PIFO – HOLCIM



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.1.3 MEZCLA AGREGADO FINO PIFO – HOLCIM (DISENSA) Y AGREGADO GRUESO PIFO – HOLCIM (DISENSA):

- La mezcla de agregados de la Planta de Pifo - Holcim resultó con el 22% de agregado grueso de TMN de 12.70mm (llamado Chispa) y un 78% de agregado fino de TMN de 4.76mm; logrando obtener una curva granulométrica dentro de las especificaciones. (Ver tabla 10.4 y Gráfico 10.4)

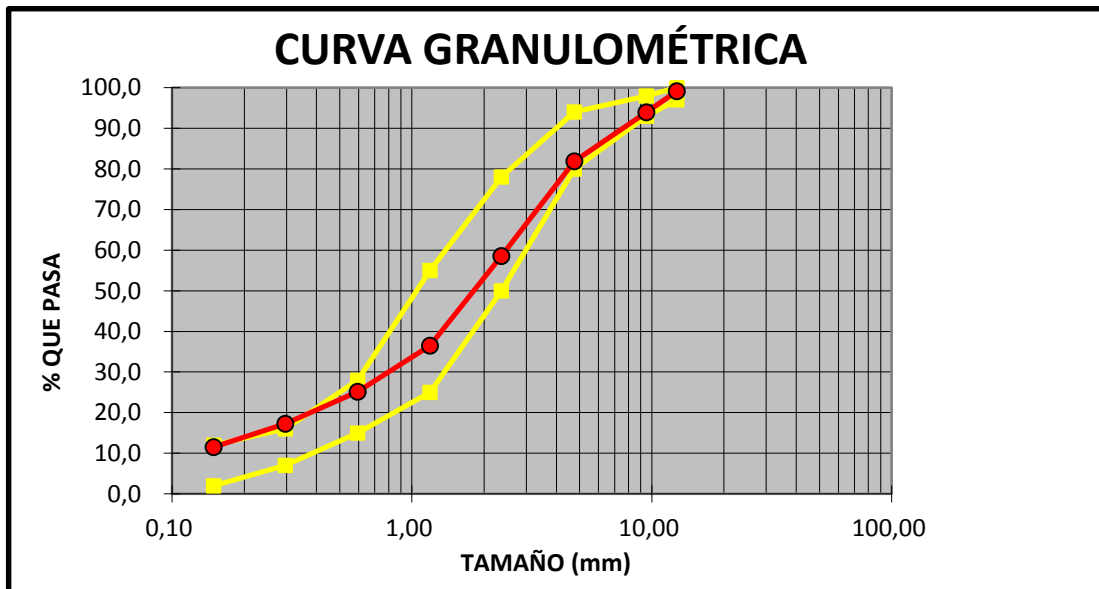
Tabla 10.4 GRANULOMETRÍA MEZCLA AG. FINO 78% + AG. GRUESO 22% - PIFO – HOLCIM (DISENSA)

MALLA	ABERTURA	PORCENTAJE QUE PASA AG. FINO	PORCENTAJE QUE PASA AG. GRUESO	PORCENTAJE QUE PASA LA MEZCLA	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA
No.	mm	%	%	%	%
1"	25.4	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	100.00	96.28	99.18	97 – 100
3/8"	9.51	100.00	72.54	93.96	93 – 98
#4	4.76	99.96	17.76	81.88	80 – 94
#8	2.362	74.37	2.71	58.60	50 – 78
#16	1.19	46.26	1.93	36.51	25 – 55
#30	0.595	31.76	1.62	25.13	15 – 28
#50	0.297	21.79	1.41	17.31	7 – 16
#100	0.149	14.43	1.29	11.54	2 – 12
Pasa No. #100		0	0	0	0

OBSERVACIONES: TAMAÑO MÁXIMO: 12.7mm
MÓDULO DE FINURA: 3.75

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Gráfico 10.4 CURVA GRANULOMÉTRICA MEZCLA AG. FINO 78% + AG. GRUESO 22% – PIFO – HOLCIM (DISENSA)



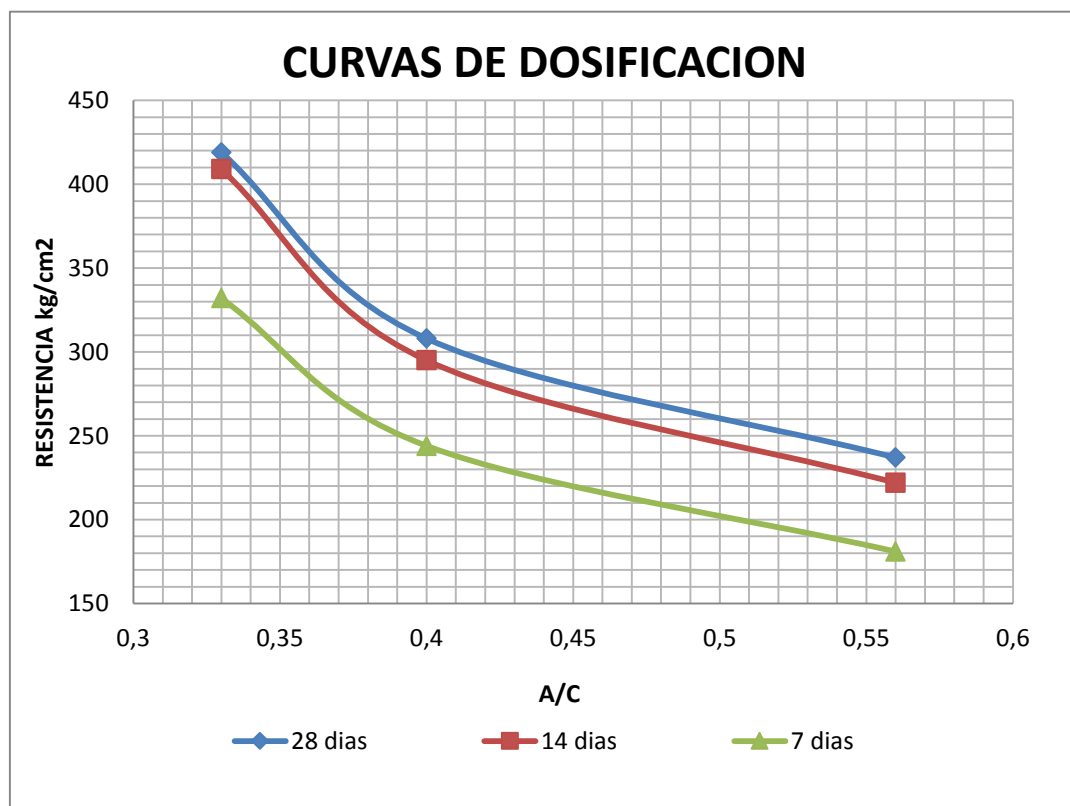
Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

- Además de cumplir la condición de granulometría, es importante elegir los agregados que mejor se adapten a la norma de desgaste en la máquina de los ángeles durabilidad ante la acción de los sulfatos; por cuanto los adoquines estarán sometidos a condiciones de desgaste en diferentes porcentajes de soluciones salinas; en virtud del análisis anterior, se concluye que el material de la cantera de Pifo – Holcim es el idóneo para la fabricación de adoquines.

10.1.4 RESULTADOS DE CURVAS DE DOSIFICACIÓN:

- Una vez seleccionado el material idóneo para la dosificación de los adoquines, se realizaron tres dosificaciones teóricas para resistencias a la compresión de 210 kg/cm², 280 kg/cm², y 350 kg/cm² con diferentes relaciones agua/cemento (a/c), para así lograr obtener las curvas de dosificación.

Gráfico 10.5 CURVAS DE DOSIFICACIÓN



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

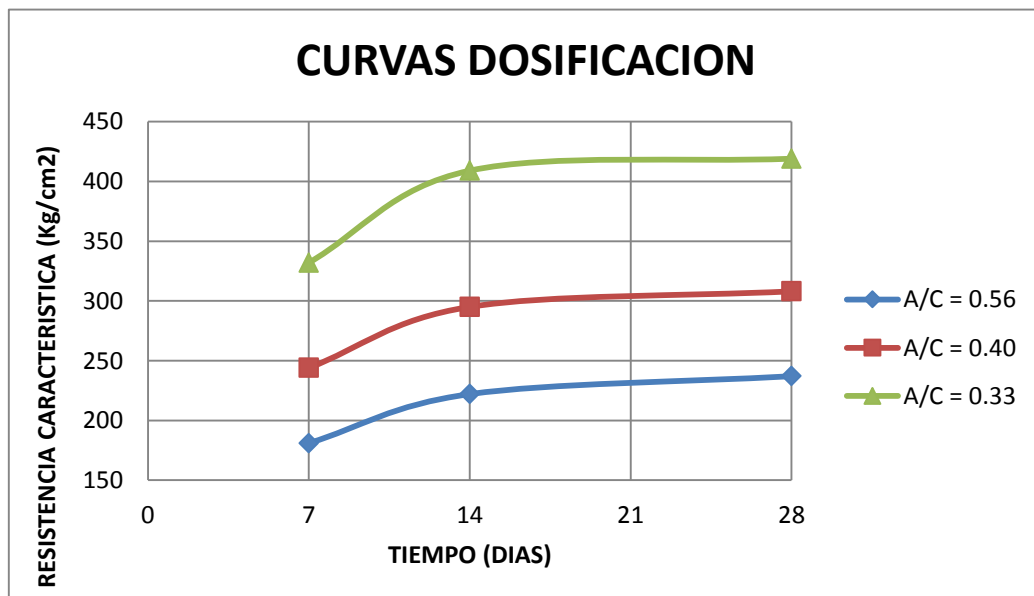
- Una vez realizados los ensayos de rotura de los adoquines se obtuvo resistencias mayores a las esperadas en tan solo 7 días; así se concluyó que el adoquín, por ser un hormigón de relación agua/cemento baja, puede alcanzar mayores resistencias en edades tempranas; la investigación presenta el 79% de la resistencia real a los 7 días; así que se partió de la dosificación de hormigones de 350 kg/cm² para lograr alcanzar resistencias por el orden de 419 kg/cm².

Tabla 10.5 RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESION PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES

TIEMPO (DIAS)	RESISTENCIA CARACTERISTICA (KG/CM2)								
	f'c=210 kg/cm2	f'c=280 kg/cm2	f'c=350 kg/cm2	% RESISTENCIA		% RESISTENCIA		% RESISTENCIA	
				f'c =210 kg/cm2	A/C	f'c=280 kg/cm2	A/C	f'c=350 kg/cm2	A/C
7	181	244	332	76	0.56	79	0.4	79	0.33
14	222	295	409	94	0.56	96	0.4	98	0.33
28	237	308	419	100	0.56	100	0.4	100	0.33

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Gráfico 10.6 CURVAS DE RESISTENCIA CARACTERISTICA VS TIEMPO PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.2 ENSAYOS DE COMPRESION.

10.2.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 0%

- Los adoquines de hormigón que no fueron expuestos a agentes agresivos dieron los resultados expuestos en la tabla 10.6. A la edad de 14 días se obtuvo una resistencia de 335 Kg/cm² que representa el 91% de la resistencia real, a los 28 días se obtuvo una resistencia de 370 kg/cm² que representa el 100% de la resistencia, a los 56 días la resistencia fue de 441 kg/cm² que representa el 119%, es decir que esta un 19% por encima de la resistencia de real, a los 91 días la resistencia característica fue de 445 kg/cm² en donde ya supera a la real en 20%.

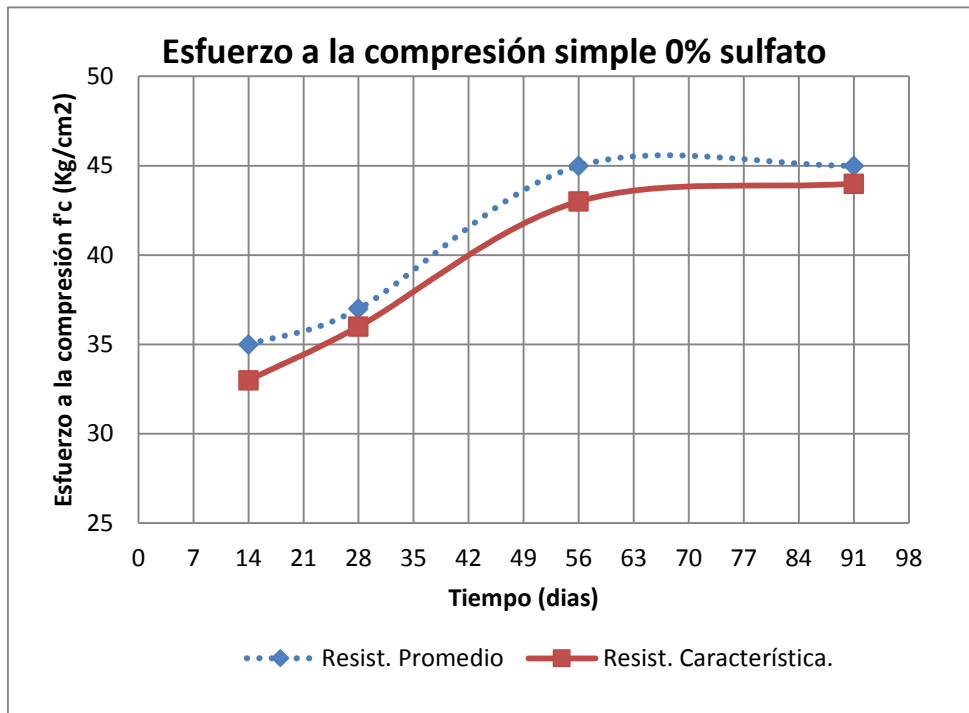
Tabla 10.6 ESFUERZO DE COMPRESION CON 0% DE SULFATOS

DIAS	14	28	56	91
RESITENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	354	381	461	456
RESISTENCIA CARACTERISTICA (Kg/cm ²)	335	370	441	445
PORCENTAJE RESISTENCIA	91	100	119	120

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

- Como se puede observar en el gráfico 10.7, las curvas de resistencia promedio y resistencia característica tienen similar tendencia creciente, pero en el tramo final la trayectoria se vuelve prácticamente constante.
- Cabe mencionar que con estos resultados, para el análisis posterior se considerará como resistencia referencial (R.F) el valor de 370 kg/cm².

Gráfico 10.7 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 0% DE SULFATOS.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.2.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 4%

- Los adoquines de hormigón que estuvieron expuestos al 4% de sulfatos dieron los resultados de la tabla 10.7. A la edad de 14 días se obtuvo una resistencia de 320 Kg/cm² que representa el 86% de la resistencia de referencia (R.F), a los 28 días la resistencia de los adoquines no varió de manera significativa manteniéndose en 321 kg/cm² que representa el 87% de la resistencia referencial (R.F), es decir un 13% menor que la resistencia referencial (R.F), a los 56 días la resistencia fue de 453 kg/cm² que representa el 122%, es decir que esta 22% por encima de la resistencia referencial (R.F), a los 91 días se observa una disminución en la resistencia del adoquín con un resultado de 444 kg/cm², 2% menos que la resistencia obtenida a los 56 días.

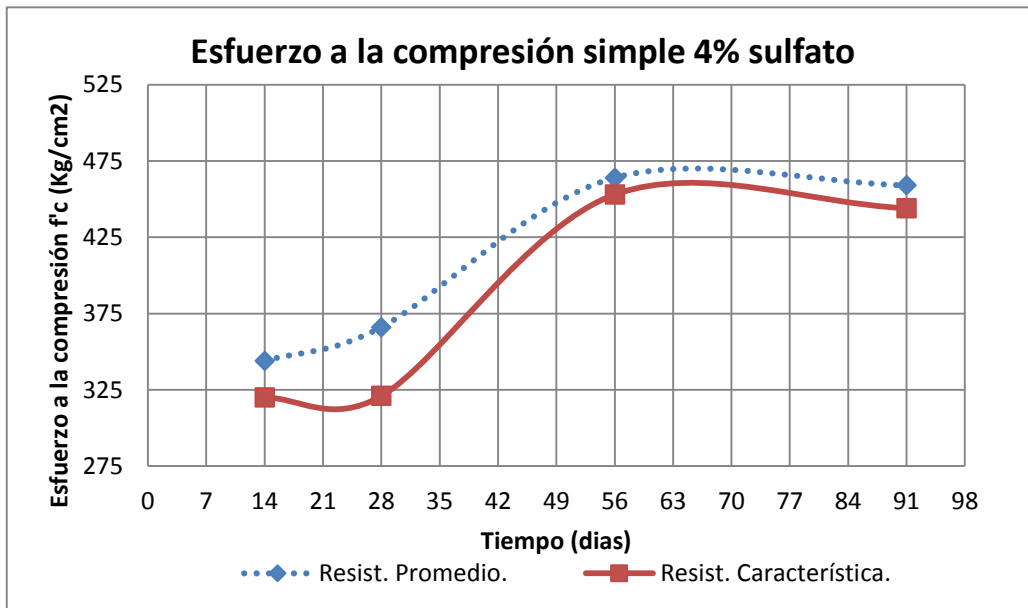
Tabla 10.7 ESFUERZO DE COMPRESION CON 4% DE SULFATOS

DIAS	14	28	56	91
RESITENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	344	366	464	459
RESISTENCIA CARACTERISTICA (Kg/cm2)	320	321	453	444
PORCENTAJE RESISTENCIA	86	87	122	120

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

- Como se puede observar en el gráfico 10.8, las curvas de resistencia promedio y resistencia característica no tienen similar comportamiento en el tramo inicial, la resistencia característica tiene un crecimiento insignificante el cual no está dentro de los parámetros aceptables a los 28 días; en los siguientes ensayos realizados a los 56 y 91 días, se observa que la trayectoria de la curva empieza a crecer de nuevo hasta que en el último tramo de la curva empieza a bajar su resistencia.

Gráfico 10.8 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 4% DE SULFATOS.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.2.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 6%

- Los adoquines de hormigón que estuvieron expuestos al 6% de sulfatos dieron resultados de la tabla 10.8. A la edad de 14 días se obtuvo una resistencia de 319 Kg/cm² que representa el 86% de la resistencia referencial (R.F), a los 28 días la resistencia de los adoquines aumentó a 329 kg/cm² que representa el 89% de la resistencia referencial (R.F), es decir 11% menor que la resistencia referencial (R.F), a los 56 días la resistencia fue de 447 kg/cm² que representa el 121%, a los 91 días se observa un aumento en la resistencia del adoquín con un resultado de 456 kg/cm², es decir 2% más que la resistencia obtenida a los 56 días y 23% más que la resistencia referencial (R.F)

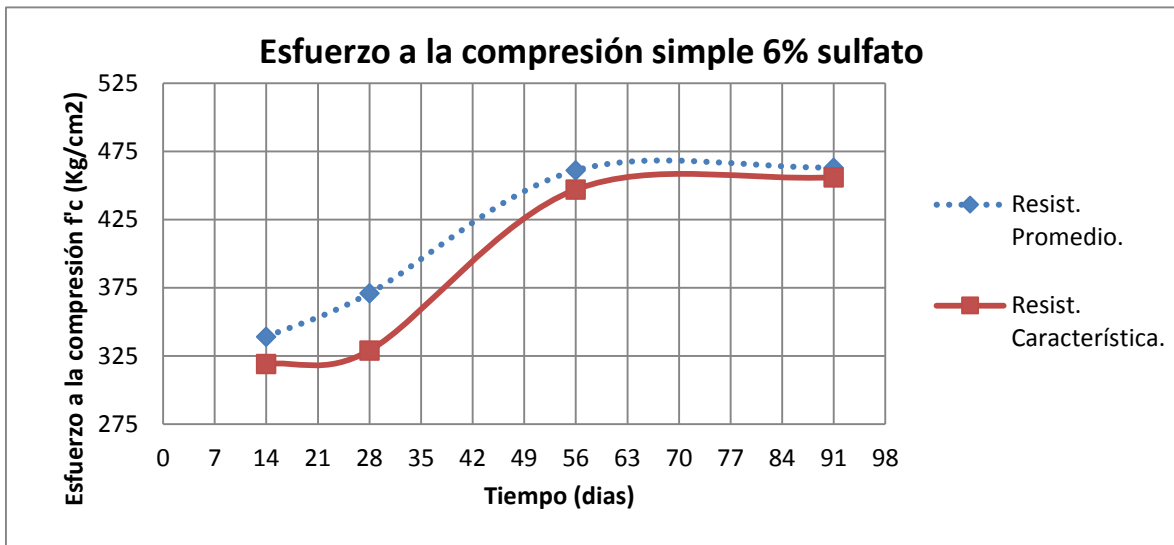
Tabla 10.8 ESFUERZO DE COMPRESION CON 6% DE SULFATOS

DIAS	14	28	56	91
RESITENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	339	371	461	463
RESISTENCIA CARACTERISTICA (Kg/cm ²)	319	329	447	456
PORCENTAJE RESISTENCIA	86	89	121	123

• Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

- Como se puede observar en el gráfico 10.9 f'c vs tiempo, las curvas de resistencia promedio y resistencia característica no tienen similar comportamiento en el tramo inicial, la resistencia característica tiene un crecimiento del 3% el cual no está dentro de los parámetros aceptables a los 28 días; en los siguientes ensayos realizados a los 56 y 91 días, se observa que la trayectoria de la curva empieza a crecer de nuevo hasta que en el último tramo se estabiliza y se vuelve constante.

Gráfico 10.9 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERISTICA CON 6% DE SULFATOS.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.2.4 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PORCENTAJE DE SULFATO 8%

- Los adoquines de hormigón que estuvieron expuestos al 8% de sulfatos dieron resultados de la tabla 10.9. A la edad de 14 días se obtuvo una resistencia de 313 Kg/cm² que representa el 85% de la resistencia referencial (R.F), a los 28 días la resistencia de los adoquines aumentó a 331 kg/cm² que representa el 89% de la resistencia de referencial (R.F), es de decir es un 11% menor a la resistencia referencial (R.F), a los 56 días la resistencia fue de 455 kg/cm² que representa el 122%, es decir que esta 22% por encima de la resistencia referencial (R.F), a los 91 días se observa una disminución significativa de la resistencia del adoquín con un resultado de 442 kg/cm², es decir un 3% menor que la resistencia obtenida a los 56 días y 19% más que la resistencia referencial (R.F).

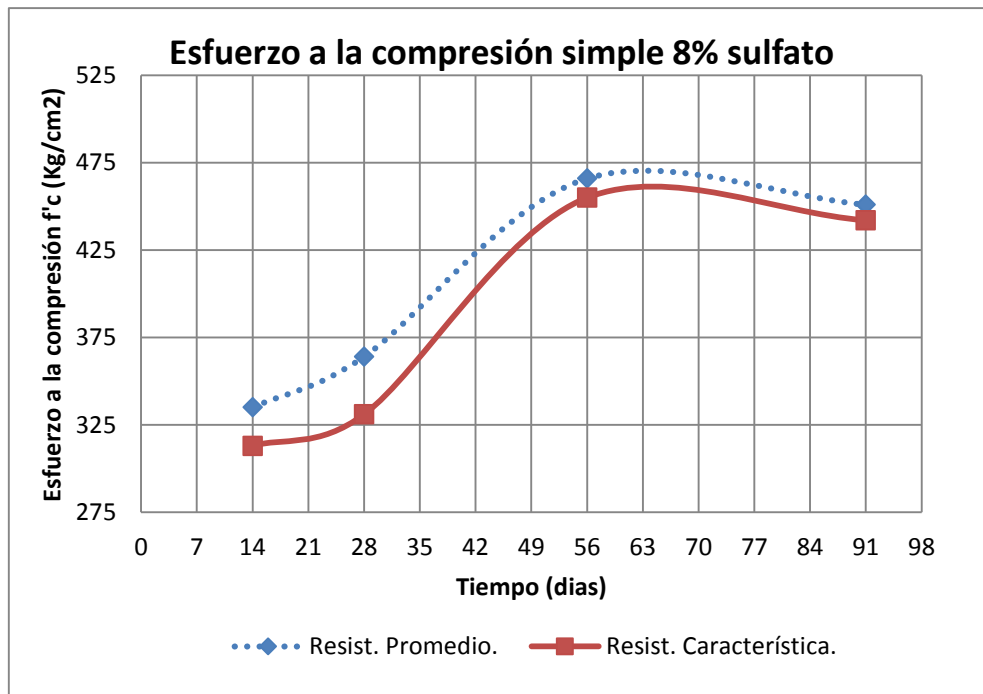
Tabla 10.9 ESFUERZO DE COMPRESION CON 8% DE SULFATOS

DIAS	14	28	56	91
RESITENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	335	364	466	451
RESISTENCIA CARACTERISTICA(Kg/cm ²)	313	331	455	442
PORCENTAJE RESISTENCIA	85	89	122	119

• *Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

- Como se puede observar en el gráfico $f'c$ vs tiempo, las curvas de resistencia promedio y resistencia característica no tienen similar comportamiento en el tramo inicial, la resistencia característica tiene un crecimiento del 4% el cual no está dentro de los parámetros aceptables a los 28 días; en los siguientes ensayos realizados a los 56 y 91 días, se observa que la trayectoria de la curva empieza a crecer de nuevo hasta que en el último tramo la resistencia disminuye en un 3% creándose una tendencia de disminución en la resistencia del adoquín.

Gráfico 10.10 CURVAS DE RESISTENCIA PROMEDIO Y RESISTENCIA CARACTERÍSTICA CON 8% DE SULFATOS.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

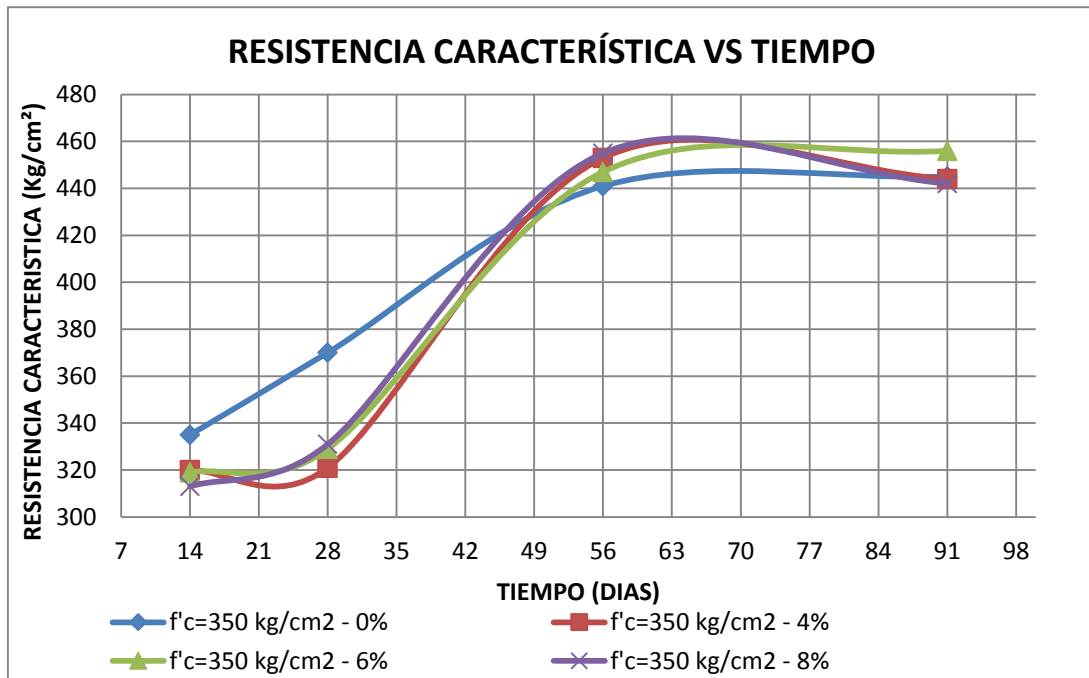
10.3 COMPARACION DE RESULTADOS.

Tabla 10.10 ESFUERZOS Y PORCENTAJES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PARA CADA CONCENTRACION DE SULFATOS.

TIEMPO (DIAS)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (KG/CM2)							
	A/C = 0.33 - 0%	A/C = 0.33 - 4%	A/C = 0.33 - 6%	A/C = 0.33 - 8%	% RESIST. A/C = 0.33 - 0%	% RESIST. A/C = 0.33 - 4%	% RESIST. A/C = 0.33 - 6%	% RESIST. A/C = 0.33 - 8%
14	335	320	319	313	91	86	86	85
28	370	321	329	331	100	87	89	89
56	441	453	447	455	119	122	121	123
91	445	444	456	442	120	120	123	119

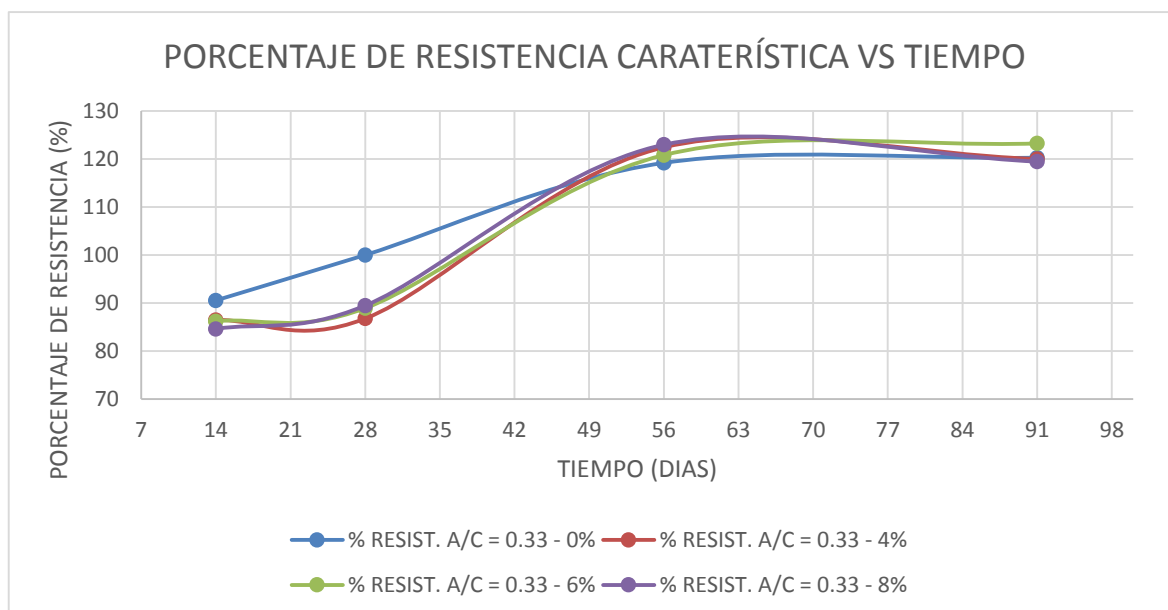
Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Gráfico 10.11 RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO DE CADA CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE SODIO.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Gráfico 10.12 PORCENTAJE RESISTENCIA CARACTERISTICA VS TIEMPO DE CADA CONCENTRACION DE SULFATOS.



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

- Como se muestra en el gráfico 10.12, la resistencia de los adoquines tiende a disminuir notablemente una vez que están sometidos a los agentes agresivos, por tanto, el caso más crítico se registra una baja del 6% (313 kg/cm²) a los 14 días de estar curados con la solución sulfato de sodio en comparación con los adoquines que se curaron con agua potable (335 kg/cm²).
- Basándonos en el gráfico 10.12, se observa que la curva de resistencia del adoquín tiende a disminuir conforme pasa el tiempo, hasta que al realizar el ensayo de compresión a los 28 días, se verifica que la curva empieza a subir de nuevo; sin embargo a este tiempo, la resistencia no llega a ser la real de los adoquines que no estuvieron expuestos a las soluciones de sulfato de sodio en diferentes concentraciones ya que a este tiempo se registra una baja del 13% (331kg/cm²) respecto a la resistencia referencial (R.F), lo que nos indica que los últimos adoquines no podrían pasar un estricto control de calidad ya que el hormigón normal debería alcanzar el 100% de la resistencia a los 28 días normada en la MOP 2000.
- Realizado los ensayos de compresión a los 28 días, se observa que la curva de resistencia del hormigón tiende a aumentar, logrando alcanzar la resistencia real a

los 32 y 34 días en los diferentes casos de concentraciones de sulfatos; obteniendo así que a los 91 días, la resistencia de los adoquines que estuvieron sumergidos en la solución de sulfato, tiende a disminuir; así la afectación crítica en los adoquines es **a largo plazo**, ya que la curva de resistencia vs tiempo (Ver Gráfico 10.11) tiende a disminuir después de este tiempo.

- En el caso del análisis de comportamiento a compresión de los adoquines, no se puede establecer una relación directa o indirectamente proporcional a la concentración del sulfato; ya que al observar el gráfico 10.11, los adoquines que estuvieron sometidos a bajas concentraciones de sulfato tienen un comportamiento similar a los adoquines que estuvieron sometidos a altas concentraciones, en lo que a resistencia a la compresión se refiere. El comportamiento se debe porque el adoquín es un prefabricado de hormigón altamente poroso, por lo tanto no puede retener el líquido con los sulfatos cristalizados; cristales que serían la principal causa de la disminución de la resistencia.

10.4 DESGASTE MECÁNICO POR CONTACTO.

10.4.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 0%

- Como se puede observar en la tabla 10.11, los adoquines que se curaron en agua potable no presentan un incremento importante en la huella, se obtuvo así una huella mínima de 22 mm a los 14 días y máxima de 23 mm a los 91 días; datos que se encuentran dentro de las normativas, que aceptan un desgaste mecánico máximo de 23 mm en la huella.

10.4.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 4%

- Como se puede observar en la tabla 10.11, los adoquines que fueron curados en solución de sulfato al 4%, presentan medidas de huellas significativas, se llegó a tener

huellas de 28.62 mm a los 14 días y hasta 31.15 mm a los 91 días, lo cual supera el requisito máximo establecido por las normas.

10.4.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 6%

- Como se puede observar en la tabla 10.11, los adoquines que fueron curados en solución de sulfato al 6%, presentan incrementos importantes respecto de los adoquines con menos porcentaje de sulfato, se tuvo huellas de 30.47 mm a los 14 días y de 32.29 mm a los 91 días, lo cual supera el requisito máximo establecido por las normas.

10.4.4 RESULTADOS DE ENSAYOS DE DESGASTE, PORCENTAJE DE SULFATO 8%

- Como se puede observar en la tabla 10.11, los adoquines que fueron curados en solución de sulfato al 8%, presentan medidas de huella excedidas a los 14 días con valores de huella de 30.80 mm, y 34.14 mm a los 91 días; todos los valores no cumplen con el requisito máximo establecido por las normas.

10.4.5 COMPARACION DE RESULTADOS.

- Los adoquines que estuvieron sometidos a las diferentes soluciones de sulfato de sodio se comportaron de la manera esperada, ya que después de los ensayos de desgaste realizados se obtuvo un incremento de la huella producida por la rueda de desgaste; con respecto a los adoquines que fueron curados en agua.
- Como se puede observar en el tabla 10.11, la huella de los adoquines que estuvieron expuestos al sulfato aumentan notablemente a los 14 días, en comparación con los que no estuvieron expuestos a tales agentes; la huella aumenta en un 40%, obteniendo una huella de 30.80 mm en el caso más crítico, la cual es en la concentración de 8%,

por lo tanto no cumple con las normas (EUROADOQUIN), que establecen 23 mm como el máximo valor de huella.

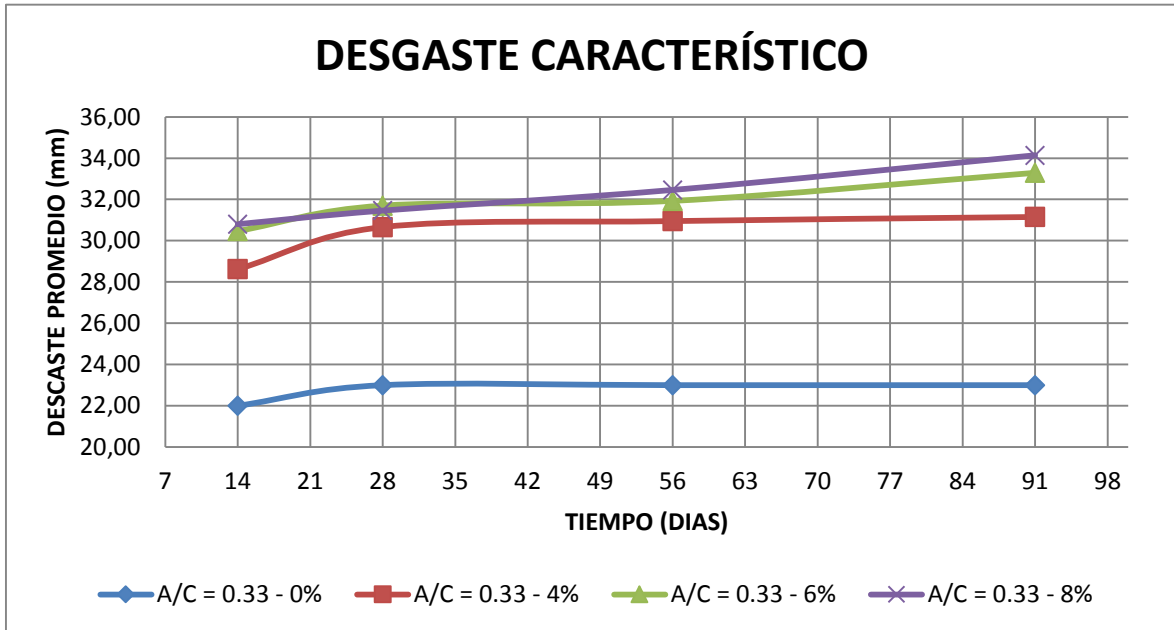
- En el caso de los adoquines que fueron sometidos a la solución de sulfato de sodio a las concentraciones de 4% y 6%, alcanzaron huellas de 28.62 y 30.47 mm respectivamente; huellas que tampoco se encuentran dentro de los valores permitidos.
- En los ensayos de desgaste que se realizaron a los 28, 56 y 91 días se puede observar claramente que la huella producida por la rueda de desgaste aumenta conforme pasa el tiempo; pero se mantiene constante desde el ensayo realizado a los 56 días, y aumenta según el porcentaje de sulfato al cual están sometidos los adoquines; por lo que se concluye: el desgaste de los adoquines es directamente proporcional a la cantidad de sulfatos a la cual están sometidos, es decir, mientras mayor sea la concentración de sulfato, mayor será el desgaste.
- Después de los análisis de los resultados descritos anteriormente, se determina que en el caso de los adoquines, los sulfatos actúan directamente en la pasta cementante, produciendo una degradación del prefabricado que afecta de una manera **inmediata y prolongada en el tiempo** en términos de desgaste.

Tabla 10.11 RESULTADOS Y PORCENTAJES DE HUELLAS PRODUCIDAS POR DEGASTE EN LA MAQUINA DEL CHORRO DE ARENA

TIEMPO (DIAS)	DESGASTE CARACTERÍSTICO (mm)							
	A/C = 0.33 - 0%	A/C = 0.33 - 4%	A/C = 0.33 - 6%	A/C = 0.33 - 8%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 0%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 4%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 6%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 8%
14	22.00	28.62	30.47	30.80	96	124	132	134
28	23.00	30.66	31.70	31.46	100	133	138	137
56	23.00	30.95	31.93	32.46	100	135	139	141
91	23.00	31.15	33.29	34.14	100	135	145	148

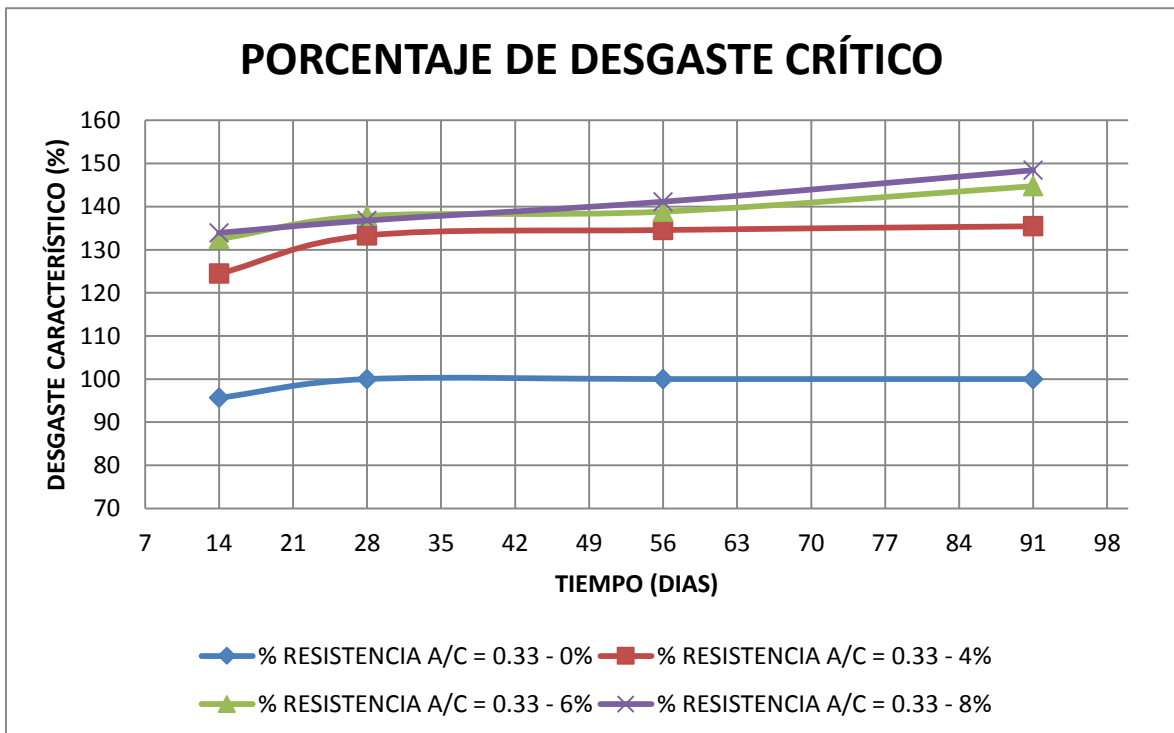
Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Gráfico 10.13 CURVAS DE DESGASTE VS TIEMPO



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

Gráfico 10.14 PORCENTAJES DE AUMENTO DE HUELLA EN ENSAYO DE DESGASTE vs TIEMPO



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

10.5 RECOMENDACIONES.

- Es necesario mencionar que los adoquines fueron fabricados con cemento tipo GU el cual es utilizado por la mayoría de fábricas de adoquines ya que es el que se encuentra en el mercado; es por eso, que la recomendación primordial es la **utilización de cemento tipo HS**, material especialmente fabricado para resistir el ataque de sulfatos según la norma ASTM C 1157, y que ayudaría a disminuir la huella de desgaste en los adoquines que estén sometidos a ambientes salinos o heladas.
- Ya que los adoquines sometidos a sulfatos alcanzan el 100% de su resistencia a los 32 días en el caso más crítico, se recomienda que los ensayos de rotura se realicen después de este tiempo; tiempo en el cual los adoquines expuestos a estos agentes ya alcanzarían el 100% o más de su resistencia de diseño.
- El tema de investigación es muy interesante y quizás deja algunas inquietudes sobre el comportamiento de los adoquines a la acción de los sulfatos, por lo que se estima que se debería incentivar a realizar disertaciones sobre el tema con otros materiales, con un tiempo de inmersión y secado mayor; ya que para fines investigativos se sumergieron en sulfatos durante tres meses; después de realizados los ensayos de compresión en ese período de tiempo se nota claramente que la tendencia de la resistencia disminuye por lo que también se podría comprobar los resultados en el período de un año o más; y también, debería utilizarse otras concentraciones de sulfatos mayores a las usadas en este trabajo.

Bibliografía

1. Ortega Andino, Luis Aníbal., Uso del cemento Portland IE en la fabricación de adoquines / Luis Aníbal Ortega Andino ; Guillermo Ricardo Realpe Rivadeneira., Quito : Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil
2. Lara Carrera, Lauro Armando, Manual Visualizado de ensayos para materiales de construcción, Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Tesis, 1980.
3. Arteaga Cruz, Michel Napoleón, Desgaste de adoquines de hormigón / Michel Napoleón Arteaga Cruz; Daniel Valdez Gómez de la Torre, Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2005, tesis.
4. Gordillo Flores, Iván Patricio, Investigación y diseño de adoquines de hormigón, Quito : Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil
5. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Adoquines de concreto, México, México : Limusa, 1989
6. Tecnología del concreto, 3a. Ed, [Bogotá, Colombia]: Asocreto, 2010.

ANEXOS

ANEXO I.- AGREGADOS NATURALES – CANTERA HOLCIM

GRANULOMETRIA AGREGADO FINO – HOLCIM
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Canteras: **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
 Holcim

DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

MASA DE LA MUESTRA: 783.51 gr. **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 696 – REALPE ORTEGA **FECHA:** Agosto de 2013

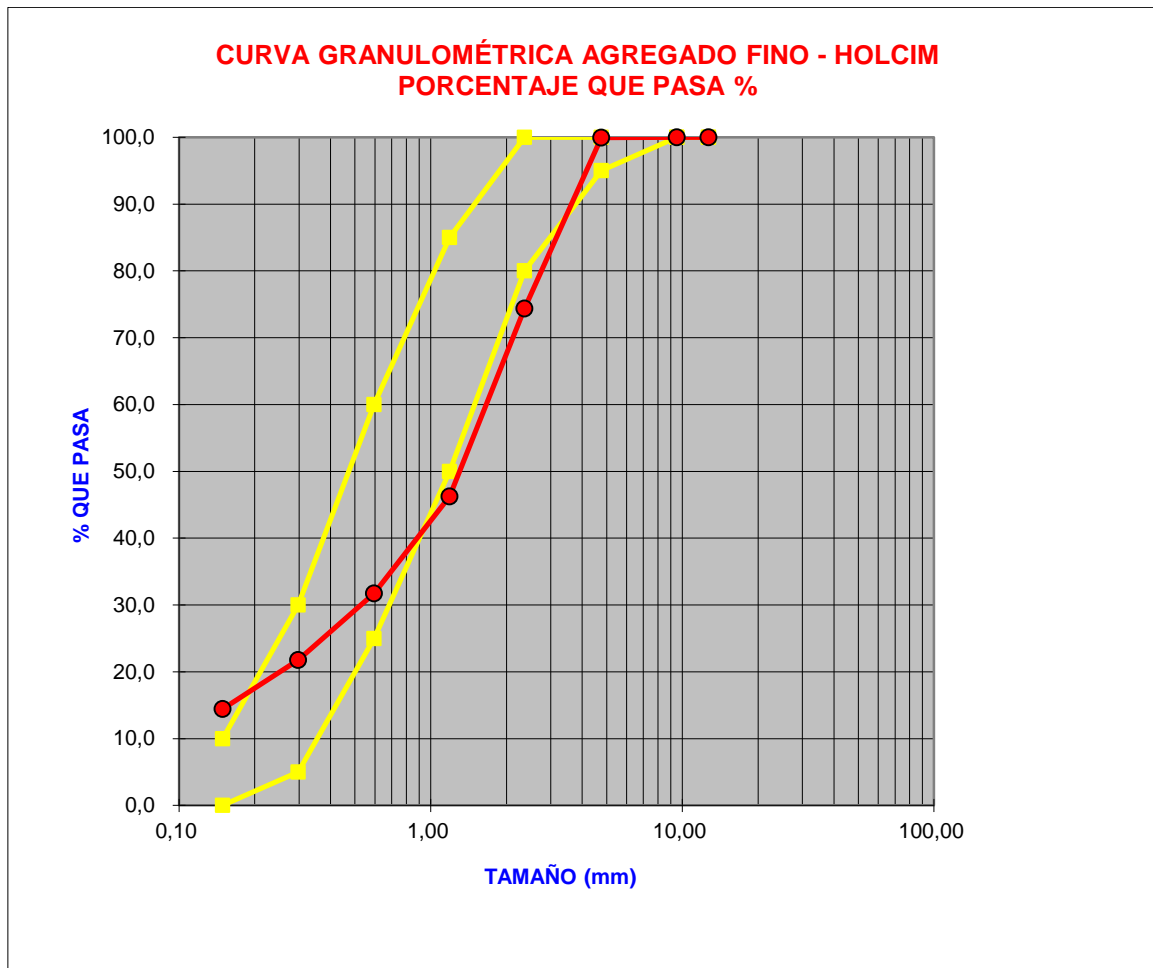
GRANULOMETRIA POR MALLAS

MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA
No.	mm	gr	gr	%	%	%
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	100.00	100
#4	4.760	0.33	0.33	0.04	99.96	95 – 100
#8	2.362	200.18	200.51	25.63	74.37	80 – 100
#16	1.190	219.88	420.39	53.74	46.26	50 – 85
#30	0.595	113.48	533.87	68.24	31.76	25 – 60
#50	0.297	77.98	611.85	78.21	21.79	5 – 30
#100	0.149	57.58	669.43	85.57	14.43	0 - 10
Pasa #100		112.88	782.31	100.00	0.00	
SUMA:		782.31				

OBSERVACIONES: **TAMAÑO MÁXIMO:** 4.76 mm
MÓDULO DE FINURA: 3.114

Fuente: Iván Pilicita y Sebastián Segovia

CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO – HOLCIM



Fuente: Iván Pilicita y Sebastián Segovia

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim

ENSAYADO POR: Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso

CALCULADO POR: Pilicita, Segovia

MASA DE LA MUESTRA: 2290.00 gr.

REVISADO POR: Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 696 – REALPE ORTEGA

FECHA: Agosto de 2013

GRANULOMETRIA POR MALLAS

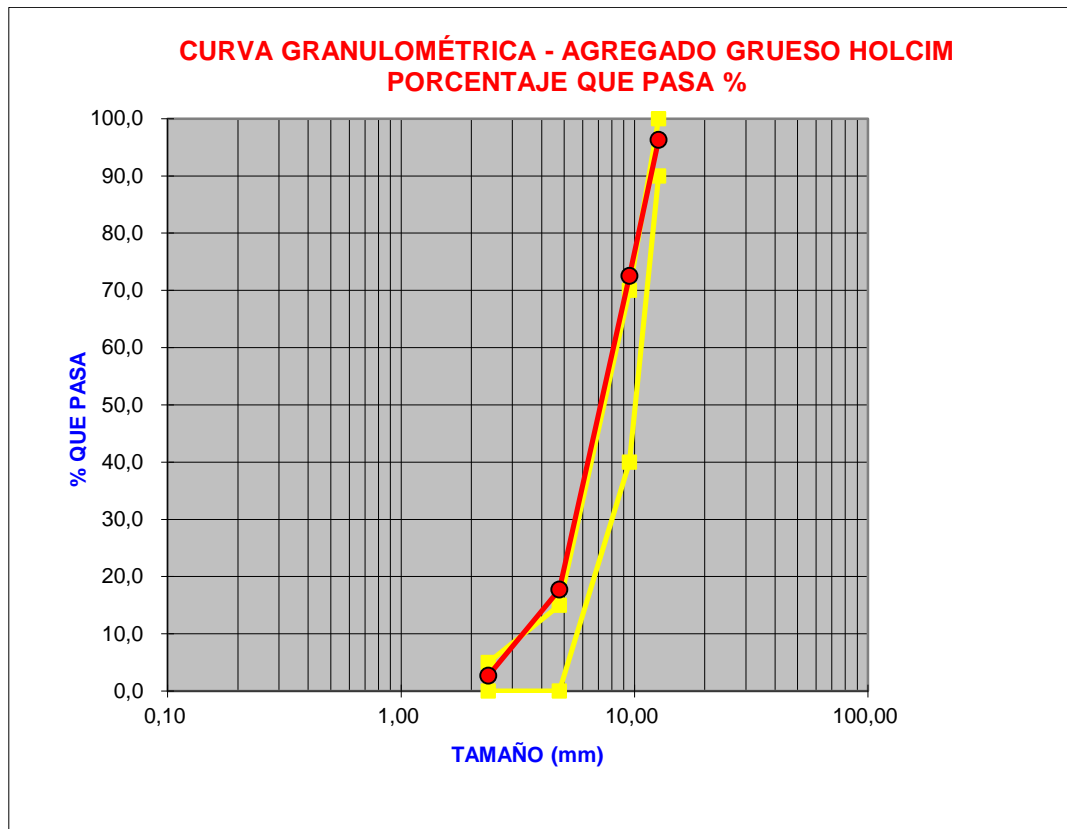
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA
No.	mm	gr	gr	%	%	%
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/2"	12.700	85.20	85.20	3.72	96.28	90 – 100
3/8"	9.510	543.60	628.80	27.46	72.54	40 – 70
#4	4.760	1254.40	1883.20	82.24	17.76	0 – 15
#8	2.362	344.80	2228.00	97.29	2.71	0 – 5
Pasa #8		61.90	2290.00	100.00	0.00	
SUMA:		2289.90				

OBSERVACIONES: TAMAÑO MAXIMO: 12.7 mm

MÓDULO DE FINURA: 6.0073

Fuente: Iván Pilicita y Sebastián Segovia

CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO GRUESO - HOLCIM



Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

GRANULOMETRÍA MEZCLA AG. FINO 78% + AG. GRUESO 22% - HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Mezcla: 78% Ag. Fino + 22% Ag. Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

REVISADO POR: Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 154 – REALPE **FECHA:** Agosto de 2013
ORTEGA

GRANULOMETRIA POR MALLAS

MALLA	ABERTURA	PORCENTAJE QUE PASA AG. FINO	PORCENTAJE QUE PASA AG. GRUESO	MEZCLA DE LOS MATERIALES	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA
No.	mm	%	%	%	%
1"	25.4	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	100.00	96.28	99.18	97 – 100
3/8"	9.51	100.00	72.54	93.96	93 – 98
#4	4.76	99.96	17.76	81.88	80 – 94
#8	2.362	74.37	2.71	58.60	50 – 78
#16	1.19	46.26	1.93	36.51	25 – 55
#30	0.595	31.76	1.62	25.13	15 – 28
#50	0.297	21.79	1.41	17.31	7 – 16
#100	0.149	14.43	1.29	11.54	2 – 12
Pasa No. #100		0	0	0	0

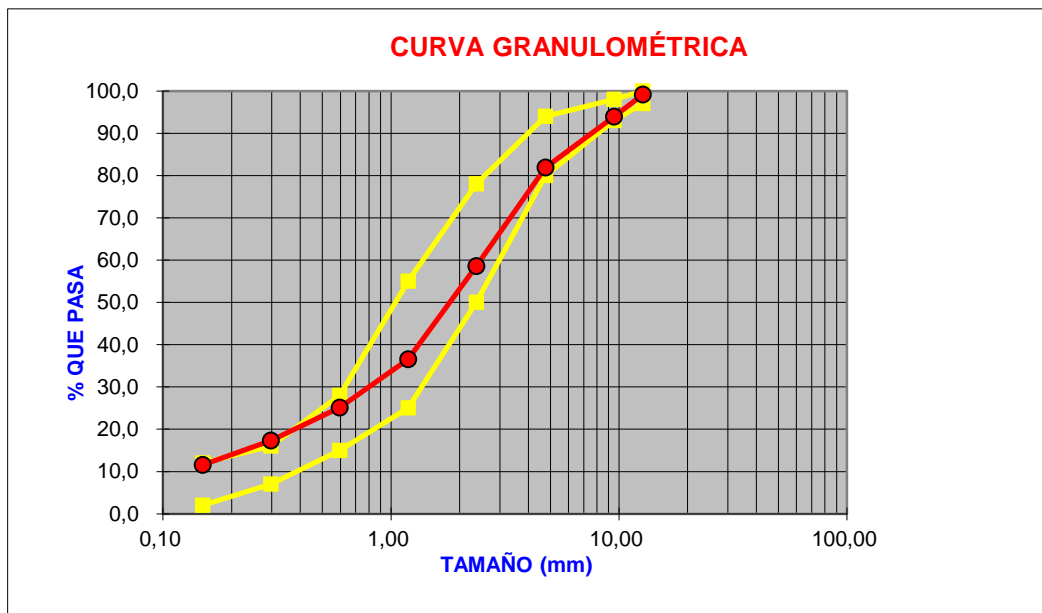
OBSERVACIONES: **TAMAÑO MÁXIMO:** 12.7

MÓDULO DE FINURA: 3.75

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**CURVA GRANULOMÉTRICA MEZCLA AG. FINO 78% + AG. GRUESO 22% -
HOLCIM**

PORCIONES DEL MATERIAL (%)	
AGREGADO FINO (arena)	78
AGREGADO GRUESO (chispa)	22



Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AG. FINO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Gravedad Específica **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 856 **FECHA:** Agosto de 2013

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

$$Ma = Mmwm - (Mm + B)$$

$$Ge = A / (500 - Ma)$$

$$Ges = B / (500 - Ma)$$

$$Ab = (B - A) / A * 100$$

$$Gea = A / (500 + Mm - Mmwm + A)$$

MASA DEL MATRAZ	Mm=	149.800	gr
MASA DEL CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	Mmwm=	951.120	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B=	500.000	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A=	479.200	gr
MASA DE AGUA AÑADIDA AL MATRAZ	Ma=	301.320	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	Ge=	2.412	ADIM
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges=	2.517	ADIM
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea=	2.694	ADIM
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab=	4.341	%

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AG. GRUESO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ENSAYO: Gravedad Específica **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 857 **FECHA:** Agosto de 2013

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

$$Ge = A / (B - C)$$

$$Ges = B / (B - C)$$

$$Gea = A / (A - C)$$

$$Ab = (B - A) / A * 100$$

MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B=	5000.000	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A=	4890.000	gr
MASA DE LA MUESTRA SUMERGIDA EN AGUA	C=	3094.000	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	Ge=	2.566	ADIM
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges=	2.623	ADIM
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea=	2.723	ADIM
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab=	2.249	%

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

ABRASIÓN AG. GRUESO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: DESGASTE EN MAQUINA DE LOS ANGELES **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 860 **FECHA:** Agosto de 2013

ENSAYO DE ABRASIÓN

$$D = C/A * 100$$

$$C = A - B$$

TIPO DE GRADACIÓN **B**

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5000.000	gr
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ #12 DESPUES DE 12 REV.	B=	3705.000	gr
MASA QUE PASA EL TAMIZ #12	C=	1295.000	gr
PORCENTAJE DE DESGASTE	D=	25.900	%

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

PESO UNIT AG. GRUESO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: PESO UNIT **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 858 **FECHA:** Agosto de 2013

PESO UNIT

MASA DEL MATERIAL SUELTO	$M_s = A - P =$	3930	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	$M_c = B - P =$	4415	gr

PESO UNIT SUELTO	$P_{us} = M_s/V =$	1319	Kg/m ³

PESO UNIT COMPACTO	$P_{uc} = M_c / V =$	1482	Kg/m ³
--------------------	----------------------	------	-------------------

MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	A=	8980	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	B=	9465	gr
MASA MOLDE	P=	5050	gr
VOLUMEN MOLDE	V=	2980	cm ³

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

TERRONES DE ARCILLA EN EL AG. FINO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Terrones de Arcilla **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 698 **FECHA:** Agosto de 2013

TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO FINO

$$P = (M - R)/M * 100$$

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	M= 150	gr
MASA RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO	R= 149.25	gr
PORCENTAJE DE ARCILLA	P= 0.5	%

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

TERRONES DE ARCILLA EN EL AG. GRUESO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Terrones de Arcilla **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 698 **FECHA:** Agosto de 2013

TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO GRUESO

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$$

$$\% \text{ QUE PASA} = (\text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO}) / \text{MASA INICIAL} * 100$$

$$\% \text{ PACIAL DE ARCILLA} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$$

NUMERO DEL TAMIZ		MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA QUE PASA TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% RETENIDO PACIAL DEL AGREGADO	% QUE PASA	% ARCILLA PARCIAL
PASA	RETIENE					
3/4	3/8	2320	2310	99.56896552	0.431034483	0.429176576
3/8	4	1540	1491	96.81818182	3.181818182	3.080578512
				% TOTAL DE DESGASTE:		3.509755088

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

DURABILIDAD DE AG. GRUESO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Durabilidad de Agregados **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 863 **FECHA:** Agosto de 2013

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCION DE LOS SULFATOS

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$$

$$\% \text{ QUE PASA} = (\text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO}) / \text{MASA INICIAL} * 100$$

$$\% \text{ PACIAL DE DURABILIDAD} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$$

NUMERO DEL TAMIZ		MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA QUE PASA TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% RETENIDO PACIAL DEL AGREGADO	% QUE PASA	% DESGASTE PARCIAL
PASA	RETIENE					
1/2	3/8	331	328.9	99.3655	0.6344410	0.63041593
3/8	4	300.2	298.1	99.3004	0.6995336	0.69464017
				% TOTAL DE DESGASTE:		1.32505610

OBSERVACIONES: EL TAMIZ #4 NO RETIENE EL 5% DE LA MUESTRA POR LO QUE SE DESCARTA

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

DURABILIDAD DE AG. GRUESO – HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Durabilidad de Agregados **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 863 **FECHA:** Agosto de 2013

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCION DE LOS SULFATOS

$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$

$\% \text{ QUE PASA} = (\text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO}) / \text{MASA INICIAL} * 100$

$\% \text{ PACIAL DE DURABILIDAD} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$

NUMERO DEL TAMIZ		MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA QUE PASA TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% RETENIDO PACIAL DEL AGREGADO	% QUE PASA	% DESGASTE PARCIAL
PASA	RETIENE					
4	8	100.1	97.8	97.7022977	2.2977022	2.244907939
8	16	100.3	97.6	97.3080757	2.6919242	2.619459667
16	30	100.3	98.1	97.8065802	2.1934197	2.145308839
30	50	100.3	97.5	97.2083748	2.7916251	2.713693416
% TOTAL DE DESGASTE:						9.723369862

OBSERVACIONES : EL TAMIZ #4 NO RETIENE EL 5% DE LA MUESTRA POR LO QUE SE DESCARTA

Fuente *Ivan Pilicita: y Sebastián Segovia*

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo - Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Terrones de Arcilla **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 0697:2010 **FECHA:** Agosto de 2013

MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ #200

	Agregado Fino	
Mi	Masa inicial seca de la muestra	2000 gr
Mf	Masa seca retenida en el tamiz #200 después del ensayo	1915.35 gr
P	Porcentaje de material que pasa el tamiz #200	4.23%

$$P = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100$$

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo – Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Terrones de Arcilla **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 0697:2010 **FECHA:** Agosto de 2013

EQUIVALENTE DE ARENA

Ensayo equivalente de arena.

%Eq. A= porcentaje equivalente de arena

B= Lectura del sedimento

A= Lectura de la suspensión

$$\% EQ.A = \frac{B}{A} * 100$$

MUESTRA	1	2
B	3,5	3,5
A	4,0	4,1
%EQ. A	87.5	85.36
Eq. Arena Promedio	86.43	

ANEXO II AGREGADOS NATURALES - CANTERA MITAD DEL MUNDO

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO - MITAD DEL MUNDO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Mitad del mundo **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

MASA DE LA MUESTRA: 783.51 gr. **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

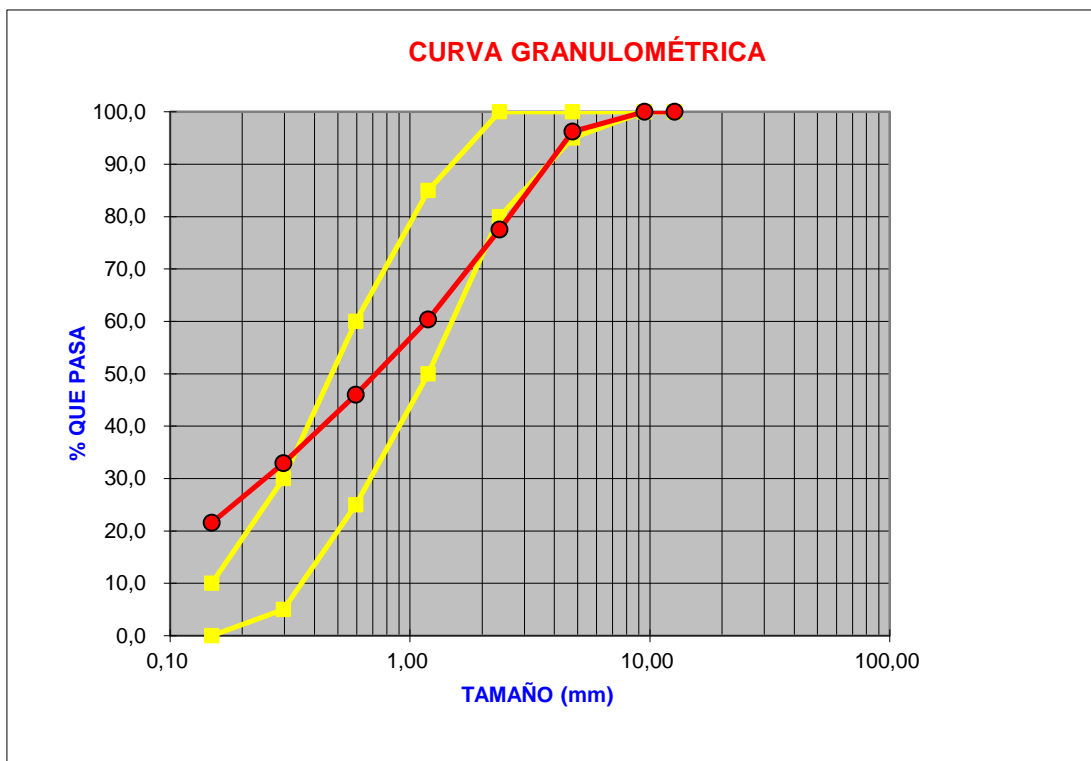
NORMA: INEN 696 **FECHA:** Agosto de 2013

MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA
No.	mm	gr	gr	%	%	%
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	100.00	100
4	4.78	35.7	35.7	3.76820772	96.231792	95 – 100
8	2.362	176.9	212.6	22.4403631	77.559636	80 – 100
16	1.19	162.9	375.5	39.6347899	60.365210	50 – 85
30	0.595	136.3	511.8	54.0215326	45.978467	25 – 60
50	0.297	123.7	635.5	67.0783196	32.921680	5 – 30
100	0.149	107.8	743.3	78.4568292	21.543170	0 - 10
Pasa #100		204.1	947.4	100	0	
SUMA		947.4				

OBSERVACIONES: **TAMAÑO MAXIMO:** 4.76 mm
MÓDULO DE FINURA: 2.650

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO – MITAD DEL MUNDO



Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**GRANULOMETRÍA MEZCLA AG. FINO 70%- MITAD DEL MUNDO AG.
GRUESO 30% - HOLCIM**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Mitad del Mundo **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Mezcla: 70% Ag. Fino + 30% Ag. Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

NORMA: INEN 154 **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara **FECHA:** Agosto de 2013

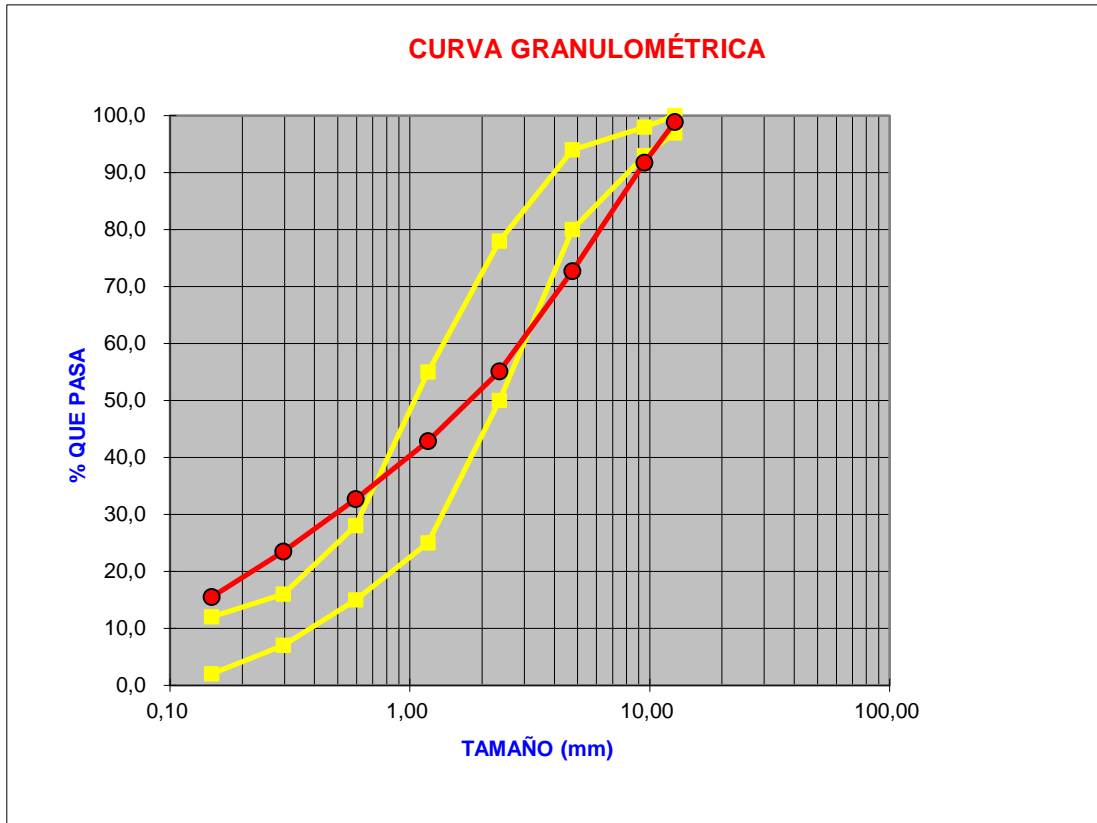
GRANULOMETRIA POR MALLAS

MALLA	ABERTURA	PORCENTAJE QUE PASA AG. FINO	PORCENTAJE QUE PASA AG. GRUESO	MEZCLA DE LOS MATERIALES	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA MIN	ESPECIFICACIÓN PORCENTAJE QUE PASA MAX
No.	mm	%	%	%	%	%
1"	25.4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	100.00	96.28	98.88	97.00	100.00
3/8"	9.51	100.00	72.54	91.76	93.00	98.00
#4	4.76	96.23	17.76	72.69	80.00	94.00
#8	2.362	77.56	2.71	55.10	50.00	78.00
#16	1.19	60.37	1.93	42.84	25.00	55.00
#30	0.595	45.98	1.62	32.67	15.00	28.00
#50	0.297	32.92	1.41	23.47	7.00	16.00
#100	0.149	21.54	1.29	15.47	2.00	12.00
Pasa No. #100		0	0	0	0	0

OBSERVACIONES: TAMAÑO MAXIMO: 12.7mm
MÓDULO DE FINURA: 3.66

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

PORCIONES DEL MATERIAL (%)	
AGREGADO GRUESO (chispa)	30
AGREGADO FINO (arena)	70



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AG. FINO - MITAD DEL MUNDO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO:	Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.	ENSAYADO POR:	Pilicita, Segovia
LOCALIZACIÓN:	Mitad del mundo	CALCULADO POR:	Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN:	Agregado Fino	REVISADO POR:	Ing. Lauro Lara
ENSAYO:	Gravedad Específica	FECHA:	Agosto de 2013
NORMA:	INEN 856		

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

$$Ma = Mmwm - (Mm + B)$$

$$Ge = A / (500 - Ma)$$

$$Ges = B / (500 - Ma)$$

$$Gea = A / (500 + Mm - Mmwm + A)$$

$$Ab = (B - A) / A * 100$$

MASA DEL MATRAZ	Mm= 149.470	gr
MASA DEL CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	Mmwm= 948.950	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B= 500.000	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A= 475.150	gr
MASA DE AGUA AÑADIDA AL MATRAZ	Ma= 299.480	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	Ge= 2.370	ADIM
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges= 2.494	ADIM
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea= 2.705	ADIM
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab= 5.230	%

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

PESO UNIT AG. FINO - MITAD DEL MUNDO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: MITAD DEL MUNDO **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ENSAYO: PESO UNIT **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 858 **FECHA:** Agosto de 2013

PESO UNITARIO

MASA DEL MATERIAL SUELTO	$M_s = A - P =$	5200	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	$M_c = B - P =$	5700	gr

PESO UNIT SUELTO	$P_{us} = M_s/V =$	1744.97	Kg/m ³
------------------	--------------------	---------	-------------------

PESO UNIT COMPACTO	$P_{uc} = M_c / V =$	1912.75	Kg/m ³
--------------------	----------------------	---------	-------------------

MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	A=	10250	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	B=	10750	gr
MASA MOLDE	P=	5050	gr
VOLUMEN MOLDE	V=	2980	cm ³

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

DURABILIDAD DEL AG. FINO - MITAD DEL MUNDO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: MITAD DEL MUNDO **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Fino **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Durabilidad de los Agregados **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 863 **FECHA:** Agosto de 2013

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCION DE LOS SULFATOS

% RETENIDO PARCIAL = MASA RETENIDA PARCIAL / MASA TOTAL *100

% QUE PASA = (MASA INICIAL - MASA RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO)/MASA INICIAL *100

% PACIAL DE DURABILIDAD= % RETENIDO PARCIAL * %QUE PASA/100

NUMERO DEL TAMIZ		MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA QUE PASA TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% RETENIDO PACIAL DEL AGREGADO	% QUE PASA	% DESGASTE PARCIAL
PASA	RETIE NE					
4	8	100.3	95.6	95.3140578	4.685942	4.466361633
8	16	100.2	95.9	95.7085828	4.291417	4.107254553
16	30	100.1	97.3	97.2027972	2.797202	2.718959362
30	50	100.2	96.8	96.6067864	3.393213	3.278074589
					% TOTAL DE DESGASTE:	14.57065014

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

TERRONES DE ARCILLA EN EL AG. FINO - MITAD DEL MUNDO

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**

LABORATORIO DE HORMIGONES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Mitad del mundo **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Agregado Grueso **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Terrones de Arcilla **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 698 **FECHA:** Agosto de 2013

TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO FINO

% RETENIDO PARCIAL = MASA RETENIDA PARCIAL / MASA TOTAL *100

% QUE PASA = (MASA INICIAL - MASA RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO)/MASA INICIAL *100

% PACIAL DE ARCILLA = % RETENIDO PARCIAL * % QUE PASA/100

NUMERO DEL TAMIZ		MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA QUE PASA TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	% QUE PASA	% ARCILLA PARCIAL
PASA	RETENIDO					
3/4	3/8	2320	2310	99.56896	0.43103	0.429176576
3/8	4	1540	1230	79.870129	20.1298	16.07775342
					% TOTAL DE DESGASTE:	16.50692999

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

ANEXO III CEMENTOS

CONSISTENCIA NORMAL - CEMENTO HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE CEMENTOS

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Guayaquil **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Consistencia Normal **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: ASTM C 305; ASTM C 187 **FECHA:** Agosto de 2013

COSISTENCIA NORMAL

$$\% \text{ C.N.} = (\text{MASA DE AGUA} / \text{MASA DE CEMENTO}) * 100$$

TEMPERATURA	HUMEDAD	MASA DE CEMENTO	MASA DE AGUA	PENETRACIÓN	CONSISTENCIA
21.50	70.00	650.05	162.78	7.50	25.04
22.00	72.00	650.10	175.04	8.50	26.93
22.50	70.00	650.07	190.16	9.80	29.25

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

GRAVEDAD ESPECÍFICA - CEMENTO HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Guayaquil **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Gravedad Especifica **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: ASTM C 188 **FECHA:** Agosto de 2013

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO

LECTURA INICIAL A

LECTURA FINAL B

PESO DE LA MUESTRA M_c gr

VOLUMEN DESPLAZADO $V = B - A$ cm^3

DENSIDAD DEL CEMENTO $D_c = M_c / V$ gr/cm^3

GRAVEDAD ESPECÍFICA $G_c = D_c / D_w$ adim

DENSIDAD DEL AGUA A 20C $D_w = 998.2$ Kg/cm^3

PESO DE LA MUESTRA	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	VOLUMEN DESPLAZADO	DENSIDAD DEL CEMENTO	GRAVEDAD ESPECIFICA
gr	adim	adim	cm^3	gr/cm^3	adim
64.000	0.600	23.900	23.300	2.747	2.752
64.000	0.300	23.800	23.500	2.723	2.728
64.000	0.500	23.600	23.100	2.771	2.776
			PROMEDIO	2.747	2.752

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

TIEMPO DE FRAGUADO MÉTODO VICAT - CEMENTO HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE CEMENTOS

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Guayaquil **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Tiempo de Fraguado **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: ASTM C 191 **FECHA:** Agosto de 2013

TIEMPO DE FRAGUADO POR EL APARATO VICAT

T1: Tiempo de contacto inicial entre el agua y el cemento

T2: Tiempo de penetración de la aguja (hasta que penetre 25mm)

T3: Tiempo hasta cuando la aguja no deja huella visible

Ti: Tiempo de fraguado inicial $Ti = T2 - T1$

Tf: Tiempo de fraguado final $Tf = T3 - T1$

TEMPERATURA	HUMEDAD	T1 (h)	T2 (h)	T3 (h)	Ti (h)	Tf (h)
22	72	12	16.3	16.7	4.3	4.7
		T1 (h)	T2 (h)	T3 (h)	Ti (min)	Tf (min)
		720	978	1002	258	282

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

COMPRESIÓN SIMPLE DE MORTEROS - CEMENTO HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE CEMENTOS

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Guayaquil **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Compresión de morteros **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: ASTM C 109-02 **FECHA:** Agosto de 2013

COMPRESIÓN DE MORTEROS

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6
FECHA INICIO DE ENSAYO	03/09/13	03/09/13	03/09/13	03/09/13	03/09/13	03/09/13
FECHA DE ROTURA	06/09/13	06/09/13	06/09/13	06/09/13	06/09/13	06/09/13
EDAD (DÍAS)	3	3	3	7	7	7
ALTURA (mm)	50.860	50.820	50.780	50.750	50.460	50.650
LARGO (mm)	50.650	51.400	50.720	51.100	51.650	51.400
ANCHO (mm)	50.280	51.350	51.500	51.350	51.750	51.150
ÁREA (mm²)	2546.682	2639.390	2612.080	2623.985	2672.888	2629.110
MASA (gr)	283.420	281.640	282.880	282.440	281.350	282.230
CARGA MÁXIMA (N)	35668.000	35659.000	35511.000	47555.000	47841.000	48688.000
RESISTENCIA Fm (MPa)	14.006	13.510	13.595	18.123	17.899	18.519
RESISTENCIA Fm (kg/cm²)	142.818	137.767	138.630	184.805	182.515	188.839
RESIST. PROM. Fm (MPa)	13.704			18.180		
RESIST. NORMA Fm (MPa)	13.000			20.000		

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

MÓDULO DE FINURA BLAINE - CEMENTO HOLCIM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE CEMENTOS

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Guayaquil **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ENSAYO: Finura mediante el aparato de permeabilidad al aire **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: ASTM C **FECHA:** Agosto de 2013

MÓDULO DE FINURA BLAINE

Ecuación para determinación de la superficie específica de cemento:

$$S = (S_s \sqrt{T}) / (\sqrt{T_s})$$

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	22	
HUMEDAD AMBIENTE (%)	56	
MUESTRA N°	1	2
Superficie específica de muestra estándar (m ² /kg) ss.	381,8	381,8
Tiempo de caída en el manómetro para la muestra de ensayo (s) t	63,90	64,12
Tiempo de caída en el manómetro para la muestra estándar (s) ts	75,02	75,02
SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL CEMENTO (m²/kg)	352,37	352,92
PROMEDIO (m²/kg)	352.645	

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

ANEXO IV FASE 1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim

ENSAYADO POR: Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm

CALCULADO POR: Pilicita, Segovia

ÁREA: 478.86 cm²

REVISADO POR: Ing. Lauro Lara

NORMA:

FECHA: Agosto de 2013

f'c diseño = 210 Kg/cm²	
A/C	0.85
MATERIAL	Kg/M³
AGUA MEZCLA	169
CEMENTO	199
AGREGADO GRUESO(N)	434
AGREGADO FINO(N)	1516

f'c diseño = 280 Kg/cm²	
A/C	0.68
MATERIAL	Kg/M³
AGUA MEZCLA	168
CEMENTO	247
AGREGADO GRUESO(N)	426
AGREGADO FINO(N)	1486

f'c diseño = 350 Kg/cm²	
A/C	0.56
MATERIAL	Kg/M³
AGUA MEZCLA	167
CEMENTO	298
AGREGADO GRUESO(N)	416
AGREGADO FINO(N)	1453

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=210 kg/cm² A 7 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ÁREA: 478.86 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Octubre de 2013

EDAD 7 DÍAS

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	85.07	90.00	85.08	89.00	86.32	85.34	87.30	87.39	83.11	86.90
ALTURA 2 (mm)	85.62	89.00	84.75	88.05	86.22	87.65	89.60	87.21	83.32	85.66
ALTURA 3 (mm)	87.32	87.00	86.43	86.39	86.62	87.36	85.00	83.54	84.62	83.80
ALTURA 4 (mm)	84.45	88.00	86.51	88.32	86.74	87.06	87.80	86.09	84.37	83.90
ALTURA (mm)	85.62	88.50	85.69	87.94	86.48	86.85	87.43	86.06	83.86	85.07
MASA (Kg)	8.84	8.70	8.74	8.69	8.85	8.76	8.55	8.91	8.65	8.54
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.46	18.06	18.25	18.15	18.48	18.29	17.85	18.61	18.06	17.83
CARGA (KN)	1284.50	832.58	1035.10	788.03	1139.90	1300.10	842.98	1265.00	1206.00	1364.60
RESISTENCIA (MPa)	30.15	19.67	24.30	18.59	26.81	30.60	19.87	29.72	28.20	31.99
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	307.46	176.21	247.81	189.60	273.37	312.05	202.59	303.09	287.54	326.23

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA $F_{ck} =$	18 MPa	181 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO $F_{cm} =$	26 MPa	265 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $S =$	5.05 MPa	51.45 kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=280 kg/cm² A 7 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ÁREA: 481.063 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Octubre de 2013

EDAD 7 DÍAS

$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	83.20	89.91	85.40	84.00	81.33	84.10	84.30	84.20	86.00	85.50
ALTURA 2 (mm)	82.30	91.00	84.30	87.20	80.71	84.30	86.10	84.10	86.80	84.30
ALTURA 3 (mm)	82.20	87.20	85.30	83.20	83.66	85.30	84.40	84.30	86.60	83.40
ALTURA 4 (mm)	82.50	88.44	83.80	86.10	83.88	85.20	84.50	84.90	86.10	83.10
ALTURA (mm)	82.55	89.14	84.70	85.13	82.40	84.73	84.83	84.38	86.38	84.08
MASA (Kg)	8.57	8.87	8.86	8.74	8.54	8.44	8.71	8.83	8.80	8.82
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.81	18.44	18.42	18.17	17.75	17.54	18.11	18.36	18.29	18.33
CARGA (KN)	1674.10	1064.00	1238.40	1109.30	1337.60	1199.50	1339.50	1291.80	1319.30	1422.00
RESISTENCIA (MPa)	38.85	25.06	28.88	25.89	31.03	27.97	31.24	30.10	30.88	33.11
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	396.16	255.50	294.47	264.02	316.42	285.23	318.59	306.94	314.87	337.65

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	24 MPa	244 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	30 MPa	309 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	3.90 MPa	39.81 kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 7 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ÁREA: 478.86 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Octubre de 2013

EDAD 7 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	85.64	82.33	84.78	83.53	86.21	84.53	86.15	82.15	82.25	87.49
ALTURA 2 (mm)	88.84	82.45	84.78	84.61	84.43	85.52	85.94	82.10	85.43	88.12
ALTURA 3 (mm)	86.36	84.88	84.29	84.19	83.12	85.93	88.90	81.99	85.42	88.20
ALTURA 4 (mm)	84.54	84.14	82.67	84.12	84.68	84.34	90.03	82.12	87.10	87.33
ALTURA (mm)	86.35	83.45	84.13	84.11	84.61	85.08	87.76	82.09	85.05	87.79
MASA (Kg)	8.68	8.73	8.83	8.79	8.60	8.66	8.92	8.64	8.37	9.03
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.13	18.23	18.44	18.36	17.96	18.08	18.63	18.04	17.48	18.86
CARGA (KN)	1534.10	1611.70	1875.90	1919.50	1866.40	1724.70	1463.10	1935.90	1434.30	1613.10
RESISTENCIA (MPa)	36.07	37.65	43.89	44.91	43.71	40.44	34.51	45.09	33.63	38.05
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	367.80	383.92	447.53	457.92	445.74	412.33	351.88	459.75	342.88	387.98

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	F _{ck} =	33 MPa	332 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	F _{cm} =	40 MPa	406 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	4.40 MPa	44.86 kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=210 kg/cm² A 14 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 481.80 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	85.71	81.00	85.00	88.00	89.00	86.00	87.00	85.00	84.00	83.00
ALTURA 2 (mm)	84.90	85.00	83.00	89.50	89.50	86.00	85.50	87.00	85.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	85.02	84.00	84.50	91.00	87.00	87.00	86.00	86.00	84.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	85.16	83.00	86.00	90.00	87.00	87.00	86.50	83.00	83.00	85.00
ALTURA (mm)	85.20	83.25	84.63	89.63	88.13	86.50	86.25	85.25	84.00	84.25
MASA (Kg)	8.90	8.73	8.94	8.93	8.68	8.94	8.83	8.91	8.99	8.66
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.47	18.12	18.56	18.53	18.02	18.56	18.33	18.49	18.66	17.97
CARGA (KN)	1360.90	1617.60	1796.70	906.53	1065.90	1485.30	1619.10	1167.20	1345.50	1374.40
RESISTENCIA (MPa)	31.72	37.54	41.82	21.34	25.01	34.72	37.83	27.21	31.28	31.97
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	323.46	382.80	426.49	217.59	254.99	354.05	385.73	277.45	318.95	325.98

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	$F_{ck} =$	22 MPa	222 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	$F_{cm} =$	32 MPa	327 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$S =$	6.28 MPa	64.02 kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=280 kg/cm² A 14 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 481.80 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS

$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	85.00	86.50	85.00	84.00	86.50	85.50	83.00	87.00	84.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	85.00	83.50	86.50	84.00	86.50	85.50	84.00	86.00	85.00	87.00
ALTURA 3 (mm)	84.00	84.00	87.00	86.00	85.00	85.00	84.00	84.00	85.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	85.00	85.00	87.00	85.00	85.00	84.00	82.50	87.00	84.00	86.00
ALTURA (mm)	84.75	84.75	86.38	84.75	82.40	85.00	83.38	86.00	84.50	85.75
MASA (Kg)	8.99	8.80	8.87	8.62	8.54	8.39	8.36	8.67	8.41	8.67
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.66	18.26	18.41	17.89	17.73	17.41	17.35	18.00	17.46	18.00
CARGA (KN)	1961.20	1880.50	1881.5	1763.8	1507.20	1408.30	1501.10	1421.20	1395.20	1443.20
RESISTENCIA (MPa)	45.67	43.79	43.97	41.07	34.91	32.81	34.85	33.18	32.47	33.68
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	465.67	446.51	448.37	418.80	356.00	334.58	355.33	338.39	331.10	343.44

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	29 MPa	295 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	38 MPa	384 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	5.32 MPa	54.3 kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ÁREA: 481.80 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	82.00	82.70	84.00	86.00	86.00	91.00	87.00	87.00	85.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	83.00	84.00	85.00	84.00	91.00	89.00	88.00	87.00	85.00	84.00
ALTURA 3 (mm)	83.00	85.00	83.50	83.00	86.00	85.00	87.00	88.00	84.00	83.00
ALTURA 4 (mm)	82.50	83.00	84.00	86.00	87.00	87.00	88.00	89.00	84.00	82.00
ALTURA (mm)	82.63	83.68	84.13	84.75	87.50	88.00	87.50	87.75	84.50	83.50
MASA (Kg)	8.40	8.52	8.98	8.72	8.56	8.99	9.01	8.55	8.97	8.44
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.43	17.68	18.64	18.10	17.77	18.66	18.70	17.75	18.62	17.52
CARGA (KN)	1909.80	1934.40	1958.70	1969.30	1650.40	1937.70	1956.00	1840.70	1770.40	1904.80
RESISTENCIA (MPa)	44.26	44.93	45.54	45.86	38.67	45.45	45.82	43.15	41.20	44.23
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	451.32	458.21	464.43	467.60	394.28	463.42	467.28	439.98	420.13	451.02

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	F _{ck} =	40 MPa	409 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	F _{cm} =	44 MPa	448 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	2.34 MPa	23.84 kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=210 kg/cm² A 28 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ÁREA: 478.86 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 28 DÍAS

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	87.00	87.00	88.00	84.00	85.00	87.00	87.00	87.00	89.00	87.00
ALTURA 2 (mm)	89.00	86.00	87.00	84.00	85.00	89.00	86.00	89.00	88.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	89.00	86.00	86.00	87.00	84.00	87.00	90.00	88.00	89.00	82.00
ALTURA 4 (mm)	87.00	87.00	88.00	89.00	85.00	86.00	91.00	86.00	87.00	84.00
ALTURA (mm)	88.00	86.50	87.25	86.00	84.75	87.25	88.50	87.50	88.25	84.50
MASA (Kg)	8.52	8.57	8.81	8.62	8.46	8.60	8.92	8.46	8.97	8.44
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.79	17.90	18.40	18.00	17.67	17.96	18.63	17.67	18.73	17.63
CARGA (KN)	1011.80	1057.00	1076.40	1046.10	1153.10	1151.80	1045.20	1038.60	1050.70	1107.50
RESISTENCIA (MPa)	23.88	24.86	25.36	24.58	27.01	27.13	24.69	24.48	24.81	25.93
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	243.47	253.50	258.58	250.61	275.48	276.70	251.79	249.64	252.97	264.43

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	23 MPa	237 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	25 MPa	258 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	1.24 MPa	12.62 kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=280 kg/cm² A 28 DÍAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 481.063 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 28 DÍAS

$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

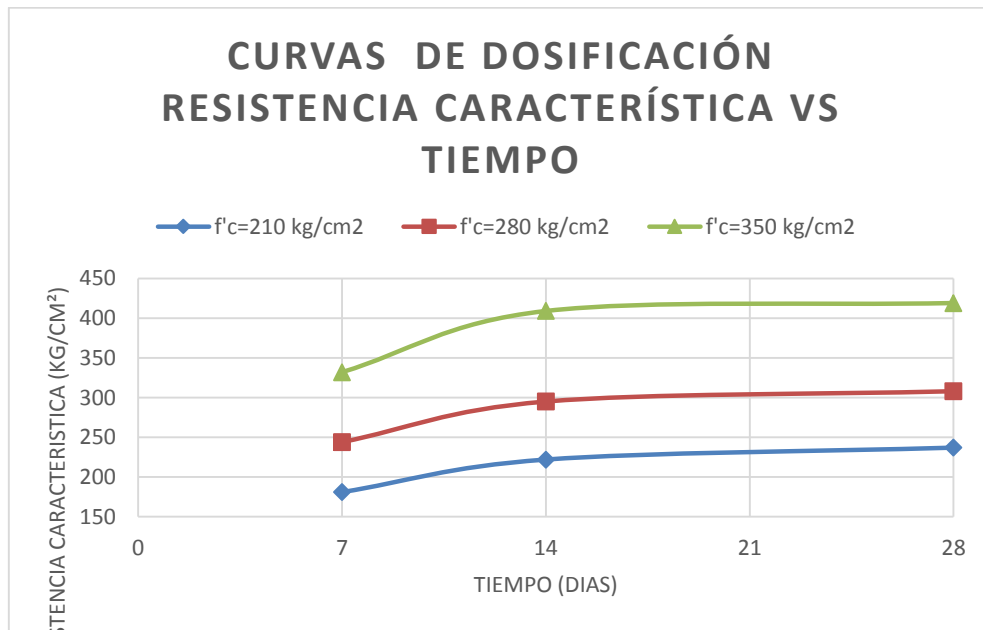
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	85.00	85.00	89.00	88.00	84.00	87.00	85.00	85.00	87.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	85.00	84.00	92.00	89.00	84.00	85.00	83.00	87.00	88.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	86.00	85.00	86.00	85.00	83.00	86.00	82.00	86.00	87.00	89.00
ALTURA 4 (mm)	88.00	86.00	84.00	84.00	83.00	89.00	84.00	84.00	86.00	90.00
ALTURA (mm)	86.00	85.00	87.75	86.50	82.40	86.75	83.50	85.50	87.00	87.25
MASA (Kg)	8.61	8.67	8.72	8.53	8.37	8.46	8.15	8.50	8.72	8.43
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.90	18.02	18.13	17.73	17.40	17.59	16.94	17.67	18.13	17.52
CARGA (KN)	1494.60	1496.70	1403.50	1324.40	1618.30	1682.70	1467.30	1503.90	1420.20	1332.50
RESISTENCIA (MPa)	34.87	34.92	32.95	31.01	37.54	39.42	34.12	35.13	33.29	31.25
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	355.62	356.12	335.99	316.18	382.82	401.94	347.96	358.23	339.43	318.64

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	30 MPa	308 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	34 MPa	351 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	2.60 MPa	26.5 3 kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

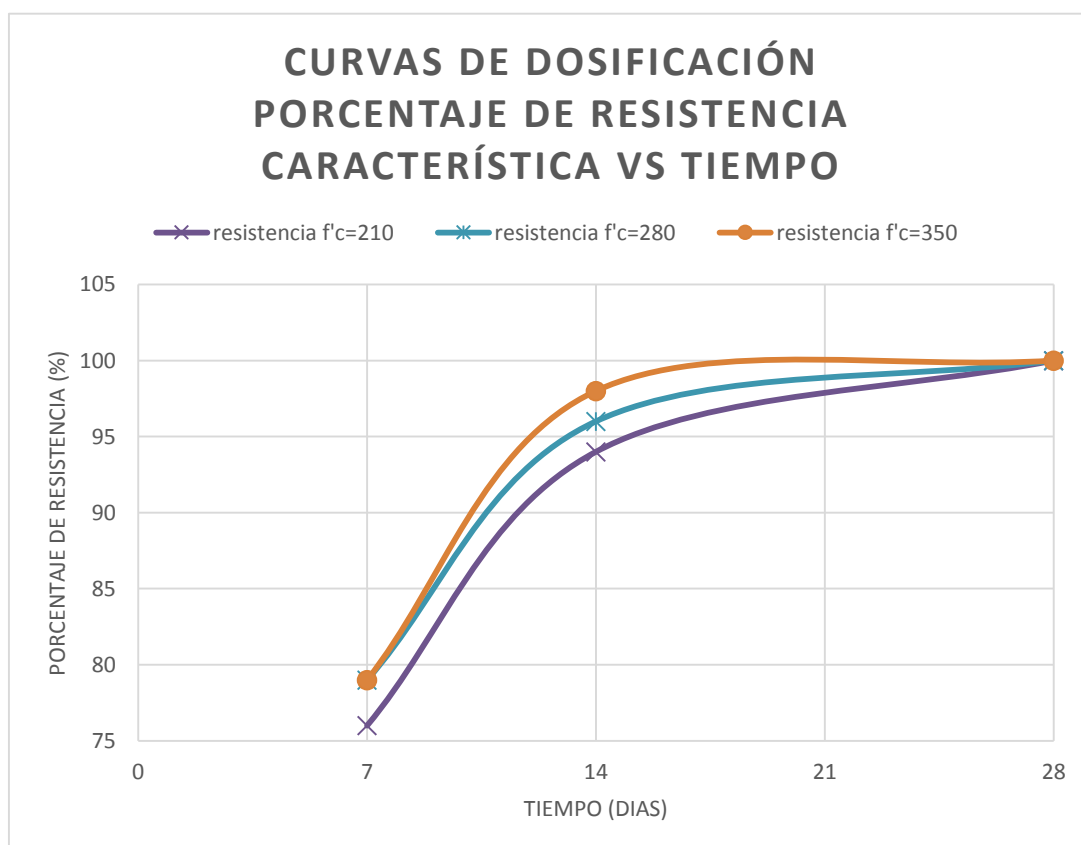
IV.2. GRÁFICA: FASE 1. CURVAS DE DOSIFICACIÓN – RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO

TIEMPO (DIAS)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (KG/CM ²)		
	f'c=210 kg/cm ²	f'c=280 kg/cm ²	f'c=350 kg/cm ²
7	181	244	332
14	222	295	409
28	237	308	419



IV.2. GRÁFICA: FASE 1. CURVAS DE DOSIFICACIÓN – PORCENTAJE DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO

TIEMPO (DIAS)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (KG/CM ²)		
Dosificación	% RESISTENCIA f'c=210	% RESISTENCIA f'c=280	% RESISTENCIA f'c=350
7	76	79	79
14	94	96	98
28	100	100	100



ANEXO V FASE 2

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 0%
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 0% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 615.81 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	82.50	84.00	87.00	84.00	84.00	87.00	90.00	86.00	84.00	83.00
ALTURA 2 (mm)	83.00	85.00	85.00	85.00	86.00	87.00	84.00	85.00	84.00	83.00
ALTURA 3 (mm)	84.50	84.00	86.00	84.00	90.00	86.00	85.00	84.00	83.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	83.00	83.00	87.00	83.00	87.00	85.00	86.00	86.00	84.00	85.00
ALTURA (mm)	83.25	84.00	86.25	84.00	86.75	86.25	86.25	85.25	83.75	83.75
MASA (Kg)	8.67	8.60	8.93	8.74	9.07	8.67	8.34	8.56	8.45	8.34
PESO UNIT (gr/cm ²)	14.08	13.97	14.50	14.19	14.73	14.08	13.54	1791.7 0	13.72	13.54
CARGA (KN)	1926.0 0	1785.9 0	1960.0 0	1962.2 0	1924.0 0	1936.0 0	1965.0 0	1876.0 0	1880.50	1843.00
RESISTENCIA (MPa)	34.97	32.48	35.83	35.69	35.21	35.39	35.92	34.21	34.18	33.50
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	356.60	331.21	365.33	363.91	359.02	360.86	366.26	348.90	348.56	341.61

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	$F_{ck} =$	33 MPa	335 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	$F_{cm} =$	35 MPa	354 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$S =$	1.12 MPa	11.47 kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.
LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 4% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
ÁREA: 615.81 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara
NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	86.00	87.00	85.00	86.00	88.00	87.00	86.00	84.00	85.00	89.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	87.00	85.00	85.00	83.00	86.00	85.00	87.00	87.00	86.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	85.00	83.00	85.00	84.00	84.00	83.00	85.00	85.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	87.00	86.00	84.00	85.00	89.00	85.00	85.00	85.00	86.00	85.00
ALTURA (mm)	85.50	86.25	84.25	85.25	86.00	85.50	84.75	85.25	85.75	86.00
MASA (Kg)	8.44	8.45	8.47	8.40	8.45	8.30	8.45	8.37	8.65	8.58
PESO UNIT (gr/cm ²)	13.71	13.72	13.75	13.64	13.72	13.48	13.72	1791.70	14.05	13.93
CARGA (KN)	1867.70	1933.00	1907.40	1705.00	1865.10	1887.80	1870.67	1890.50	1880.50	1702.00
RESISTENCIA (MPa)	34.08	35.33	34.71	31.10	34.07	34.45	34.08	34.48	34.34	31.09
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	347.54	360.30	353.95	317.09	347.45	351.29	347.52	351.59	350.12	317.06

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	$F_{ck} =$	31 MPa	320 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	$F_{cm} =$	34 MPa	344 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$S =$	1.46 MPa	14.90 kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 28 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 4%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 28 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	86.00	86.00	80.00	88.00	85.00	84.00	89.00	87.00	82.00	88.00
ALTURA 2 (mm)	87.00	85.00	81.00	85.00	86.00	85.00	87.00	85.00	84.00	87.00
ALTURA 3 (mm)	86.00	87.00	82.00	83.00	87.00	80.00	85.00	82.00	88.00	88.00
ALTURA 4 (mm)	86.00	89.00	80.00	85.00	88.00	82.00	83.00	80.00	86.00	89.00
ALTURA (mm)	86.25	86.75	80.75	85.25	86.50	82.75	86.00	83.50	85.00	88.00
MASA (Kg)	8.66	8.99	8.57	8.47	8.75	8.91	8.47	8.51	8.69	8.55
PESO UNIT (gr/cm ²)	14.93	15.50	14.77	14.60	15.08	15.36	14.60	1791.7 0	14.98	14.74
CARGA (KN)	1820.0 0	1920.50	1968.70	1780.0 0	1973.2 0	1650.5 0	1915.5 0	1965.9 0	1601.5 0	1972.8 0
RESISTENCIA (MPa)	35.32	37.31	37.74	34.46	38.31	31.78	37.15	37.92	30.99	38.43
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	360.14	380.44	384.80	351.44	390.67	324.06	378.82	386.63	316.02	391.89

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	$F_{ck} =$	31 MPa	321	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	$F_{cm} =$	36 MPa	366	kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$S =$	2.72 MPa	27.75	kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 0%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 0% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 478.35 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Enero de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	82.50	84.00	87.00	84.00	84.00	87.00	88.00	84.00	88.00	91.00
ALTURA 2 (mm)	83.00	85.00	85.00	85.00	86.00	84.00	89.00	83.00	86.00	87.00
ALTURA 3 (mm)	84.50	84.00	86.00	84.00	90.00	86.00	89.00	88.00	85.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	83.00	83.00	87.00	83.00	87.00	88.00	88.00	87.00	90.00	85.00
ALTURA (mm)	83.25	84.00	86.25	84.00	86.75	86.25	88.50	85.50	87.25	87.00
MASA (Kg)	8.67	8.60	8.93	8.74	9.07	8.45	8.80	8.97	8.88	8.70
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.12	17.98	18.67	18.27	18.96	17.66	18.40	1791.70	18.56	18.19
CARGA (KN)	1889.40	1930.00	1855.80	1975.60	1960.00	1962.80	1960.00	1928.80	1824.50	1950.80
RESISTENCIA (MPa)	44.16	45.19	43.67	46.26	46.17	46.19	46.35	45.31	43.03	45.98
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	450.35	460.80	445.31	471.68	470.83	470.98	472.66	462.05	438.77	468.88

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	$F_{ck} =$	43 MPa	441	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	$F_{cm} =$	45 MPa	461	kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$S =$	1.21 MPa	12.31	kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 4% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 478.35 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Enero de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	86.00	87.00	85.00	86.00	88.00	87.00	88.00	89.00	87.00	89.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	87.00	85.00	85.00	83.00	87.00	88.00	90.00	87.00	89.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	85.00	83.00	85.00	84.00	84.00	88.00	87.00	88.00	90.00
ALTURA 4 (mm)	87.00	86.00	84.00	85.00	89.00	85.00	87.00	85.00	84.00	88.00
ALTURA (mm)	85.50	86.25	84.25	85.25	86.00	85.75	87.75	87.75	86.50	89.00
MASA (Kg)	8.44	8.95	8.47	8.40	8.45	8.97	8.35	8.58	8.47	8.90
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.64	18.71	17.71	17.56	17.66	18.75	17.46	1791.7 0	17.71	18.61
CARGA (KN)	1930.4 0	1913.00	1962.10	1971.1 0	1930.3 0	1877.0 0	1910.5 0	1955.0 0	1947.0 0	1935.0 0
RESISTENCIA (MPa)	45.35	45.02	45.97	46.28	45.40	44.12	45.11	46.16	45.84	45.81
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	462.44	459.03	468.72	471.92	462.93	449.89	459.96	470.67	467.45	467.15

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	44 MPa	453	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	46 MPa	464	kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	0.65 MPa	6.62	kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 6%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 6% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 478.35 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Enero de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	85.00	90.00	82.00	83.00	85.00	84.00	87.00	88.00	86.00	84.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	87.00	83.00	82.00	85.00	85.00	87.00	88.00	85.00	84.00
ALTURA 3 (mm)	83.00	85.00	82.00	82.00	85.00	85.00	89.00	87.00	85.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	84.00	87.00	82.00	84.00	85.00	86.00	87.00	87.00	85.00	85.00
ALTURA (mm)	84.00	87.25	82.25	82.75	85.00	85.00	87.50	87.50	85.25	84.50
MASA (Kg)	8.59	8.73	8.35	8.61	8.80	8.59	8.75	8.46	8.87	9.04
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.96	18.25	17.46	18.00	18.40	17.96	18.29	1791.70	18.54	18.90
CARGA (KN)	1876.80	1930.10	1934.80	1885.70	1938.70	1945.00	1974.00	1958.00	1898.00	1937.00
RESISTENCIA (MPa)	43.94	45.52	45.12	44.03	45.49	45.64	46.58	46.20	44.56	45.40
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	448.10	464.16	460.14	448.96	463.91	465.42	474.98	471.13	454.42	462.98

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	44 MPa	447	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	45 MPa	461	kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	0.86 MPa	8.78	kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 8%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 8% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 478.35 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Enero de 2013

EDAD 56 DÍAS $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	83.00	86.00	82.00	83.00	87.00	85.00	86.00	87.00	87.00	88.00
ALTURA 2 (mm)	82.00	86.00	83.00	86.00	85.00	84.00	86.00	88.00	87.00	89.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	86.00	84.00	83.00	85.00	83.00	82.00	85.00	86.00	88.00
ALTURA 4 (mm)	83.00	86.00	83.00	83.00	86.00	83.00	84.00	84.00	85.00	87.00
ALTURA (mm)	83.25	86.00	83.00	83.75	85.75	83.75	84.50	86.00	86.25	88.00
MASA (Kg)	8.71	8.84	8.44	8.60	8.74	8.84	9.01	8.78	8.55	8.55
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.21	18.48	17.64	17.98	18.27	18.48	18.84	1791.70	17.87	17.87
CARGA (KN)	1935.80	1963.10	1959.30	1948.70	1925.90	1888.00	1958.00	1966.00	1953.00	1956.00
RESISTENCIA (MPa)	45.25	46.17	45.77	45.60	45.27	44.18	45.90	46.24	45.96	46.21
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	461.41	470.79	466.75	465.00	461.61	450.52	468.00	471.49	468.63	471.17

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =	45 MPa	455 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =	46 MPa	466 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	0.63 MPa	6.41 kg/cm ²

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 91 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 0%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 0%

ÁREA: 481.79 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Febrero de 2013

EDAD 91 DÍAS $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	83.00	86.00	83.00	84.00	85.00	82.00	80.00	88.00	87.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	86.00	84.00	84.00	84.00	80.00	84.00	87.00	87.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	83.00	87.00	85.00	87.00	85.00	80.00	86.00	86.00	86.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	85.00	90.00	85.00	86.00	83.00	81.00	80.00	88.00	84.00	86.00
ALTURA (mm)	83.75	87.25	84.25	85.25	84.25	80.75	82.50	87.25	86.00	85.25
MASA (Kg)	8.32	8.95	8.63	8.60	8.58	8.34	8.30	8.41	8.57	8.88
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.27	18.58	17.91	17.85	17.81	17.31	17.23	17.91	17.79	18.43
CARGA (KN)	1924.00	1889.80	1908.80	1911.00	1877.40	1927.20	1936.80	1962.40	1959.30	1924.50
RESISTENCIA (MPa)	44.70	44.25	44.40	44.55	43.67	44.48	44.87	45.95	45.75	44.86
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	455.83	451.23	452.74	454.27	445.29	453.53	457.59	468.57	466.53	457.48

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	$F_{ck} =$	44 MPa	445 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO	$F_{cm} =$	45 MPa	456 kg/cm ²
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$S =$	0.68 MPa	6.91 kg/cm ²

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA f'_c diseño=350 kg/cm² A 91 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 8%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm. Fase 2 - Concentración 8% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 481.79 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Febrero de 2013

EDAD 91 DÍAS

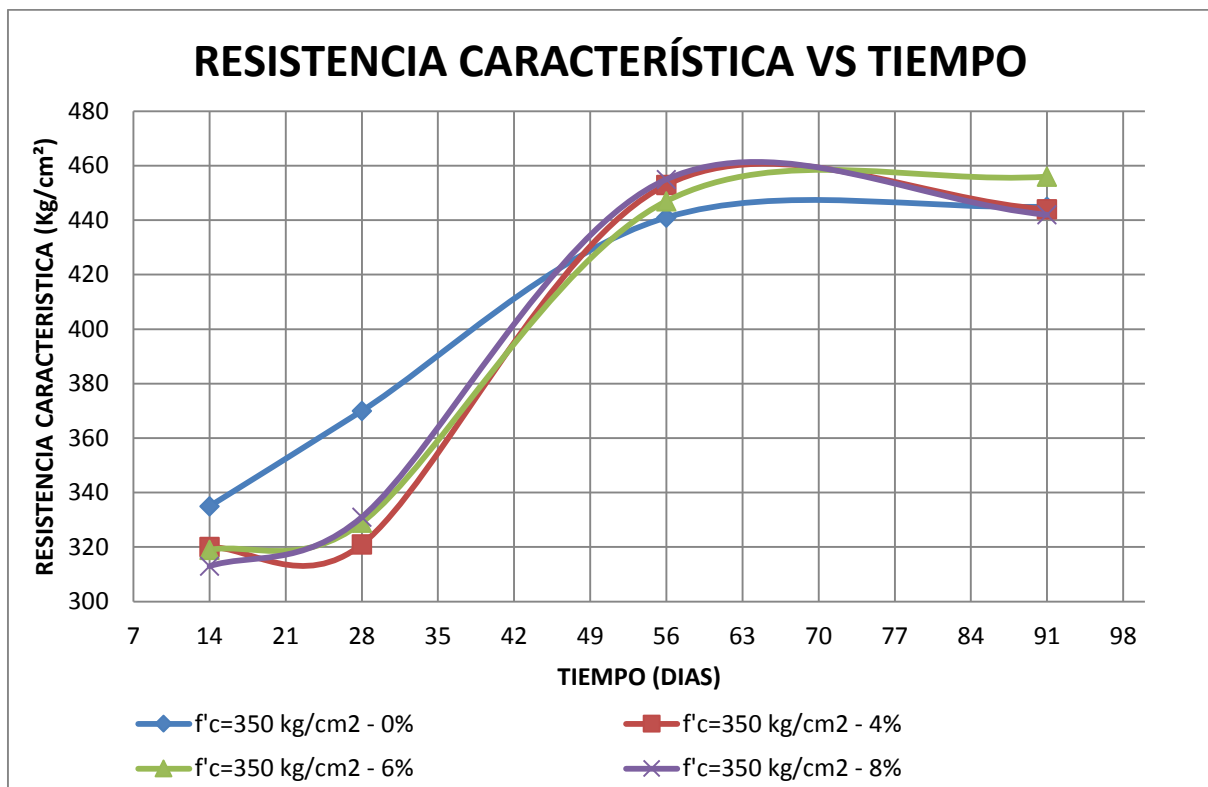
$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTURA 1 (mm)	83.00	84.00	83.00	84.00	85.00	86.00	85.00	83.00	90.00	87.00
ALTURA 2 (mm)	85.00	81.00	84.00	83.00	87.00	85.00	85.00	83.00	85.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	84.00	83.00	83.00	88.00	86.00	84.00	84.00	89.00	82.00
ALTURA 4 (mm)	86.00	85.00	84.00	83.00	89.00	86.00	85.00	82.00	89.00	82.00
ALTURA (mm)	84.75	83.50	83.50	83.25	87.25	85.75	84.75	83.00	88.25	84.00
MASA (Kg)	8.74	8.60	8.57	8.75	8.79	9.08	8.77	8.54	8.99	8.52
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.14	17.85	17.79	18.16	18.24	18.85	18.20	1791.70	18.66	17.68
CARGA (KN)	1920.50	1922.60	1890.90	1899.00	1915.40	1884.80	1908.50	1857.00	1904.60	1897.20
RESISTENCIA (MPa)	44.72	44.64	43.91	44.07	44.85	43.99	44.44	43.07	44.70	44.10
RESISTENCIA Kg/cm ²)	456.02	455.25	447.74	449.41	457.34	448.54	453.17	439.22	455.77	449.74
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	Fck =			43	MPa	442			kg/cm ²	
RESISTENCIA PROMEDIO	Fcm =			44	MPa	451			kg/cm ²	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =			0.54	MPa	5.48			kg/cm ²	

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

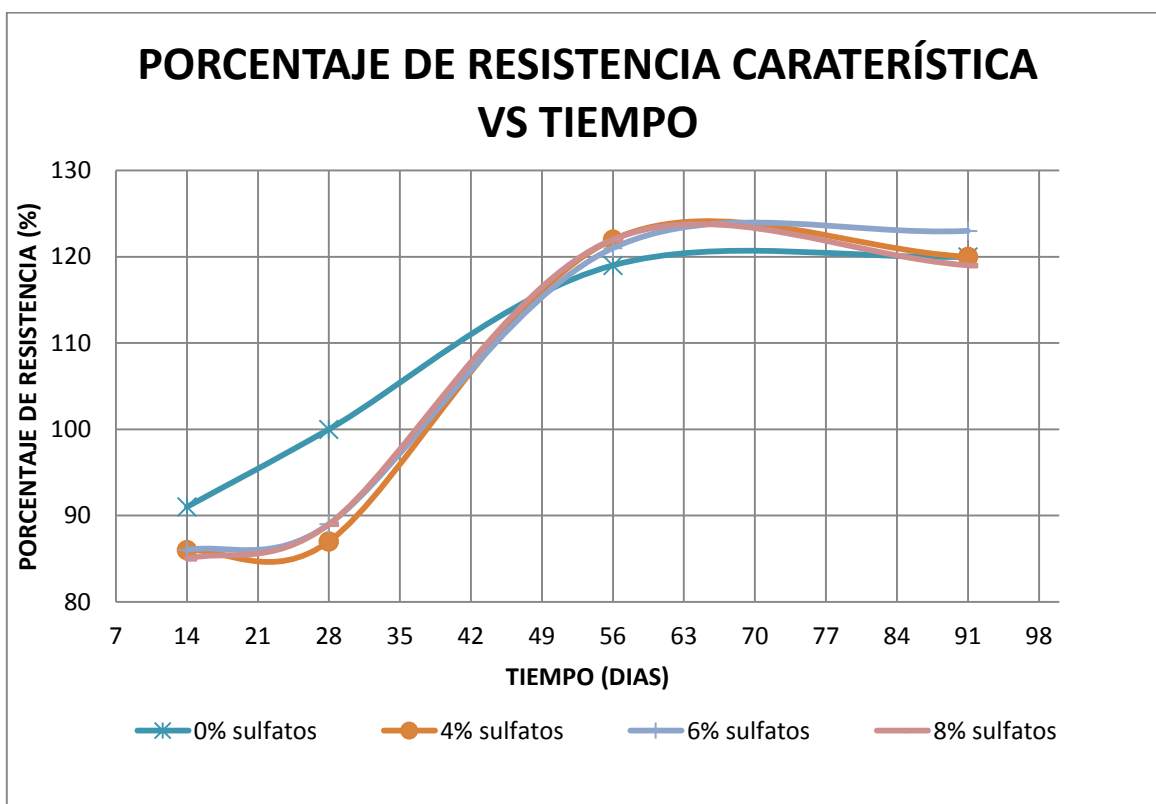
V.1. GRÁFICA: FASE 2. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO

TIEMPO (DIAS)	RESISTENCIA CARACTERISTICA (KG/CM ²)			
Dosificación	f'c=350 kg/cm ² - 0%	f'c=350 kg/cm ² - 4%	f'c=350 kg/cm ² - 6%	f'c=350 kg/cm ² - 8%
14	335	320	319	313
28	370	321	329	331
56	441	453	447	455
91	445	444	456	442



V.2. GRÁFICA: FASE 2. PORCENTAJE DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA VS TIEMPO

TIEMPO (DIAS)	RESISTENCIA CARACTERISTICA (KG/CM ²)			
	% RESISTENCIA f'c=350 - 0%	% RESISTENCIA f'c=350 - 4%	% RESISTENCIA f'c=350 - 6%	% RESISTENCIA f'c=350 - 8%
14	91	86	86	85
28	100	87	89	89
56	119	122	121	122
91	120	120	123	119



ANEXO VI DESGASTE

DESGASTE CARACTERÍSTICO f'_c diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS - CONCENTRACIÓN 0%

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO:	Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.		
LOCALIZACIÓN:	Pifo, Cantera: Holcim	ENSAYADO POR:	Pilicita, Segovia
DESCRIPCIÓN:	Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 Concentración 0%	CALCULADO POR:	Pilicita, Segovia
ÁREA:	580.10 cm ²	REVISADO POR:	Ing. Lauro Lara
NORMA:	INEN 1485	FECHA:	Noviembre de 2013
EDAD 14 DÍAS	$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$		

EDAD 14 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	83.00	83.00	83.00	84.00	83.00
ALTURA 2 (mm)	83.00	83.00	85.00	83.00	83.00
ALTURA 3 (mm)	83.00	82.00	85.00	82.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	84.00	82.00	83.00	83.00	84.00
ALTURA (mm)	83.25	82.50	84.00	83.00	83.50
MASA (Kg)	8.48	8.18	8.34	8.32	8.49
PESO UNITARIO (gr/cm ²)	14.62	14.10	14.38	14.34	14.64
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
LONG CUERDA PESA (cm)	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	21.98	21.02	21.43	21.10	20.76
HUELLA CORREGIDA(mm)	22.68	21.72	22.13	21.80	21.46

HUELLA CARACTERÍSTICO	Hcrítico =	22 mm
HUELLA PROMEDIO	Hm =	22 mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	0.47 mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO f'_c diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 4%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	81.00	86.00	86.00	82.00	82.00
ALTURA 2 (mm)	82.00	85.00	87.00	84.00	82.00
ALTURA 3 (mm)	83.00	88.00	86.00	83.00	83.00
ALTURA 4 (mm)	82.00	87.00	85.00	83.00	81.00
ALTURA (mm)	82.00	86.50	86.00	83.00	82.00
MASA (Kg)	8.37	8.68	8.18	8.45	8.24
PESO UNIT (gr/cm ²)	14.43	14.96	14.10	14.57	14.21
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	27.63	27.83	28.62	27.04	27.19
HUELLA CORREGIDA(mm)	28.33	28.53	29.32	27.74	27.89
HUELLA CRÍTICA	H _{crítico} =		28.62	Mm	
HUELLA PROMEDIO	H _m =		28	Mm	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =		0.62	Mm	

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 6%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 6%

ÁREA: 481.79 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Febrero de 2013

EDAD 14 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	82.00	85.00	85.00	87.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	79.00	83.00	83.00	86.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	80.00	81.00	82.00	85.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	83.00	80.00	84.00	86.00	85.00
ALTURA (mm)	81.00	82.25	83.50	86.00	85.00
MASA (Kg)	8.29	8.90	8.42	8.90	8.90
PESO UNITARIO (gr/cm ²)	17.21	18.47	17.48	18.47	18.47
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
LONG CUERDA PESA (cm)	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	30.03	30.08	29.05	29.48	29.23
HUELLA CORREGIDA(mm)	30.73	30.78	29.75	30.18	29.93
HUELLA CRÍTICA		Hcrítico =		30.47 mm	
HUELLA PROMEDIO		Hm =		30 mm	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		S =		0.47 mm	

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO f'_c diseño=350 kg/cm² A 14 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 8%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 Concentración 8% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Noviembre de 2013

EDAD 14 DÍAS $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	82.00	85.00	84.00	84.00	83.00
ALTURA 2 (mm)	82.00	83.00	83.00	81.00	84.00
ALTURA 3 (mm)	84.00	85.00	83.00	82.00	82.00
ALTURA 4 (mm)	84.00	86.00	83.00	83.00	81.00
ALTURA (mm)	83.00	84.75	83.25	82.50	82.50
MASA (Kg)	8.11	8.35	8.36	8.58	8.53
PESO UNIT (gr/cm ²)	13.98	14.39	14.41	14.79	14.71
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	28.20	28.81	30.03	28.64	29.86
HUELLA CORREGIDA(mm)	28.90	29.51	30.73	29.34	30.56
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	30.80	mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	30	mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	0.80	mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 28 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 0%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 0%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 28 DÍAS $f'c =$
350Kg/cm²

EDAD 28 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	84.00	86.00	87.00	88.00	87.00
ALTURA 2 (mm)	85.00	87.00	88.00	88.00	87.00
ALTURA 3 (mm)	87.00	84.00	85.00	82.00	86.00
ALTURA 4 (mm)	85.00	85.00	84.00	85.00	84.00
ALTURA (mm)	85.25	85.50	86.00	85.75	86.00
MASA (Kg)	8.57	8.75	8.90	8.65	8.44
PESO UNITARIO (gr/cm ²)	14.77	15.08	15.34	14.91	14.55
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
LONG CUERDA PESA (cm)	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	22.78	22.04	20.69	21.98	22.05
HUELLA CORREGIDA(mm)	23.48	22.74	21.39	22.68	22.75

HUELLA CARACTERÍSTICO	Hcrítico =	23 mm
HUELLA PROMEDIO	Hm =	23 mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	0.76 mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO f'_c diseño=350 kg/cm² A 28 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 4%

ÁREA: 481.79 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Febrero de 2013

EDAD 28 DÍAS $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	84.00	82.50	84.00	83.00	83.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	85.00	83.00	82.00	84.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	85.00	84.00	83.00	83.50
ALTURA 4 (mm)	86.00	86.00	84.00	82.00	84.50
ALTURA (mm)	84.75	84.63	83.75	82.50	83.75
MASA (Kg)	8.42	8.68	8.78	8.50	8.67
PESO UNIT (gr/cm ²)	17.48	18.02	18.22	17.64	18.00
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	30.32	29.30	29.14	28.66	28.75
HUELLA CORREGIDA(mm)	31.02	30.00	29.84	29.36	29.45
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	30.66	mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	30	mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	0.66	mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 28 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 6%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 6%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 28 DÍAS $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	85.00	90.00	82.00	83.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	87.00	83.00	82.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	83.00	85.00	82.00	82.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	84.00	87.00	82.00	84.00	85.00
ALTURA (mm)	84.00	87.25	82.25	82.75	85.00
MASA (Kg)	8.59	8.73	8.35	8.61	8.80
PESO UNIT (gr/cm ²)	14.81	15.05	14.39	14.84	15.17
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	29.55	29.30	29.41	30.95	30.23
HUELLA CORREGIDA(mm)	30.25	30.00	30.11	31.65	30.93
HUELLA CRÍTICA		H _{crítico} =		31.70 mm	
HUELLA PROMEDIO		H _m =		31 mm	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		S =		0.70 mm	

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO f'_c diseño=350 kg/cm² A 28 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 8%**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 8%

ÁREA: 481.79 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Febrero de 2013

EDAD 28 DÍAS

$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	83.00	84.00	83.00	84.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	85.00	81.00	84.00	83.00	87.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	84.00	83.00	83.00	88.00
ALTURA 4 (mm)	86.00	85.00	84.00	83.00	89.00
ALTURA (mm)	84.75	83.50	83.50	83.25	87.25
MASA (Kg)	8.74	8.60	8.57	8.75	8.79
PESO UNIT (gr/cm ²)	18.14	17.85	17.79	18.16	18.24
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
LONG CUERDA PESA (cm)	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	29.76	30.87	29.78	29.92	30.01
HUELLA CORREGIDA(mm)	30.46	31.57	30.48	30.62	30.71
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	31.46	mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	31	mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	0.46	mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 0%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 0%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Enero de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	83.00	86.00	82.00	83.00	87.00
ALTURA 2 (mm)	82.00	86.00	83.00	86.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	86.00	84.00	83.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	83.00	86.00	83.00	83.00	86.00
ALTURA (mm)	83.25	86.00	83.00	83.75	85.75
MASA (Kg)	8.71	8.84	8.44	8.60	8.74
PESO UNITARIO (gr/cm ²)	15.02	15.24	14.55	14.83	15.07
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
LONG CUERDA PESA (cm)	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	22.58	22.22	22.21	22.57	22.87
HUELLA CORREGIDA(mm)	23.28	22.92	22.91	23.27	23.57

HUELLA CARACTERÍSTICO	H _{crítico} =	23 mm
HUELLA PROMEDIO	H _m =	23 mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	0.28 mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 4%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Enero de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	86.00	87.00	85.00	86.00	88.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	87.00	85.00	85.00	83.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	85.00	83.00	85.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	87.00	86.00	84.00	85.00	89.00
ALTURA (mm)	85.50	86.25	84.25	85.25	86.00
MASA (Kg)	8.44	8.95	8.47	8.40	8.45
PESO UNIT (gr/cm ²)	14.55	15.43	14.60	14.48	14.57
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	28.11	28.78	29.71	28.07	30.20
HUELLA CORREGIDA(mm)	28.81	29.48	30.41	28.77	30.90
HUELLA CRÍTICA	Hcrítico =		30.95	mm	
HUELLA PROMEDIO	Hm =		30	mm	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =		0.95	mm	

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 6%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 Concentración 6%

ÁREA: 580.10 cm²

NORMA: INEN 1485

ENSAYADO POR: Pilicita, Segovia

CALCULADO POR: Pilicita, Segovia

REVISADO POR: Ing. Lauro Lara

FECHA: Noviembre de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	85.00	82.00	85.00	84.00	81.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	82.00	86.00	83.00	84.00
ALTURA 3 (mm)	84.00	83.00	84.00	81.00	83.00
ALTURA 4 (mm)	85.00	83.00	84.00	82.00	82.00
ALTURA (mm)	84.50	82.50	84.75	82.50	82.50
MASA (Kg)	8.85	8.50	8.67	8.64	8.49
PESO UNITARIO (gr/cm ²)	15.26	14.65	14.95	14.89	14.64
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	27.16	28.89	28.10	30.80	31.85
HUELLA CORREGIDA(mm)	27.86	29.59	28.80	31.50	32.55
HUELLA CRÍTICA		H _{crítico} =	31.93	Mm	
HUELLA PROMEDIO		H _m =	30	Mm	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		S =	1.93	Mm	

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 56 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 8%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 Concentración 8% **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 56 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	83.00	86.00	82.00	83.00	87.00
ALTURA 2 (mm)	82.00	86.00	83.00	86.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	85.00	86.00	84.00	83.00	85.00
ALTURA 4 (mm)	83.00	86.00	83.00	83.00	86.00
ALTURA (mm)	83.25	86.00	83.00	83.75	85.75
MASA (Kg)	8.71	8.84	8.44	8.60	8.74
PESO UNIT (gr/cm ²)	15.02	15.24	14.55	14.83	15.07
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	28.58	31.22	32.21	31.57	29.87
HUELLA CORREGIDA(mm)	29.28	31.92	32.91	32.27	30.57
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	32.46	mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	31	mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	1.46	mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 91 DÍAS –
CONCENTRACIÓN 0%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 0%

ÁREA: 481.79 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Febrero de 2013

EDAD 91 DÍAS $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

EDAD 91 DÍAS		$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$				
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	
ALTURA 1 (mm)	83.00	86.00	83.00	84.00	85.00	
ALTURA 2 (mm)	84.00	86.00	84.00	84.00	84.00	
ALTURA 3 (mm)	83.00	87.00	85.00	87.00	85.00	
ALTURA 4 (mm)	85.00	90.00	85.00	86.00	83.00	
ALTURA (mm)	83.75	87.25	84.25	85.25	84.25	
MASA (Kg)	8.32	8.95	8.63	8.60	8.58	
PESO UNITARIO (gr/cm ²)	17.27	18.58	17.91	17.85	17.81	
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	
LONG CUERDA PESA (cm)	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	
HUELLA (mm)	21.45	22.70	22.64	21.84	20.25	
HUELLA CORREGIDA(mm)	22.15	23.40	23.34	22.54	20.95	

HUELLA CARACTERÍSTICO	H _{crítico} =	23 mm
HUELLA PROMEDIO	H _m =	22 mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	S =	1 mm

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 91 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 4%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 4%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 91 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	84.00	85.00	81.00	84.00	83.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	83.00	84.00	83.00	83.00
ALTURA 3 (mm)	86.00	81.00	85.00	84.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	84.00	83.00	81.00	82.00	84.00
ALTURA (mm)	84.50	83.00	82.75	83.25	83.50
MASA (Kg)	8.87	8.61	8.50	8.92	8.80
PESO UNIT (gr/cm ²)	15.29	14.84	14.65	15.38	15.17
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	29.50	28.00	30.50	29.50	31.00
HUELLA CORREGIDA(mm)	30.20	28.70	31.20	30.20	31.70
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	31.15	Mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	30	Mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	1.15	Mm

Fuente: *Ivan Pilicita y Sebastián Segovia*

**DESGASTE CARACTERÍSTICO $f'c$ diseño=350 kg/cm² A 91 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 6%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia
Concentración 6%

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 91 DÍAS

$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	86.00	86.00	80.00	88.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	87.00	85.00	81.00	85.00	86.00
ALTURA 3 (mm)	86.00	87.00	82.00	83.00	87.00
ALTURA 4 (mm)	86.00	89.00	80.00	85.00	88.00
ALTURA (mm)	86.25	86.75	80.75	85.25	86.50
MASA (Kg)	8.66	8.99	8.57	8.47	8.75
PESO UNIT (gr/cm ²)	14.93	15.50	14.77	14.60	15.08
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	30.00	32.50	31.00	30.50	33.00
HUELLA CORREGIDA(mm)	30.70	33.20	31.70	31.20	33.70
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	33.29	mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	31	mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	1.29	mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

**DESGASTE CARACTERÍSTICO f'c diseño=350 kg/cm² A 91 DÍAS -
CONCENTRACIÓN 8%**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

PROYECTO: Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones.

LOCALIZACIÓN: Pifo, Cantera: Holcim **ENSAYADO POR:** Pilicita, Segovia

DESCRIPCIÓN: Adoquines espesor 9 cm: Fase 2 **CALCULADO POR:** Pilicita, Segovia

ÁREA: 580.10 cm² **REVISADO POR:** Ing. Lauro Lara

NORMA: INEN 1485 **FECHA:** Diciembre de 2013

EDAD 91 DÍAS

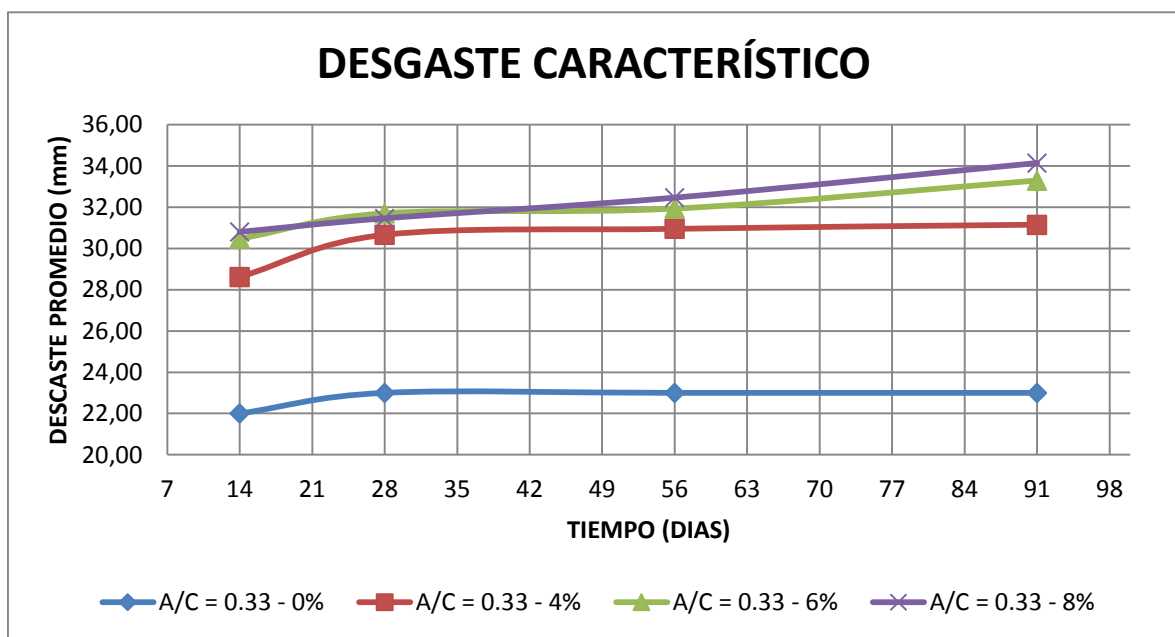
f'c = 350 Kg/cm²

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
ALTURA 1 (mm)	84.00	85.00	85.00	84.00	85.00
ALTURA 2 (mm)	84.00	84.00	85.00	83.00	85.00
ALTURA 3 (mm)	84.00	84.00	85.00	84.00	84.00
ALTURA 4 (mm)	84.00	86.00	86.00	85.00	85.00
ALTURA (mm)	84.00	84.75	85.25	84.00	84.75
MASA (Kg)	8.79	8.65	8.68	8.93	8.75
PESO UNIT (gr/cm ²)	15.15	14.91	14.96	15.39	15.08
MASA PESA (gr)	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00	13844.00
VELOCIDAD (RPM)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
HUELLA (mm)	33.00	33.00	31.00	30.50	32.00
HUELLA CORREGIDA(mm)	33.70	33.70	31.70	31.20	32.70
HUELLA CRÍTICA			H _{crítico} =	34.14	mm
HUELLA PROMEDIO			H _m =	33	mm
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			S =	1.14	mm

Fuente: Ivan Pilicita y Sebastián Segovia

VI.1. GRÁFICO: FASE 2. DESGASTE CRITICO VS TIEMPO

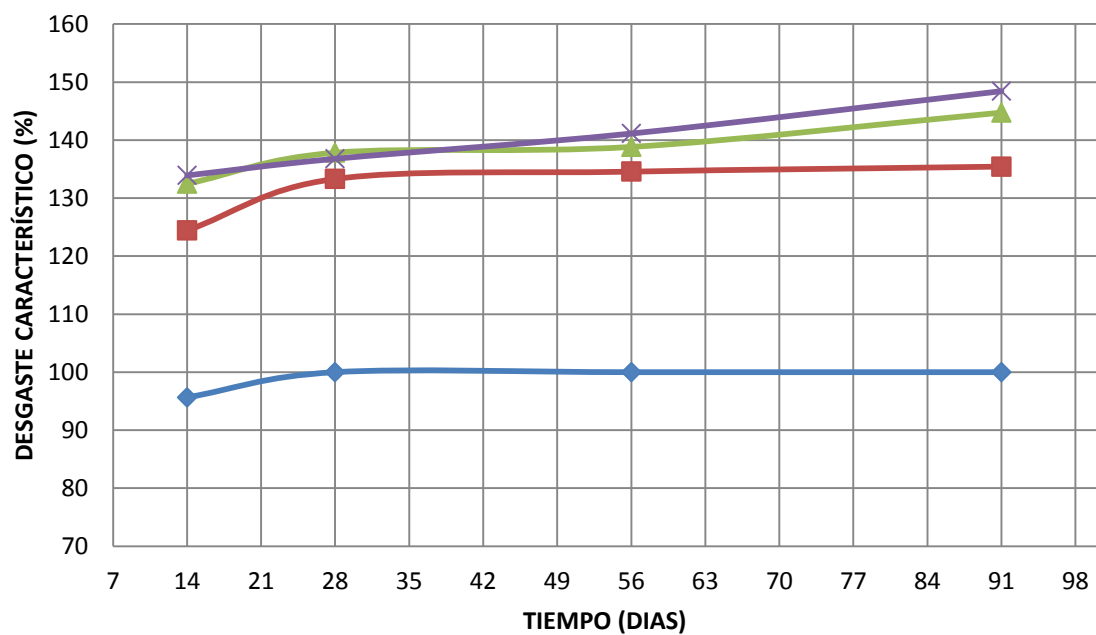
TIEMPO (DIAS)	DESGASTE CARACTERÍSTICO (mm)			
	A/C = 0.33 - 0%	A/C = 0.33 - 4%	A/C = 0.33 - 6%	A/C = 0.33 - 8%
14	22.00	28.62	30.47	30.80
28	23.00	30.66	31.70	31.46
56	23.00	30.95	31.93	32.46
91	23.00	31.15	33.29	34.14



VI.2. GRÁFICO: FASE 2. PORCENTAJE DESGASTE CARACTERÍSTICO VS TIEMPO

TIEMPO (DIAS)	DESGASTE CARACTERÍSTICO (mm)			
	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 0%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 4%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 6%	% RESISTENCIA A/C = 0.33 - 8%
14	96	124	132	134
28	100	133	138	137
56	100	135	139	141
91	100	135	145	148

PORCENTAJE DE DESGASTE CRÍTICO



—◆— % RESISTENCIA A/C = 0.33 - 0% —■— % RESISTENCIA A/C = 0.33 - 4%
—▲— % RESISTENCIA A/C = 0.33 - 6% —×— % RESISTENCIA A/C = 0.33 - 8%