



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA CIVIL
ARQUITECTURA Y DISEÑO**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**“DISEÑO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL ALIVIANADO PARA UNA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, A BASE DE
PIEDRA PÓMEZ”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL**

JUAN CRISTÓBAL NEIRA CARRERA

ING. M.SC. JUAN MEDARDO SOLÁ QUINTUÑA

2016

DECLARACIÓN

Yo, Juan Cristóbal Neira Carrera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Juan Cristóbal Neira Carrera

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Cristóbal Neira Carrera, bajo mi supervisión.

Ing. M.Sc. Juan Medardo Solá Quintuña

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mi madre con mucho amor y cariño, le dedico todo este esfuerzo y arduo trabajo para culminar mis estudios, ella que nunca dejo de confiar en mí y todos los días me dio los ánimos suficientes para seguir adelante. A mi padre por la paciencia y confianza que ha tenido conmigo en este largo camino de mi vida estudiantil.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios por haberme llenado de salud y dado la fortaleza para no desfallecer en momentos difíciles que presentado a lo largo de esta meta que está por culminar, a la Universidad Católica de Cuenca y sus catedráticos que impartieron sus conocimientos para mi preparación académica, a mi director de tesis el Ing. M.Sc. Juan Solá que a más de ser un gran profesor y guía me ha brindado su amistad y con sus consejos he logrado salir adelante, a mis padres que han sido mis pilares fundamentales en mi vida para mi educación, por impartir en mi cada día buenos valores y principios para ser un hombre de bien y guiarme por el camino correcto y principalmente estar conmigo en todo momento, en aciertos y tropiezos y no permitirme claudicar nunca; a mis hermanos, novia y amigos que han estado siempre apoyándome de una u otra manera a lo largo de mis estudios, a mi compañero de trabajo Wiliam Lituma que fue quien me incentivó para realizar este tema de investigación y a todo el personal del Laboratorio de Suelos del GAD Municipal de Cuenca que me ayudaron a realizar este estudio y finalmente a mi abuela que sé que desde el cielo estará llenándome de bendiciones y orgullosa de mi.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACION.....	I
CERTIFICACION.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE TABLAS.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VII
LISTA DE ANEXOS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	11
1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1.1 AGREGADOS.....	11
1.1.2 HORMIGÓN ALIVIANADO.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
CAPÍTULO II DOSIFICACIONES.....	14
2.1 ENSAYOS REALIZADOS.....	14
2.2 DOSIFICACIÓN DEL MODELO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE DENSIDAD NORMAL.....	26
2.3 DOSIFICACIÓN DEL AGUA.....	26
2.4 DOSIFICACIÓN DE LA PIEDRA PÓMEZ.....	27
2.5 DOSIFICACIÓN DEL CEMENTO.....	27
2.6 MEZCLA DE AGREGADOS.....	28
CAPÍTULO III RESULTADOS.....	57
3.1 ANÁLISIS DE ENSAYOS.....	57
3.2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	58
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1 CONCLUSIONES.....	70
5.2 RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	73

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Requisitos de gradación para áridos gruesos.....	15
Tabla II	Requisitos de Gradación del Árido Fino	16
Tabla III	Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado, con partículas de forma angular y textura rugosa, en concreto sin aire incluido.....	26
Tabla IV	Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar.	27
Tabla V	Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación agua-cemento, en concretos sin aire incluido.	28
Tabla VI	Límites de gradación recomendados para granulometrías continuas en porcentaje que pasa para distintos tamaños máximos de agregado.....	29

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Resultados	Diseño Patrón (Asentamientos y Pesos Específicos)	59
Cuadro 2 Resultados	Diseño Patrón (Cargas de Rotura)	59
Cuadro 3 Resultados	Primer Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	60
Cuadro 4 Resultados	Primer Diseño (Cargas de Rotura)	60
Cuadro 5 Resultados	Segundo Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	61
Cuadro 6 Resultados	Segundo Diseño (Cargas de Rotura)	61
Cuadro 7 Resultados	Tercer Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	62
Cuadro 8 Resultados	Tercer Diseño (Cargas de Rotura)	62
Cuadro 9 Resultados	Cuarto Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	63
Cuadro 10 Resultados	Cuarto Diseño (Cargas de Rotura)	63
Cuadro 11 Resultados	Quinto Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	64
Cuadro 12 Resultados	Quinto Diseño (Cargas de Rotura)	64
Cuadro 13 Resultados	Sexto Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	65
Cuadro 14 Resultados	Sexto Diseño (Cargas de Rotura)	65
Cuadro 15 Resultados	Séptimo Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	66
Cuadro 16 Resultados	Séptimo Diseño (Cargas de Rotura)	66
Cuadro 17 Resultados	Octavo Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	67
Cuadro 18 Resultados	Octavo Diseño (Cargas de Rotura)	67
Cuadro 19 Resultados	Noveno Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	68
Cuadro 20 Resultados	Noveno Diseño (Cargas de Rotura)	68
Cuadro 21 Resultados	Décimo Diseño (Asentamientos y Pesos Específicos)	69
Cuadro 22 Resultados	Décimo Diseño (Cargas de Rotura)	69

2.1. LISTA DE ANEXOS

Anexo A Ensayos de Agregados.....	75
Anexo B Bitácoras.....	76
Anexo C Fotografías.....	77

RESUMEN

El hormigón alivianado es la mezcla de agregados grueso y fino cuyo peso específico es más bajo de los habituales utilizados, dándonos como resultado hormigones de bajas densidades alivianándonos la carga muerta, aligerándonos las estructuras en las obras civiles y brindándonos muchos beneficios más.

Para esta investigación se utilizó la piedra pómez como agregado grueso, material que se ha formado del magma volcánico y lo encontramos en grandes cantidades a las faldas de los volcanes al norte de nuestro país. Como agregado fino se utilizó arena natural de río y polvo de piedra pómez, utilizándolos por separado y también haciendo una mezcla de ambos en distintas proporciones.

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Suelos del GAD Municipal de Cuenca, donde se contó con la infraestructura y equipamiento necesario para realizar los diferentes ensayos que esta investigación nos demandó.

Palabras clave: HORMIGÓN ALIVIANADO, PESO ESPECÍFICO, DENSIDAD, CARGA MUERTA, PIEDRA PÓMEZ.

ABSTRACT

The lightened concrete is the mixture of coarse & fine aggregate whose specific gravity is lower than the usual used, giving us concrete results in low densities lightening dead load, structures in civil construction and giving us many more benefits.

For this investigation pumice stone was used as coarse aggregate material than is formed from volcanic magma and found in large numbers in the slopes of volcanoes north of our country. As a natural fine aggregate sand river and pumice powder was used, using them separately and also by a mixture of both in different proportions.

This research was performed in the Laboratory of Soil GAD Municipal of Cuenca, where they have the infrastructure and equipment necessary to perform various tests that this research sued us.

Keywords: LIGHTENED CONCRETE, SPECIFIC GRAVITY, DENSITY, DEADHEAD, PUMICE STONE.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Llámase hormigón alivianado a la mezcla de agregados incluyendo la piedra pómez como agregado nominal para reducir su densidad generando una disminución en la carga muerta, para aligerar estructuras, una mayor resistencia al fuego así como un aislamiento acústico muy bueno y una manejabilidad muy alta para su transportación y acomodo dentro de cualquier obra civil.

Las mezclas de los agregados grueso y fino son muy similares a los de hormigón normal pero proporcionan una relación de resistencia – peso mucho mejor. Si es cierto que el costo va a ser más elevado por la cantidad de cemento extra que se va a necesitar disminuirá en los costos de los refuerzos de la estructura que se iría a colocar con lo que reduce el costo global en una obra civil.

Para obtener un hormigón estructural aligerado $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a base de Piedra Pómez como parte de los agregados, se utilizará en diferentes proporciones hasta llegar a la resistencia requerida tratando de que la misma no salga de los parámetros establecidos por el ACI, realizando una serie de diseños y ejecutando los mismos hasta llegar a obtener el que más se acopla con nuestras necesidades.

Siendo conocedores de los resultados de esta investigación pronto se podrán utilizar en las obras civiles construidas en nuestro medio.

1.1.1 AGREGADOS.

Los agregados que se emplea normalmente para la obtención de un hormigón es la grava y la arena que pueden ser: grava natural o grava triturada como arena natural o arena triturada, siendo la arena natural la más utilizada en nuestro medio.

Estos materiales deben estar limpios para su utilización y bien graduados para que cumplan las especificaciones de las tablas de la ASTM para así realizar el diseño según la resistencia requerida.

1.1.2 HORMIGÓN ALIVIANADO.

El hormigón es el producto de la mezcla de uno o más aglomerantes como son: arena grava o piedra chancada conocidos como áridos y el agua. Antes del descubrimiento de los cementos se utilizaron aglomerantes como la cal hidráulica, cal grasa y cementos naturales. Las primeras construcciones que se realizaron con hormigones alivianados fueron en Roma en los años 20 a.C. estos hormigones resultaban de la mezcla de limos quemados con materiales de baja densidad como

la piedra pómez, las obras así realizadas renombradas son: Los arcos del Coliseo Romano (70 a.C.) con luces mayores a 25 metros, La cúpula de Panteón de Agripa (25 a.C.), entre otros. (Manrique & Berrios, 2012).

En la ciudad de Kansas, en el año de 1922 se construyeron los primeros edificios con hormigones estructurales alivianados, se lo realizó ya que el suelo donde se implementaría esta construcción tenía la capacidad portante muy baja, y de esta manera optaron por utilizar un hormigón alivianado y así aligerar el peso que soportaría el suelo. Así ha ido avanzando la tecnología en la década de los años 50 alrededor del mundo se instalaban plantas de agregados livianos, en nuestro país podemos encontrar en abundancia los materiales que salen de los volcanes como la piedra pómez. (Valdez, Suarez & Proaño, 2010)

El hormigón es un material de precio bajo con relación al acero, con resistencias iguales o mayores que la del ladrillo y muy moldeable que nos permite realizar construcciones con la forma que queramos, así como un muy buen aislante acústico y resistente al fuego.

En una publicación reciente sobre el hormigón estructural aligerado o alivianado (NRMCA) se indicó que este viene definido por el ACI 213R (1987), como aquel que posee una densidad in situ (peso unitario) de 1440 a 1840 kg/m³ (90 a 115 lb/pie³) en comparación con el hormigón estructural de peso normal que tiene una densidad que oscila de 2200 a 2400 kg/m³ (140 a 150 lb/pie³). La mezcla del hormigón se elabora con un agregado grueso de peso liviano y el agregado fino en algunos casos, una parte o en su totalidad puede ser un material de peso liviano. Los agregados livianos que se utilizan para obtener este hormigón son típicamente materiales de arcilla o pizarra que se han puesto en hornos en muy altas temperaturas para obtener una estructura porosa de los mismos, para nuestra investigación se utilizará la piedra pómez siendo este un material procedente del magma volcánico que ha soportado temperaturas muy elevadas y lo podemos encontrar en abundancia en nuestro país.

El uso fundamental del hormigón estructural de peso liviano busca principalmente reducir la carga muerta de una estructura de hormigón, lo que permitirá a su vez que el diseñador estructural reduzca el tamaño de sus columnas, zapatas y otros elementos de soporte de cargas en su cimentación.

Las mezclas de los agregados grueso y fino son muy similares a los de hormigón normal pero proporcionan una relación de resistencia – peso mucho mejor. Si es cierto que el costo va a ser más elevado por la cantidad de cemento extra que se va a necesitar disminuirá en los costos de los refuerzos de la estructura que se irá a colocar con lo que reduce el costo global en una obra civil.

Los agregados livianos tienen una absorción típicamente que se encuentran en el rango del 5 al 35 % por peso del agregado seco, los agregados alivianados deben ser humedecidos antes de ser usados con el objetivo de tener un alto grado de saturación, debido al mayor contenido de humedad total del hormigón liviano se requiere de mayor tiempo para secarse a niveles considerados normales.

El hormigón estructural alivianado se ha utilizado para puentes, cubiertas, pilares y vigas, losas y elementos de muros en edificios de acero y de estructuras de acero, en losas de cubierta, etc.

La utilización de la piedra pómez como agregado en el diseño del hormigón estructural nos da algunos beneficios, principalmente en la disminución de la carga muerta en la estructura, mejora el rendimiento de los trabajadores por el liviano peso de la mezcla, se obtiene una mejor acústica según sea el uso de la edificación a construirse, una mejor resistencia al aislamiento térmico así como al fuego.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Obtener un hormigón estructural aligerado $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a base de piedra pómez como parte de los agregados, utilizándolo en diferentes proporciones hasta llegar a la resistencia requerida.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Implementar la piedra pómez como parte de los agregados para aligerar su peso específico.
- Utilizar las técnicas de desarrollo de mezclas para el hormigón del ACI.
- Analizar y probar cada una de las dosificaciones.
- Identificar la mejor dosificación para su resistencia requerida.

CAPÍTULO II DOSIFICACIONES

2.1 ENSAYOS REALIZADOS.

Primeramente se almacenó todo el material que se iba a utilizar para esta investigación en el Laboratorio de Suelos, posteriormente se procedió a realizar el lavado del mismo; seguido de los siguientes ensayos que se indican a continuación:

De la Grava Triturada:

- Granulometría serie gruesa
- Peso Específico
- Peso Volumétrico

De la Arena:

- Granulometría serie fina
- Peso Específico
- Peso Volumétrico
- Equivalente de Arena

De la Piedra Pómez:

- Granulometría serie gruesa
- Peso Específico
- Peso Volumétrico

Del Polvo de Piedra Pómez:

- Granulometría serie fina
- Peso Específico
- Peso Volumétrico

Se cambió por dos ocasiones el árido fino (arena) ya que no cumplía con las especificaciones de la NEVI 12, para tener el criterio completo colocamos a continuación las mismas en forma textual. “Especificaciones Técnicas para agregados para mezclas de hormigón hidráulico de la NEVI 12”

803-2 Árido Grueso.-

803-2.01. Descripción.-

Los áridos gruesos para hormigón de cemento hidráulico estarán formados por grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado o una mezcla de estas que cumple con los requisitos de la nómina técnica ecuatoriana INEN 872. Los áridos se compondrán de partículas o fragmentos resistentes y duros, libres de material vegetal, arcilla u otro material inconveniente, sin exceso de partículas alargadas o planas.

803-2.02. Requisitos.-

Los áridos para el hormigón de cemento hidráulico cumplirán con los requisitos para el número de tamaño especificado indicados en la Tabla 803-2.1 de acuerdo con lo establecido en la norma técnica ecuatoriana INEN 872.

Tabla I Requisitos de gradación para áridos gruesos



TABLA 803-2.1 Requisitos de gradación para áridos gruesos

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas)(mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)														
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 μm	
1	de 90 a 37,5	100	90 a 100	..	25 a 60	..	0 a 15	..	0 a 5	..	..	..	..	..	..
2	de 63 a 37,5	..	..	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	..	0 a 5	..	..	..	..	..	..
3	de 50 a 25,0	..	..	..	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	..	0 a 5	..	..	..	..	..
357	de 50 a 4,75	..	..	..	100	95 a 100	..	35 a 70	..	10 a 30	..	0 a 5	..	..	..
4	de 37,5 a 19,0	..	..	..	..	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	..	0 a 5	..	..	..	..
467	de 37,5 a 4,75	..	..	..	..	100	95 a 100	..	35 a 70	..	10 a 30	0 a 5	..	..	..
5	de 25,0 a 12,5	..	..	..	..	..	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	..	..	..	..
56	de 25,0, a 9,5	..	..	..	..	..	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	..	..	..
57	de 25,0 a 4,75	..	..	..	..	..	100	95 a 100	..	25 a 60	..	0 a 10	0 a 5	..	..
6	de 19,0 a 9,5	..	..	..	..	..	..	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	..	..	..
67	de 19,0 a 4,75	..	..	..	..	..	..	100	90 a 100	..	20 a 55	0 a 10	0 a 5	..	..
7	de 12,5 a 4,75	..	..	..	..	..	..	..	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	..	..
8	de 9,5 a 2,36	..	..	..	..	..	..	..	..	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	..
89	de 9,5 a 1,18	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	de 4,75 a 1,18	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

^A Al árido con número de tamaño 9, se lo define en la NTE INEN 694 como árido fino. Se lo incluye como árido grueso cuando está combinado con un material con número de tamaño 8 para crear el número de tamaño 89, que es árido grueso según se define en la NTE INEN 694.

Fuente: NEVI 12 volumen 3 pág. 838

803-3 Árido Fino.-

803-3.01. Descripción.-

Los áridos finos para hormigón de cemento hidráulico estarán formados por arena natural, arena de trituración (elaborada) o una mezcla de ambas.

Los áridos finos de compondrán de partículas resistentes y duras, libres de material vegetal u otro material inconveniente.

803-9. Requisitos

Los áridos finos para el hormigón de cemento hidráulico, deberán cumplir los requerimientos de granulometrías especificados en la tabla 803-9.1, de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana INEN 872 (Tabla 1).

Tabla II Requisitos de Gradación del Árido Fino

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 - 100
2,36 mm (N° 8)	80 - 100
1,18 mm (N° 16)	50 - 85
600 mm (N°30)	25 - 60
300 mm (N° 50)	5 - 30
150 mm (N° 100)	0 - 10

Fuente: NEVI 12 volumen 3 pág. 849

Su módulo de finura no debe ser menos de 2,3 ni mayor de 3,1

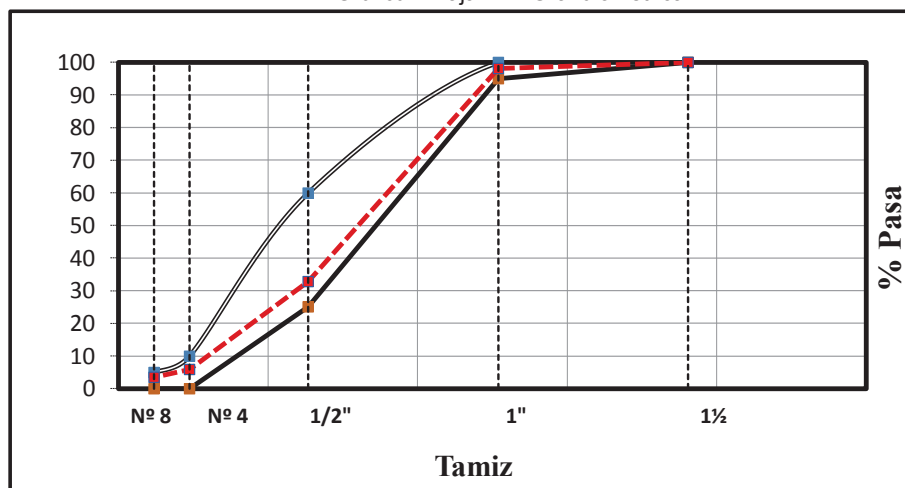
Para nuestra investigación se detallan los ensayos realizados en laboratorio:

GRANULOMETRIA DE LA GRAVA TRITURADA

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lím Sup.
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	196,00	196,00	1,96	98,04	95	100
3/4"	2105,00	2301,00	23,01	76,99		
1/2"	4426,00	6727,00	67,27	32,73	25	60
3/8"	1283,00	8010,00	80,10	19,90		
4	1412,00	9422,00	94,22	5,78	0	10
PASA # 4	564,00					
8	239,00	9661,00	96,61	3,39	0	5
16	87,00	9748,00	97,48	2,52	-	-
30	68,00	9816,00	98,16	1,84	-	-
50	45,00	9861,00	98,61	1,39	-	-
100	49,00	9910,00	99,10	0,90	-	-
200	40,00	9950,00	99,50	0,50	-	-
PASA #200	37,00	9987,00				
TOTAL	565,00					

Peso tomado para el ensayo (gr)	10000
Peso tomado para el lavado (gr)	0
Peso después del lavado (gr)	0

Grafica 1 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

PESOS ESPECÍFICOS

RIPIO TRITURADO

Peso del material superficie satura seca	A=	2000,00 gr.
Peso del picnómetro + agua + material	B=	8596,00 gr.
Peso del picnómetro + agua	C=	7376,00 gr.
Peso del material seco	D=	1959,00 gr.

Peso específico seco = $D / (A - (B - C))$	2,512	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	2,564	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico aparente = $D / (D - (B - C))$	2,651	gr/cm ³
--	-------	--------------------

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso del material suelto:

Prueba # 1	7207	gr
Prueba # 2	7109	gr
Prueba # 3	7139	gr
Prueba # 4	7112	gr
Prueba # 5	7124	gr
Promedio =	7138	gr.

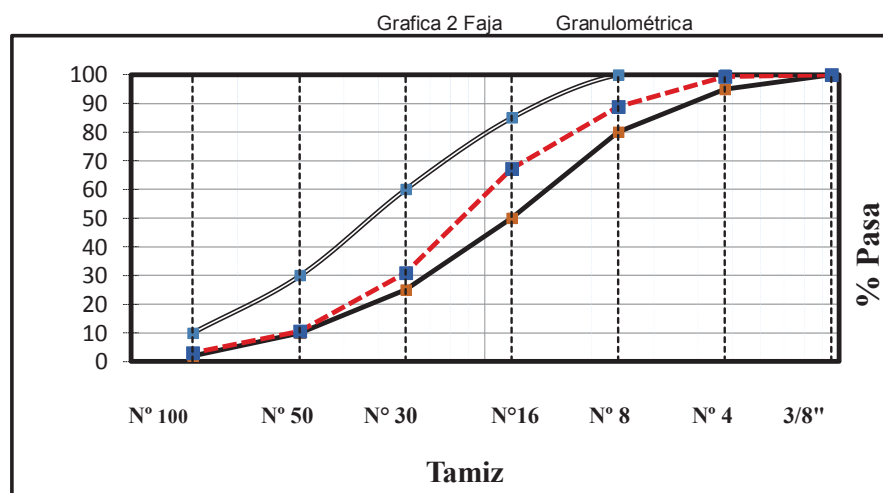
Peso volumétrico suelto	1,306	gr/cm ³
Volumen =	5467	cm ³
% de Hum.	2,09	
Peso molde =	6522	gr
% Absorción de agua =	2,09	

GRANULOMETRIA DE LA ARENA

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lím Sup.
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100	100
4	7,2	7,20	0,72	99,28	95	100
PASA # 4			0,00		-	-
8	103,4	103,40	10,34	88,94	80	100
16	217,5	320,90	32,09	67,19	50	85
30	362,5	683,40	68,34	30,94	25	60
50	204,1	887,50	88,75	10,53	10	30
100	74,9	962,40	96,24	3,04	2	10
200	30,7	993,10	99,31	0,00	-	-
PASA #200	0	993,10	99,31	0,00		
TOTAL	1000,30					

Peso tomado para el ensayo (gr)	1000
Peso tomado para el lavado (gr)	500
Peso después del lavado (gr)	484,3

MODULO DE FINURA:	2,96
Especificación	2,3 < M.F. < 3,25



Elaboración: Autor

Como podemos observar el porcentaje que pasa luego de realizar la granulometría de la arena, así como el módulo de finura está dentro de los parámetros establecidos.

PESOS ESPECÍFICOS**ARENA NATURAL**

Peso del material superficie satura seca	A=	500,00 gr.
Peso del picnómetro + agua + material	B=	1776,30 gr.
Peso del picnómetro + agua	C=	1474,60 gr.
Peso del material seco	D=	484,80 gr.

Peso específico seco = $D / (A - (B - C))$	2,445	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	2,521	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico aparente = $D / (D - (B - C))$	2,648	gr/cm ³
--	-------	--------------------

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso del material suelto:

Prueba # 1	6632	gr
Prueba # 2	6649	gr
Prueba # 3	6647	gr
Prueba # 4	6682	gr
Prueba # 5	6685	gr
Promedio =	6659	gr.

Peso volumétrico suelto =	2,379	gr/cm ³
---------------------------	-------	--------------------

Volumen =	2799	cm ³
Peso molde =	2588	gr
% Absorción de agua =	3,14	

ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA

ASTM D-2419 AASHTO T176-00

PESO W% DE LA MUESTRA: 2000 gr
PESO SECO DE CADA MUESTRA: 110 gr
NÚMERO DE MUESTRAS: 2
CANTIDAD DE SOLUCIÓN: 22,5 cc en un litro de agua

	MUESTRA	MUESTRA
	1	2
LECTURA DE FINOS:	4,5	4,4
LECTURA DE ARENA:	3,6	3,7
PORCENTAJE DE EQUIVALENTE DE ARENA:	80,0	84,1
PROMEDIO:	82,0	

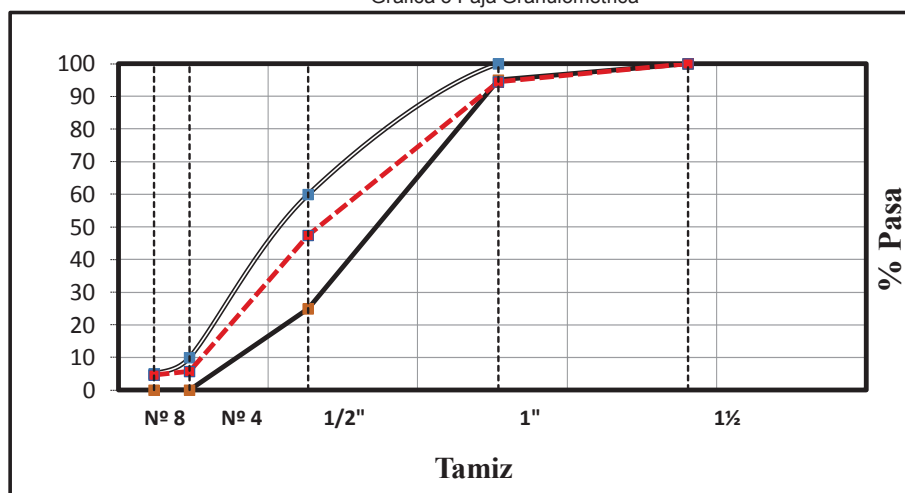
ES APTO PARA UTILIZARSE EN UN HORMIGON HIDRAULICO CUANDO SU PROMEDIO ES IGUAL O MAYOR A 75 %

GRANULOMETRIA DE LA PIEDRA POMEZ

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lím Sup.
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	371,00	371,00	5,47	94,53	95	100
3/4"	933,00	1304,00	19,24	81		
1/2"	2264,00	3568,00	52,64	47,36	25	60
3/8"	1356,00	4924,00	72,65	27,35		
4	1462,00	6386,00	94,22	5,78	0	10
PASA # 4	576,00					
8	81,10	6467,10	95,42	4,58	0	5
16	20,80	6487,90	95,72	4,28	-	-
30	16,00	6503,90	95,96	4,04	-	-
50	19,10	6523,00	96,24	3,76	-	-
100	34,60	6557,60	96,75	3,25	-	-
200	50,30	6607,90	97,49	2,51	-	-
PASA #200	13,50	6621,40				
TOTAL	235,40					

Peso tomado para el ensayo (gr)	6777,72
Peso tomado para el lavado (gr)	494
Peso después del lavado (gr)	236,2

Gráfica 3 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

La piedra pómez si bien es cierto según la ASTM C330/C330M – 14 nos dice que los ensayos pueden o no ser ajustados a los parámetros establecidos pero podemos observar en la granulometría es que se ajustan plenamente a la faja granulométrica establecida.

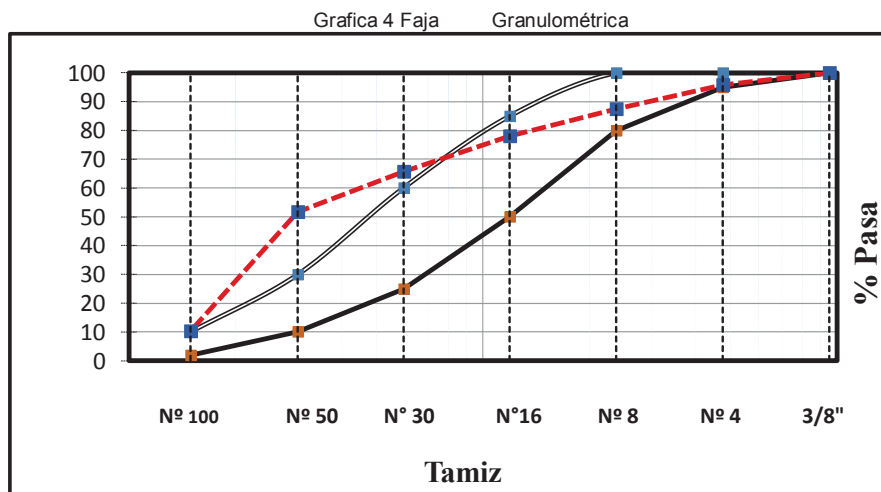
PESOS ESPECIFICOS		
RIPIO TRITURADO		
Peso del material superficie satura seca	A=	1000,00 gr.
Peso del picnómetro + agua + material	B=	7325,00 gr.
Peso del picnómetro + agua	C=	7376,00 gr.
Peso del material seco	D=	730,20 gr.
Peso específico seco = $D/(A - (B - C))$	0,695	gr/cm ³
Peso específico S.S.S. = $A/(A - (B - C))$	0,951	gr/cm ³
Peso específico aparente = $D/(D - (B - C))$	0,935	gr/cm ³
PESOS VOLUMETRICOS		
Peso del material suelto:		
Prueba # 1	8948	gr
Prueba # 2	8887	gr
Prueba # 3	8828	gr
Prueba # 4	8784	gr
Prueba # 5	8943	gr
Promedio =	8878	gr.
Peso volumétrico suelto	1,624	gr/cm ³
Volumen =	5467	cm ³
% de Hum.	36,95	
Peso molde =	6522	gr
% Absorción de agua =	36,95	

GRANULOMETRIA DEL POLVO DE POMEZ

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lím Sup.
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100	100
4	21	21,00	4,20	95,80	95	100
PASA # 4	0		0,00		-	-
8	41,4	41,40	8,28	87,52	80	100
16	47,3	88,70	17,74	78,06	50	85
30	61,5	150,20	30,04	65,76	25	60
50	70,1	220,30	44,06	51,74	10	30
100	206,7	427,00	85,40	10,40	2	10
200	35,2	462,20	92,44	0,00	-	-
PASA #200	8,5	470,70	94,14	0,00		
TOTAL	491,70					

Peso tomado para el ensayo (gr)	500
Peso tomado para el lavado (gr)	500
Peso después del lavado (gr)	500

MODULO DE FINURA:	1,90
Especificación	2,3 < M.F. < 3,25



Elaboración: Autor

PESOS ESPECÍFICOS

POLVO DE PIEDRA PÓMEZ

Peso del material superficie satura seca	A=	500,00	gr
Peso del picnómetro + agua + material	B=	1702,50	gr
Peso del picnómetro + agua	C=	1473,30	gr
Peso del material seco	D=	497,30	gr

Peso específico seco = $D / (A - (B - C))$	1,836	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	1,846	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico aparente = $D / (D - (B - C))$	1,855	gr/cm ³
--	-------	--------------------

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso del material suelto:

Prueba # 1	2283	gr
Prueba # 2	2283	gr
Prueba # 3	2273	gr
Prueba # 4	2263	gr
Prueba # 5	2273	gr
Promedio =	2275	gr.

Peso volumétrico suelto =	0,838	gr/cm ³
---------------------------	-------	--------------------

Volumen =	2715	cm ³
Peso molde =	2523	gr
% Absorción de agua =	0,54	

2.2 DOSIFICACIÓN DEL MODELO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE DENSIDAD NORMAL.

Siguiendo el mismo principio con el que se ha venido realizando los diseños para hormigón alivianado se ha realizado el diseño de hormigón estructural de densidad normal, siendo los agregados utilizados: grava triturada como agregado grueso y arena natural como agregado fino.

2.3 DOSIFICACIÓN DEL AGUA.

La dosificación del agua viene dada por el asentamiento para el cual queramos trabajar nuestra mezcla, el cual se ha tomado de las tablas del libro de Tecnología del Concreto y del Mortero del Ing. Diego Sánchez de Guzmán el mismo que las ha obtenido de fuentes como ACI 318, ASTM entre otros. Cabe mencionar que ha sido un tanto dificultoso obtener un dato real y verídico del asentamiento realizado en la práctica por cuanto la piedra pómez cuenta con un porcentaje de absorción que sobrepasa el 35%, además por el peso tan liviano de sus partículas por que tienden a rebalsar en la mezcla.

Tabla III Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado, con partículas de forma angular y textura rugosa, en concreto sin aire incluido.

Asentamiento		Tamaño máximo del agregado en mm (pulg)							
		9,51 3/8 "	12,7 1/2"	19 3/4"	25,4 1"	38,1 1 1/2"	50,8 2"	64 2 1/2"	76,1 3"
mm	pulg	Agua de mezclado en kg/cm3 de concreto							
0	0	223	201	186	171	158	147	141	132
25	1	231	208	194	178	164	154	147	138
50	2	236	214	199	183	170	159	151	144
75	3	241	218	203	188	175	164	156	148
100	4	244	221	207	192	179	168	159	151
125	5	247	225	210	196	183	172	162	153
150	6	251	230	214	200	187	176	165	157
175	7	256	235	218	205	192	181	170	163
200	8	260	240	224	210	197	186	176	168

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero Ing. MIC, MScIS Diego Sánchez de Guzmán pag. 234

Tomando en cuenta que el agregado grueso (piedra pómez) que se utiliza para este estudio es de forma angular y textura rugosa y el tamaño máximo de sus partículas es de 1" se realizó diseños con 125 y 150 milímetros de asentamiento y 196 y 200 litros de agua respectivamente por metro cúbico que fue lo que se planteó en primera instancia con sus respectivas correcciones el momento de correr los diseños. Se escogió estos valores de asentamiento porque sabemos que la piedra pómez demanda una gran cantidad de agua por sus altos índices de absorción y para tratar de formar una mezcla fluida y que se sellen de mejor manera los poros y vacíos en el momento de la confección de las probetas.

2.4 DOSIFICACIÓN DE LA PIEDRA PÓMEZ.

La piedra pómez ha sido dosificada como si se tratara del árido grueso, el momento de realizar la mezcla con el árido fino se ha visto que se acople de la mejor manera dentro de las especificaciones técnicas.

2.5 DOSIFICACIÓN DEL CEMENTO.

La dosificación del cemento está en función a la cantidad de agua que se utilizara para el diseño por metro cúbico, así como de la resistencia requerida para nuestro diseño. Cuando no se dispone de datos para realizar una corrección mediante una desviación estándar se cuenta con los siguientes parámetros de mayoración según la resistencia a la cual estamos diseñando y es la siguiente:

Tabla IV Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar.

Resistencia especificada $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia de diseño de la mezcla $f'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210kg/cm ²	$f'c + 70$ kg/cm ²
De 210 kg/cm ² a 350 kg/cm ²	$f'c + 85$ kg/cm ²
Más de 350 kg/cm ²	$f'c + 100$ kg/cm ²

Datos obtenidos del ACI - 318

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero Ing. MIC, MScIS Diego Sánchez de Guzmán pág. 237

De ahí que la relación agua-cemento será la siguiente:

Tabla V Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación agua-cemento, en concretos sin aire incluido.

Resistencia a la compresión kg/cm ²	Relación agua-cemento en peso		
	Límite Superior	Línea Media	Límite Inferior
140	-	0,72	0,65
175	-	0,65	0,58
210	0,7	0,58	0,53
245	0,64	0,53	0,49
280	0,59	0,48	0,45
315	0,54	0,44	0,42
350	0,49	0,4	0,38

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero Ing. MIC, MScIS Diego Sánchez de Guzmán pág. 238

En este caso se desea obtener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm², según la Tabla 4 la resistencia de diseño de la mezcla debe ser mayorada con 70 kg/cm² dándonos una resistencia a la compresión de 245 kg/cm². Observando la Tabla 5 en la línea media de la relación agua-cemento va a ser igual a 0,53. En caso que no nos diera un valor directo se deberá realizar una interpolación.

2.6 MEZCLA DE AGREGADOS.

Se mezclarán los agregados sean estos grava, piedra pómez, arena, o polvo de pómez en proporciones no iguales teniendo siempre presente que el agregado grueso será que le dé resistencia al hormigón así que su intervención será siempre en mayor porcentaje, pero sin excederse porque la mezcla se volverá inmanejable y quedará con muchos vacíos por falta de finos. Se debe tomar en cuenta que una mezcla ideal es imposible reproducir en un diseño, es por esto que se escogemos la proporción de áridos que más se acople a nuestra faja de granulométrica de límites superiores e inferiores establecidos. Por esta razón los materiales deben cumplir con una buena gradación de sus tamaños para que de esta manera se acerquen lo más que sea posible a este tipo de curvas ideales.

En la siguiente tabla del libro de Tecnología del Concreto y del Mortero del Ing. Diego Sánchez de Guzmán tenemos los límites de gradación recomendados según los distintos tamaños máximos de agregados:

Tabla VI Límites de gradación recomendados para granulometrías continuas en porcentaje que pasa para distintos tamaños máximos de agregado.

Tamiz		Porcentaje que pasa para el tamaño máximo indicado en mm (pulg)						
mm	pulg.	76,1 mm	50,8 mm	38,1 mm	25,4 mm	19,1 mm	12,5 mm	9,51 mm
		3 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	1/2 "	3/8 "
76,1	3	100						
50,8	2	80 - 87	100					
38,1	1 1/2	68 - 79	85 - 90	100				
25,4	1	55 - 68	68 - 78	80 - 87	100			
19,1	3/4	47 - 62	58 - 71	68 - 79	85 - 90	100		
12,7	1/2	37 - 53	46 - 61	55 - 68	68 - 78	80 - 87	100	
9,51	3/8	32 - 48	40 - 56	47 - 62	58 - 71	68 - 79	85 - 90	100
4,76	4	22 - 38	27 - 44	32 - 48	40 - 56	47 - 62	58 - 71	68 - 79
2,38	8	15 - 30	19 - 34	22 - 38	27 - 44	32 - 48	40 - 56	47 - 62
1,19	16	10 - 23	13 - 27	15 - 30	19 - 34	22 - 38	27 - 44	32 - 48
0,595	30	7 - 18	9 - 21	10 - 23	13 - 27	15 - 30	19 - 34	22 - 38
0,297	50	5 - 14	6 - 16	7 - 18	9 - 21	10 - 23	13 - 27	15 - 30
0,149	100	3 - 11	4 - 13	5 - 14	6 - 16	7 - 18	9 - 21	10 - 23

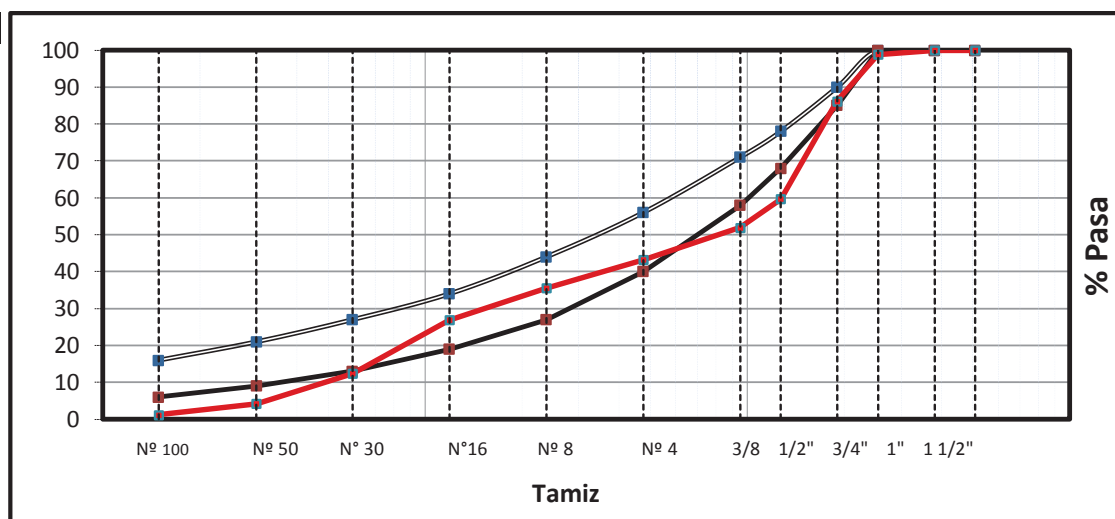
Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero Ing. MIC, MScIS Diego Sánchez de Guzmán pág. 244

Según el tamaño máximo del agregado (piedra pómez) que se utiliza para nuestro estudio que es de 1" se tomó los datos indicados en esta Tabla con diferentes dosificaciones que van desde el 55% hasta el 65% de agregado grueso (piedra pómez). Se realizaron varias mezclas entre: piedra pómez y arena con diferentes dosificaciones; piedra pómez, arena y polvo de piedra pómez; piedra pómez y polvo de piedra pómez que reemplazo al árido fino, y finalmente grava triturada y arena que nos sirvió como modelo patrón.

DISEÑO PATRÓN

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	60	40	100	100	100
1 1/2 "	100	100	60	40	100	100	100
1	98	100	59	40	99	100	100
3/4"	77	100	46	40	86	85	90
1/2	33	100	20	40	60	68	78
3/8"	20	100	12	40	52	58	71
Nº4	6	99	3	40	43	40	56
Nº8	0	89	0	36	36	27	44
Nº16	0	67	0	27	27	19	34
Nº30	0	31	0	12	12	13	27
Nº50	0	11	0	4	4	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 5 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

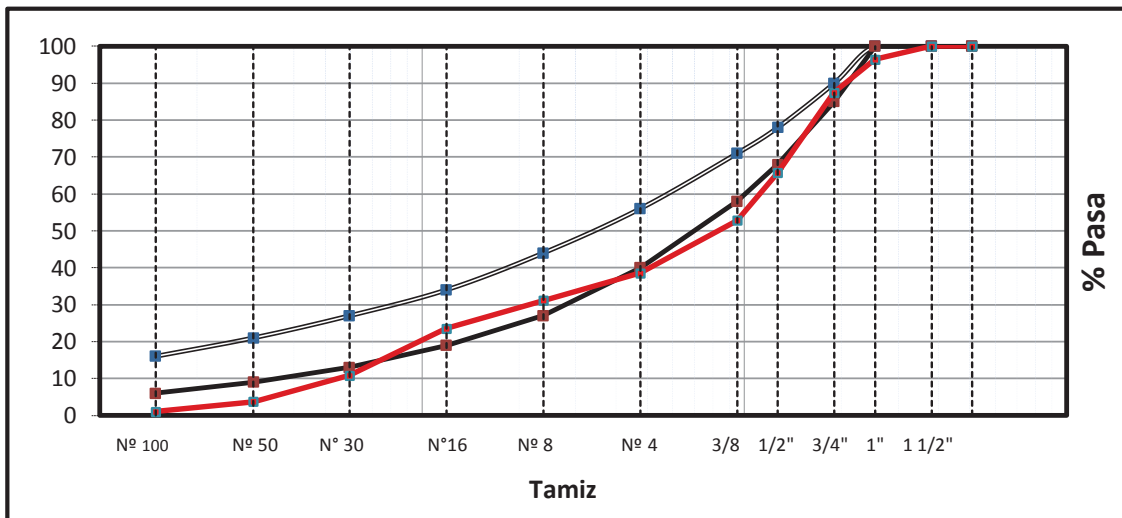
RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS		PESOS VOLUMETRICOS	
			Ripio Triturado	2,564 gr/cm ³	1,306 gr/cm ³	
Relación agua/cemento	0,53	Arena triturada	2,521 gr/cm ³	2,379 gr/cm ³		
Asentamiento cono Abrams (cm)	10	Cemento	3,15 gr/cm ³			
Agua	179 lts.	% Grava	60	% Arena	40	
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.	
CEMENTO	338	107		50,00	1 saco	
AGUA	179	179		27	27	
RIPIO	1091	425		161	124	
ARENA	727	288		108	45	
	2335	1000				
	Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))	2,547				
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON		
Ripio	3,4	cajones		Largo	0,33 m	
				Ancho	0,33 m	
Arena	1,3	cajones		Profundidad	0,33 m	
				VOLUMEN	0,04 m ³	

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro	15		
Altura	30		
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cúbico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 180 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	338	10,74	10.743
AGUA	179	5,7	5.694
GRAVA	1091	34,70	34.695
ARENA	727	23,1	23.130
Total Áridos		68,6	68.568

PRIMER DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	65	35	100	100	100
1 1/2 "	100	100	65	35	100	100	100
1	95	100	61	35	96	100	100
3/4"	81	100	52	35	87	85	90
1/2	47	100	31	35	66	68	78
3/8"	27	100	18	35	53	58	71
Nº4	6	99	4	35	39	40	56
Nº8	0	89	0	31	31	27	44
Nº16	0	67	0	24	24	19	34
Nº30	0	31	0	11	11	13	27
Nº50	0	11	0	4	4	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 6 Faja Granulométrica



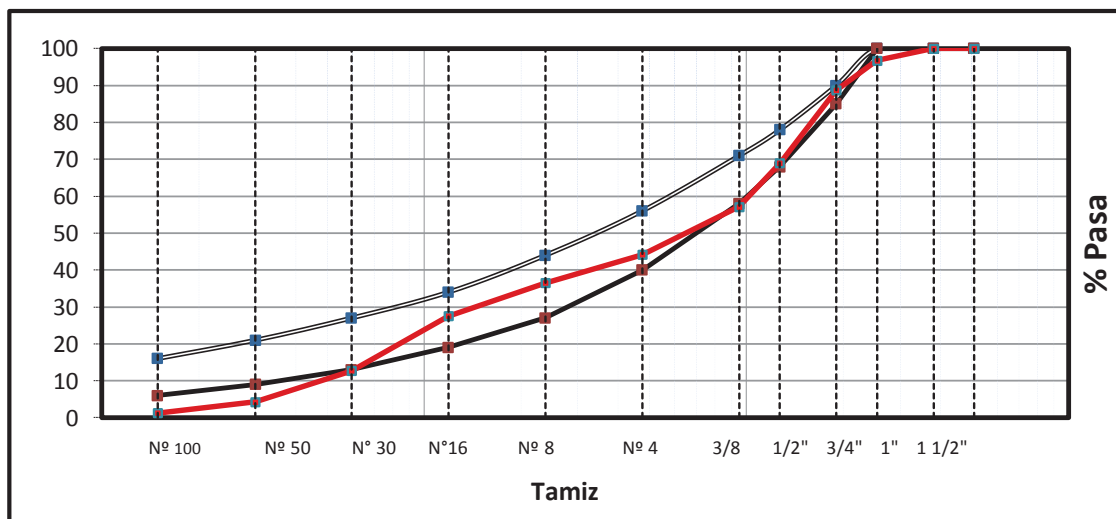
Elaboración: Autor

RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53		Arena	2,521	gr/cm ³	2,379	gr/cm ³
Asentamiento cono Abrams (cm)	12,5		Cemento	3,15	gr/cm ³		
Agua	196	lts.	% Pómez	65		% Arena	35
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento		Volumen aparente lts.	
CEMENTO	370	117		50,00		1 saco	
AGUA	196	196		27		27	
PÓMEZ	543	571		73		45	
ARENA	292	116		40		17	
	1401	1000					
	$G_a = \frac{100}{((\%G_1/G_1) + (\%G_2/G_2))}$	1,217					
Dosificación en volumen			VOLUMEN DEL CAJON				
Pómez	1,3	cajones		Largo	0,33 m		
				Ancho	0,33 m		
Arena	0,5	cajones		Profundidad	0,33 m		
				VOLUMEN	0,04 m ³		
PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO							
Espesor del cilindro							
Diámetro				15			
Altura				30			
Volumen del cilindro				5301			
Mayorado con el 20%					6362	cm ³	
Cilindros				5	31809	cm ³	
Metro cúbico				1		m ³	
Centímetros				1000000		cm ³	
Requerido				0,032		m ³	
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 180 Kg/Cm²							
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.				
CEMENTO	370	11,76	11.763				
AGUA	196	6,2	6.235				
PÓMEZ	543	17,27	17.271				
ARENA	292	9,3	9.300				
Total Agregados		38,3	38.334				

SEGUNDO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	59	41	100	100	100
1 1/2 "	100	100	59	41	100	100	100
1	95	100	56	41	97	100	100
3/4"	81	100	48	41	89	85	90
1/2	47	100	28	41	69	68	78
3/8"	27	100	16	41	57	58	71
Nº4	6	99	3	41	44	40	56
Nº8	0	89	0	36	36	27	44
Nº16	0	67	0	28	28	19	34
Nº30	0	31	0	13	13	13	27
Nº50	0	11	0	4	4	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 7 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53	Arena	2,521	gr/cm ³	2,379	gr/cm ³	
Asentamiento cono Abrams (cm)	15	Cemento	3,15	gr/cm ³			
Agua	200	lts.	% Pómez	59	% Arena	41	
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.		
CEMENTO	377	120		50,00	1 saco		
AGUA	200	200		27	27		
PÓMEZ	513	539		68	42		
ARENA	356	141		47	20		
	1446	1000					
	$Ga = \frac{100}{((\%G1/G1) + (\%G2/G2))}$				1,278		
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON			
Pómez	1,2	cajones		Largo	0,33 m		
Arena	0,6	cajones		Ancho	0,33 m		
				Profundidad	0,33 m		
				VOLUMEN	0,04 m ³		

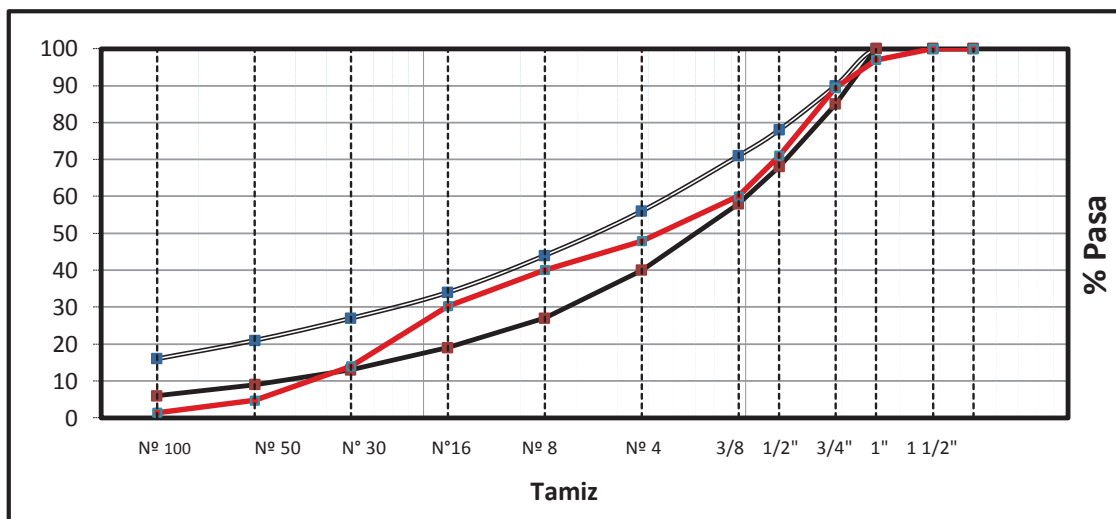
2.2.

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro		15	
Altura		30	
Volumen del cilindro			5301
Mayorado con el 20%			6362 cm ³
Cilindros		5	31809 cm ³
Metro cúbico		1	m ³
Centímetros		1000000	cm ³
Requerido		0,032	m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
PÓMEZ	513	16,31	16.310
ARENA	356	11,3	11.334
Total áridos		39,6	39.647

TERCER DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRÍA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	55	45	100	100	100
1 1/2 "	100	100	55	45	100	100	100
1	95	100	52	45	97	100	100
3/4"	81	100	44	45	89	85	90
1/2	47	100	26	45	71	68	78
3/8"	27	100	15	45	60	58	71
Nº4	6	99	3	45	48	40	56
Nº8	0	89	0	40	40	27	44
Nº16	0	67	0	30	30	19	34
Nº30	0	31	0	14	14	13	27
Nº50	0	11	0	5	5	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 8 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

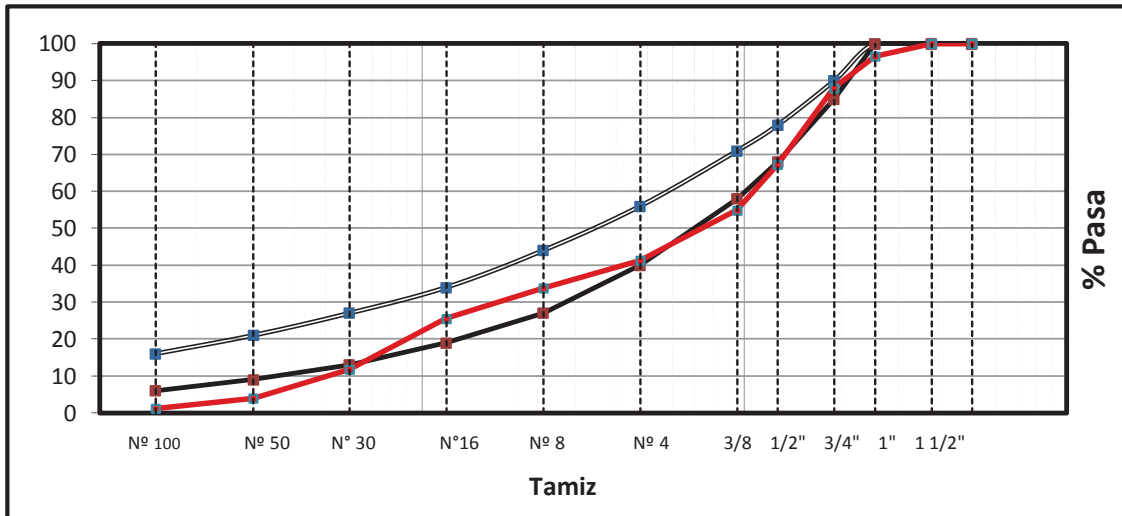
RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS		PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951 gr/cm ³	1,624 gr/cm ³	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53	Arena	2,521 gr/cm ³	2,379 gr/cm ³	gr/cm ³	
Asentamiento cono Abrams (cm)	12,5	Cemento	3,15 gr/cm ³			
Agua	196	lts.	% Pómez	55	% Arena	45
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.	
CEMENTO	370	117		50,00	1 saco	
AGUA	196	196		27	27	
PÓMEZ	499	525		67	42	
ARENA	408	162		55	23	
	1473	1000				
	Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))	1,322				
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON		
Ripio	1,2	cajones		Largo	0,33 m	
Arena	0,6	cajones		Ancho	0,33 m	
				Profundidad	0,33 m	
				VOLUMEN	0,04 m³	

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro	15		
Altura	30		
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cúbico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	370	11,76	11.763
AGUA	196	6,2	6.235
POMEZ	499	15,88	15.878
ARENA	408	13,0	12.991
Total áridos		40,6	40.632

CUARTO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	62	38	100	100	100
1 1/2 "	100	100	62	38	100	100	100
1	95	100	59	38	97	100	100
3/4"	81	100	50	38	88	85	90
1/2	47	100	29	38	67	68	78
3/8"	27	100	17	38	55	58	71
Nº4	6	99	4	38	41	40	56
Nº8	0	89	0	34	34	27	44
Nº16	0	67	0	26	26	19	34
Nº30	0	31	0	12	12	13	27
Nº50	0	11	0	4	4	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 9 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53	Arena	2,521	gr/cm ³	2,379	gr/cm ³	
Asentamiento cono Abrams (cm)	12,5	Cemento	3,15	gr/cm ³			
Agua	196	lts.	% Pómez	62	% Arena	38	
MATERIA L	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.		
CEMENTO	370	117		50,00	1 saco		
AGUA	196	196		27	27		
RIPIO	531	558		72	44		
ARENA	325	129		44	18		
	1422	1000					
	$G_a = \frac{100}{(\%G_1/G_1) + (\%G_2/G_2)}$	1,246					
Dosificación en volumen			VOLUMEN DEL CAJON				
Pómez	1,2	cajones		Largo	0,33 m		
Arena	0,5	cajones		Ancho	0,33 m		
				Profundidad	0,33 m		
				VOLUMEN	0,04 m ³		

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro		15	
Altura		30	
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cúbico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	370	11,76	11.763
AGUA	196	6,2	6.235
PÓMEZ	531	16,88	16.877
ARENA	325	10,3	10.344
Total Áridos		39,0	38.984

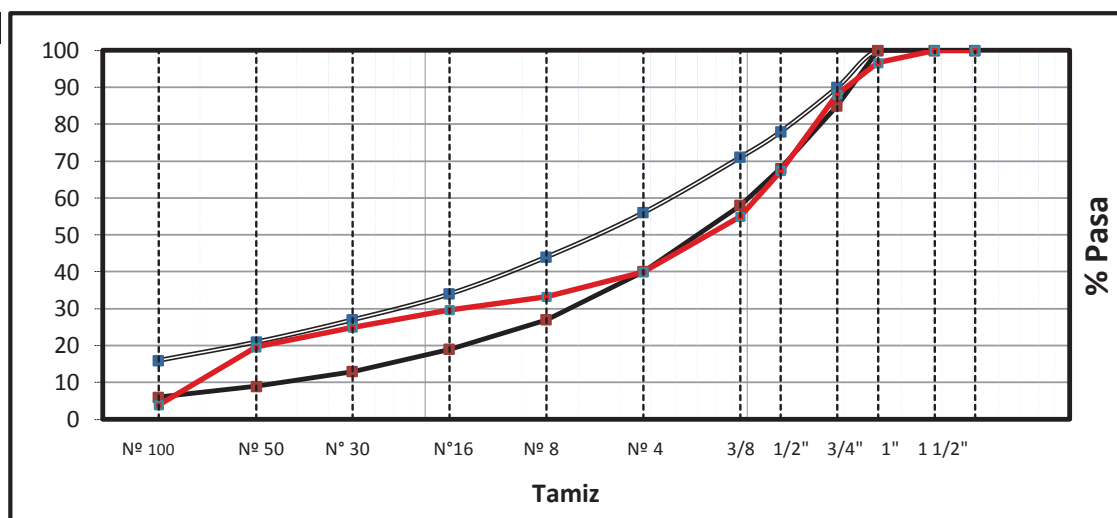
CORRECCIÓN EN PESOS POR %			
ABSORCIÓN			
	absorción	%w real	diferencia
pómez	36,95	51	14,05
arena	3,14	4,86	1,72
agua	6.235		
		Cantidad a utilizar.	
pómez	2371,39	19.248	gr
arena	178,40	10.522	gr
agua	3.685	3.685	gr

Se añade un litro más de agua porque la mezcla está muy seca.

QUINTO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y POLVO PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	POLVO	PÓMEZ	POLVO			
2"	100,00	100,00	62	38	100	100	100
1 1/2 "	100	100	62	38	100	100	100
1	95	100	59	38	97	100	100
3/4"	81	100	50	38	88	85	90
1/2	47	100	29	38	67	68	78
3/8"	27	100	17	38	55	58	71
Nº4	6	96	4	36	40	40	56
Nº8	0	88	0	33	33	27	44
Nº16	0	78	0	30	30	19	34
Nº30	0	66	0	25	25	13	27
Nº50	0	52	0	20	20	9	21
Nº100	0	10	0	4	4	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 10 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

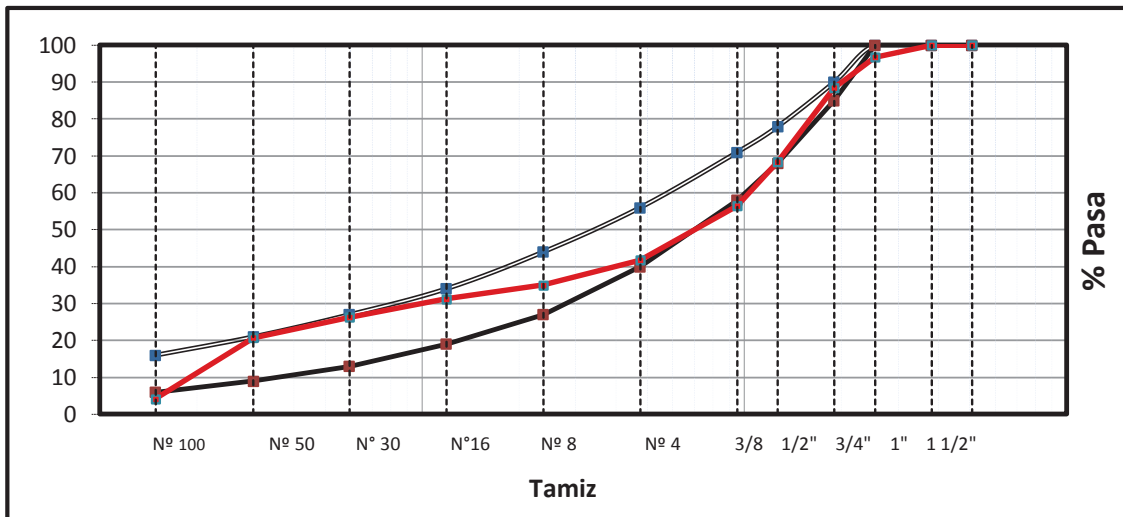
RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS		PESOS VOLUMETRICOS	
			POMEZ	0,951 gr/cm ³	1,624 gr/cm ³	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53	POLVO	1,846 gr/cm ³	0,838 gr/cm ³	gr/cm ³	
A asentamiento cono Abrams (cm)	15	Cemento	3,15 gr/cm ³			
Agua	200	lts.	% Pómez	62	% Polvo	38
MATERIA L	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.	
CEMENTO	377	120		50,00	1 saco	
AGUA	200	200		27	27	
PÓMEZ	492	517		65	40	
POLVO	301	163		40	48	
	1371	1000				
Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))		1,166				
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON		
PÓMEZ	1,1	cajones		Largo	0,33 m	
				Ancho	0,33 m	
POLVO	1,3	cajones		Profundidad	0,33 m	
				VOLUMEN	0,04 m ³	

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro	15		
Altura	30		
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cubico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
POMEZ	492	15,65	15.645
POLVO	301	9,6	9.589
Total Áridos		37,2	37.237

SEXTO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y POLVO PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	POLVO	PÓMEZ	POLVO			
2"	100,00	100,00	60	40	100	100	100
1 1/2 "	100	100	60	40	100	100	100
1	95	100	57	40	97	100	100
3/4"	81	100	48	40	88	85	90
1/2	47	100	28	40	68	68	78
3/8"	27	100	16	40	56	58	71
Nº4	6	96	3	38	42	40	56
Nº8	0	88	0	35	35	27	44
Nº16	0	78	0	31	31	19	34
Nº30	0	66	0	26	26	13	27
Nº50	0	52	0	21	21	9	21
Nº100	0	10	0	4	4	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 11 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

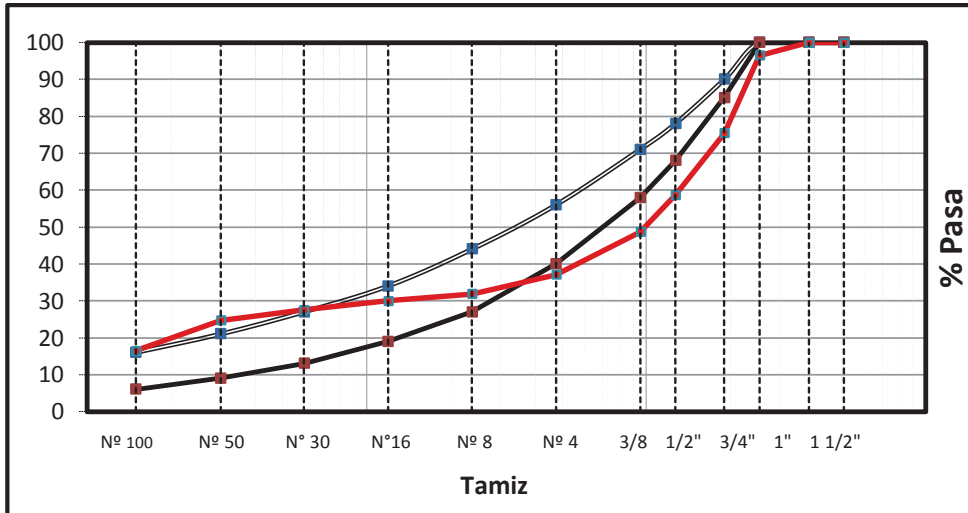
RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			POMEZ	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53	POLVO	1,846	gr/cm ³	0,838	gr/cm ³	
Asentamiento cono Abrams (cm)	15	Cemento	3,15	gr/cm ³			
Agua	200	lts.	% Pómez	60	% Polvo	40	
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.		
CEMENTO	377	120		50,00	1 saco		
AGUA	200	200		27	27		
PÓMEZ	482	506		64	39		
POLVO	321	174		43	51		
1380		1000					
Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))		1,180					
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON			
PÓMEZ	1,1	cajones		Largo	0,33 m		
				Ancho	0,33 m		
POLVO	1,4	cajones		Profundidad	0,33 m		
				VOLUMEN	0,04 m ³		

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro	15		
Altura	30		
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cúbico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
PÓMEZ	482	15,32	15.323
POLVO	321	10,2	10.215
Total Áridos		37,5	37.541
Se añadió dos litros de agua al diseño porque estaba muy seco.			

SÉPTIMO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ, POLVO Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRÍA ESPECIFICADA								PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Q pasa	% Q pasa	% Q pasa	% DESEADO			% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N°	PÓMEZ	POLVO	ARENA	PÓMEZ	POLVO	ARENA			
2"	100,00	100,00	100,00	65	15	20	100	100	100
1 1/2 "	100	100,00	100	65	15	20	100	100	100
1	95	100,00	100	61	15	20	96	100	100
3/4"	81	19,24	100	52	3	20	75	85	90
1/2	47	52,64	100	31	8	20	59	68	78
3/8"	27	72,65	100	18	11	20	49	58	71
N°4	6	94,22	96	4	14	19	37	40	56
N°8	0	95,80	88	0	14	18	32	27	44
N°16	0	95,80	78	0	14	16	30	19	34
N°30	0	95,80	66	0	14	13	28	13	27
N°50	0	95,80	52	0	14	10	25	9	21
N°100	0	95,80	10	0	14	2	16	6	16
N°200	0	0,00	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 12 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

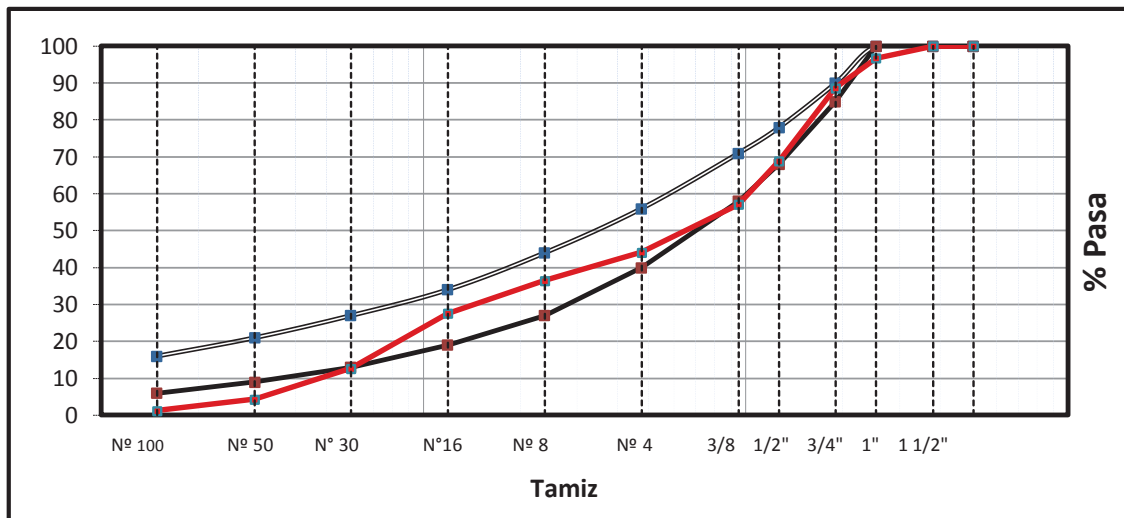
RESISTENCIA DE 180 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53		Polvo	1,846	gr/cm ³	0,838	gr/cm ³
Asentamiento cono Abrams (cm)	15		Cemento	3,15	gr/cm ³		
Agua	200	lts.	% Pómez	65		% polvo	15
			Arena	2,52	gr/cm ³	2,379	gr/cm ³
			% Arena	20			
MATERIAL	Kg / m ³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente lts.		
CEMENTO	377	120		50,00	1 saco		
AGUA	200	200		27	27		
PÓMEZ	524	551		69	43		
POLVO	121	65		16	19		
ARENA	161	64		21	9		
	1384	1000					
	Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))	1,185					
Dosificación en volumen			VOLUMEN DEL CAJON				
PÓMEZ	1,2	cajones	Largo	0,33 m			
POLVO	0,5	cajones	Ancho	0,33 m			
ARENA	0,2	cajones	Profundidad	0,33 m			
			VOLUMEN	0,04 m ³			

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro	15		
Altura	30		
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cúbico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
POMEZ	524	16,67	16.669
POLVO	121	3,8	3.847
ARENA	161	5,1	5.129
Total Áridos		32,5	32.519

OCTAVO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	59	41	100	100	100
1 1/2 "	100	100	59	41	100	100	100
1	95	100	56	41	97	100	100
3/4"	81	100	48	41	89	85	90
1/2	47	100	28	41	69	68	78
3/8"	27	100	16	41	57	58	71
Nº4	6	99	3	41	44	40	56
Nº8	0	89	0	36	36	27	44
Nº16	0	67	0	28	28	19	34
Nº30	0	31	0	13	13	13	27
Nº50	0	11	0	4	4	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 13 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

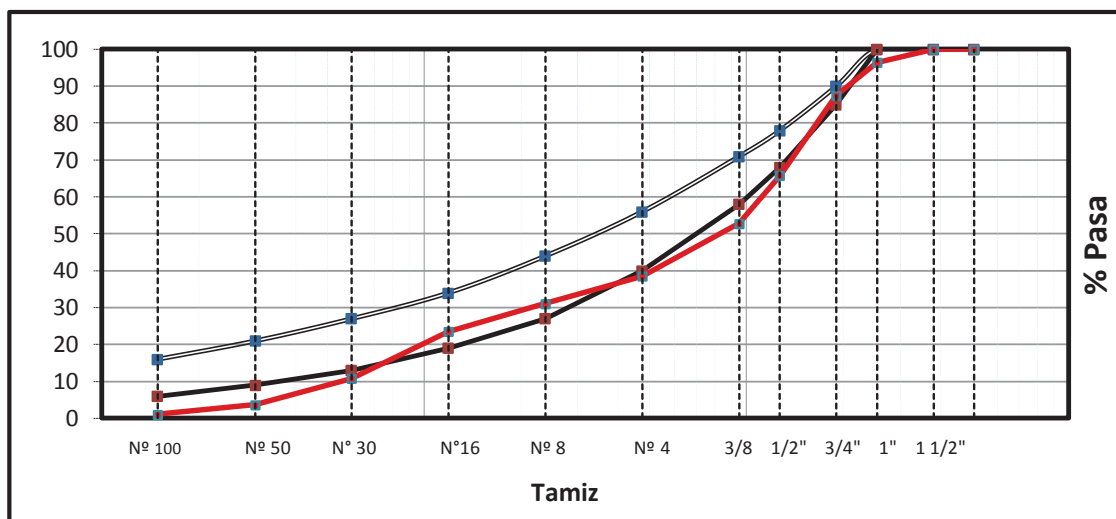
RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECÍFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53		Arena	2,521	gr/cm ³	2,379	gr/cm ³
Asentamiento cono Abrams (cm)	15		Cemento	3,15	gr/cm ³		
Agua	200	lbs.	% Pómez	59		% Arena	41
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento		Volumen aparente lts.	
CEMENTO	377	120		50,00		1 saco	
AGUA	200	200		27		27	
PÓMEZ	513	539		68		42	
ARENA	356	141		47		20	
	1446	1000					
	Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))	1,278					
Dosificación en volumen			VOLUMEN DEL CAJON				
Pómez	1,2	cajones	Largo	0,33 m			
Arena	0,6	cajones	Ancho	0,33 m			
			Profundidad	0,33 m			
			VOLUMEN	0,04 m ³			

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO				
Espesor del cilindro				
Diámetro	15			
Altura	30			
Volumen del cilindro		5301		
Mayorado con el 20%		6362	cm ³	
Cilindros	5	31809	cm ³	
Metro cubico	1		m ³	
Centímetros	1000000		cm ³	
Requerido	0,032		m ³	
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²				
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.	
CEMENTO	377	12,00	12.003	
AGUA	200	6,4	6.362	
GRAVA	513	16,31	16.310	
ARENA	356	11,3	11.334	
Total Áridos		39,6	39.647	
por cada litro de agua 1887 gr de cemento				

NOVENO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y ARENA PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	ARENA	PÓMEZ	ARENA			
2"	100,00	100,00	65	35	100	100	100
1 1/2 "	100	100	65	35	100	100	100
1	95	100	61	35	96	100	100
3/4"	81	100	52	35	87	85	90
1/2	47	100	31	35	66	68	78
3/8"	27	100	18	35	53	58	71
Nº4	6	99	4	35	39	40	56
Nº8	0	89	0	31	31	27	44
Nº16	0	67	0	24	24	19	34
Nº30	0	31	0	11	11	13	27
Nº50	0	11	0	4	4	9	21
Nº100	0	3	0	1	1	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 14 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor

RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²			PESOS ESPECIFICOS SSS			PESOS VOLUMETRICOS	
			Pómez	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm ³
Relación agua/cemento	0,53		Arena	2,521	gr/cm ³	2,379	gr/cm ³
Asentamiento cono Abrams (cm)	15		Cemento	3,15	gr/cm ³		
Agua	200	lts.	% Pómez	65		%	
			Arena			35	
MATERIAL	Kg / m³	Volumen lts.		sacos 50 Kg.cemento		Volumen aparente lts.	
CEMENTO	377	120		50,00		1 saco	
AGUA	200	200		27		27	
PÓMEZ	538	565		71		44	
ARENA	290	115		38		16	
	1405	1000					
	Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))	1,217					
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON			
Ripio	1,2	cajones		Largo	0,33 m		
				Ancho	0,33 m		
Arena	0,4	cajones		Profundidad	0,33 m		
				VOLUMEN	0,04 m ³		

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
Diámetro		15	
Altura		30	
Volumen del cilindro			5301
Mayorado con el 20%			6362 cm ³
Cilindros		5	31809 cm ³
Metro cúbico		1	m ³
Centímetros		1000000	cm ³
Requerido		0,032	m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 180 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
PÓMEZ	538	17,11	17.110
ARENA	290	9,2	9.213
Total Áridos		38,3	38.326
por cada litro de agua 1887 gr de cemento			

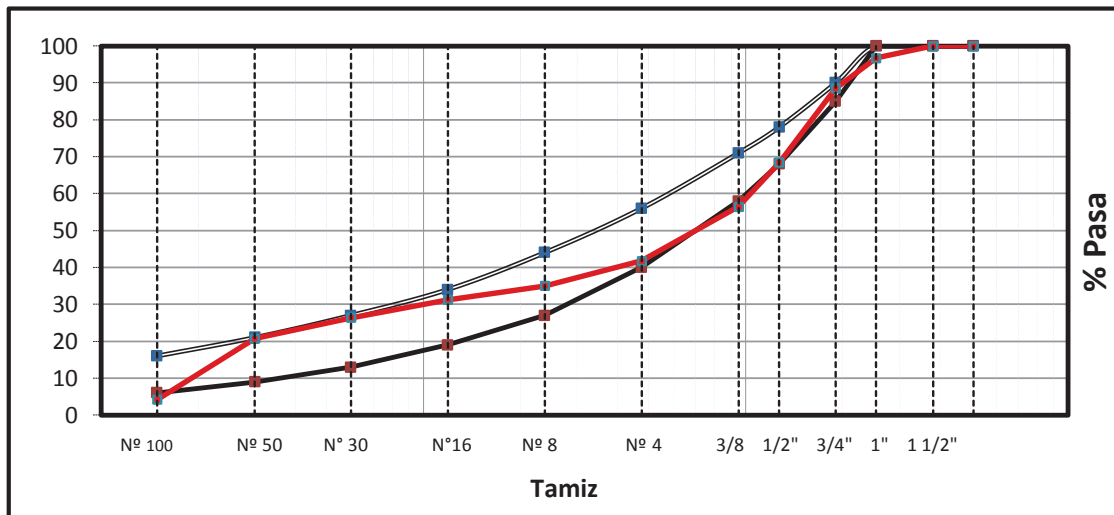
CORRECCION DE AGUA PARA EL USO DE ADITIVO

MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.		
CEMENTO	377	12,00	12.000	15% AGUA	
AGUA	200	6,4	6.400	960	5.440 AGUA
PÓMEZ	538	17,11	17.110		
ARENA	290	9,2	9.200		
Total Áridos		38,3	38.310	37.350 gr.	
ADITIVO		144			

DÉCIMO DISEÑO

MEZCLA DE PÓMEZ Y POLVO PARA OBTENER LA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA						PARA tamaño nominal 1 "	
TAMIZ	% Que pasa	% Que pasa	% DESEADO		% De la MEZCLA	Lim. Inf.	Lim. Sup.
N °	PÓMEZ	POLVO	PÓMEZ	POLVO			
2"	100,00	100,00	60	40	100	100	100
1 1/2 "	100	100	60	40	100	100	100
1	95	100	57	40	97	100	100
3/4"	81	100	48	40	88	85	90
1/2	47	100	28	40	68	68	78
3/8"	27	100	16	40	56	58	71
Nº4	6	96	3	38	42	40	56
Nº8	0	88	0	35	35	27	44
Nº16	0	78	0	31	31	19	34
Nº30	0	66	0	26	26	13	27
Nº50	0	52	0	21	21	9	21
Nº100	0	10	0	4	4	6	16
Nº200	0	0	0	0	0	-	-

Gráfica 15 Faja Granulométrica



Elaboración: Autor.

RESISTENCIA DE 175 Kg/cm ²				PESOS ESPECÍFICOS SSS		PESOS VOLUMETRICOS	
				POMEZ	0,951	gr/cm ³	1,624	gr/cm^{3}
Relación agua/cemento	0,53	POLVO	1,846	gr/cm ³	0,838	gr/cm ³	
Asentamiento cono Abrams (cm)	15	Cemento	3,15	gr/cm ³			
Agua	200	Its.	% Pómez	60	% Polvo	40	
MATERIAL	Kg / m³	Volumen Its.		sacos 50 Kg.cemento	Volumen aparente Its.		
CEMENTO	377	120		50,00	1 saco		
AGUA	200	200		27	27		
POMEZ	482	506		64	39		
POLVO	321	174		43	51		
	1380	1000					
	Ga= 100/((%G1/G1)+(%G2/G2))	1,180					
Dosificación en volumen				VOLUMEN DEL CAJON			
POMEZ	1,1	cajones		Largo	0,33 m		
				Ancho	0,33 m		
POLVO	1,4	cajones		Profundidad	0,33 m		
				VOLUMEN	0,04 m ³		

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO			
Espesor del cilindro			
diámetro		15	
Altura		30	
Volumen del cilindro		5301	
Mayorado con el 20%		6362	cm ³
Cilindros	5	31809	cm ³
Metro cúbico	1		m ³
Centímetros	1000000		cm ³
Requerido	0,032		m ³
PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm ²			
MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
POMEZ	482	15,32	15.323
POLVO	321	10,2	10.215
Total Áridos		37,5	37.541
POR CADA LITRO DE AGUA AUMENTAR 1887 GR DE CEMENTO SE AÑADE DOS LITROS			

Como se ha podido observar en cada uno de los diseños, primero se realizó la mezcla entre el agregado grueso y el agregado fino de tal manera que la curva graficada de los porcentajes pasantes en la granulometría se ajusten de la mejor manera dentro de la faja granulométrica de las especificaciones revisadas anteriormente, teniendo la relación agua-cemento que para nuestro diseño es de 0,53 pasamos a revisar la cantidad de agua que se adicionará en función al asentamiento que se desee, para obtener la cantidad de cemento a utilizar por metro cúbico en nuestros diseños, resulta de dividir la cantidad de agua a utilizar para la relación agua cemento y obtenemos el valor en kilogramos.

Ahora para realizar el cálculo de la cantidad de cada uno de los agregados para el diseño partimos de un metro cúbico para el cual se realiza el diseño, igualando el metro cúbico a litros tenemos que es igual a mil litros, por otra parte tenemos los pesos específicos en condiciones S.S.S. (Saturados Superficialmente Secos) así como los pesos volumétricos.

Tenemos el peso específico aparente G_a de la mezcla que será igual al porcentaje de agregado grueso utilizado dividido para su peso específico en condiciones S.S.S sumado al porcentaje de agregado fino utilizado dividido para su peso específico en condiciones S.S.S

Transformamos la cantidad de cemento Kg/m^3 al volumen a utilizarse, un metro cúbico igual a 1000 litros dividiendo dicha cantidad para el peso específico del cemento que en nuestro medio es un valor de $3,15 \text{ gr/cm}^3$.

Para obtener finalmente el peso a colocar de cada agregado lo calculamos de la siguiente manera: de los 1000 litros de volumen o un metro cúbico diseñado le restamos la cantidad del cemento menos la cantidad del agua multiplicando por el peso específico aparente de la mezcla G_a y multiplicando por el porcentaje ya sea de agregado grueso o fino que se desee conocer dividido para 100. Ahora para obtener cada cantidad en litros o centímetros cúbicos a cada valor obtenido le dividimos para su peso específico, para obtener las cantidades a colocar por saco de cemento que comúnmente se realiza las sacamos con una simple regla de tres.

En cada diseño podemos observar que cuenta a la final de los mismos con el cálculo de materiales a utilizar para la realización de los cilindros o testigos, que se hizo de la siguiente manera: obtuvimos el volumen del cilindro, a esta cantidad la mayoramos en un 20% que iba a ser la cantidad de desperdicio que se da en el momento de la elaboración y le multiplicamos por el número de muestras que fueron cinco; en realidad se tomaron cuatro muestras por cada diseño que se elaboró pero se le realizó para una más que se utilizó para: los ensayos de temperatura, asentamiento con el cono de Abrams y peso específico de la mezcla. Y nuevamente con una regla de tres en relación al diseño realizado por saco de cemento de obtuvo

las cantidades que iban a entrar para correr cada uno de los diseños proyectados para esta investigación.

Con cada uno de los diseños corridos se fue realizando los siguientes ensayos de la mezcla:

- Muestreo del concreto recién mezclado ACI C685/C685M.
- Densidad (peso unitario) del concreto recién mezclado ACI C138/C138M- 14.
- Temperatura del concreto recién mezclado ACI C1064/C1064M-12.
- Asentamiento del concreto recién mezclado ACI C143/C143M-12.

CAPÍTULO III RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE ENSAYOS.

Para esta investigación se partió de las granulometrías de todos los áridos, con lo cual se tuvo que cambiar por dos ocasiones la arena que se adquirió ya que no cumplía con los parámetros establecidos. A medida que la investigación siguió avanzando se vio la posibilidad de reemplazar el árido fino (arena) en un porcentaje e incluso en su totalidad por el polvo de piedra pómez, se hicieron los diferentes ensayos pero no cumplió con las especificaciones del granulométrico fino pero se observó que si tenía un peso específico menor al de la arena así que se realizó algunos diseños con este material.

En el diseño que fue tomado como modelo patrón se utilizó grava triturada de las bodegas de Milchichig del GAD Municipal de Cuenca, se colocó el 85 % del agua que estaba prevista para este diseño porque la mezcla ya estaba en el estado requerido.

En el primero, segundo, tercero y cuarto diseño se utilizó piedra pómez y arena y se añadió un litro y medio de agua porque la mezcla estaba muy pastosa.

El quinto y sexto diseño se utilizó piedra pómez y polvo de piedra pómez aumentando uno y dos litros de agua respectivamente.

En el séptimo diseño se utilizó piedra pómez, arena y polvo de piedra pómez.

En el octavo y decimo diseño se utiliza piedra pómez y polvo de piedra pómez así como piedra pómez y arena pero por cada litro de agua que se añade se realizó una corrección al cemento a utilizar; es decir por cada litro de agua que se aumentaba también se le añadía 1887 gramos de cemento.

En el noveno diseño se utilizó piedra pómez, arena y un aditivo reductor de agua MarterSet RI 719 aplicado de la siguiente manera: se restó el 15 % de la cantidad de agua que estaba calculada para este diseño y tomando el 1.2 % del peso del cemento fue la cantidad de aditivo que se colocó.

La densidad de la mezcla fresca fue la deseada en esta investigación, oscilando valores de 1200 a 1500 kilogramos sobre centímetro cúbico.

En cuanto a la temperatura se observó parámetros un poco más bajo de lo normal en hormigones estructurales realizados de grava y arena que es 24°C, esto posiblemente esté ocurriendo ya que se utilizó materiales volcánicos y estos alcanzaron temperaturas mayores a 10.000°C.

En el asentamiento fue imposible obtener un dato real, debido al gran porcentaje de absorción de la piedra pómez, en el momento de correr los diseños poner la piedra pómez en condiciones S.S.S. fue algo muy complicado; el asentamiento para el cual se hacían los diseños no cumplía en la mayoría de casos por falta de agua, y lo que también se observó es que como la piedra pómez es un agregado sumamente liviano en el momento de retirar el cono de Abrams era mínimo lo que bajaba. En algunos diseños que nos acercamos a un asentamiento de 15 cm para el cual fueron hechos esos diseños, en el momento de llenar los cilindros el árido grueso flotaba.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS.

De diseño que se corrió se obtuvieron los siguientes resultados de cada uno de los ensayos que fueron realizados y se los detalla a continuación:

DISEÑO PATRON

Cuadro 1 Resultados.

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
08/01/2016	15	9	23	2335	2280

Elaboración: Autor

Cuadro 2 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	CARGA DE ROTURA		
										R7	R14	R28
0	7	12752	15,3	184	30,3	5575,2	2,287	15/01/2016	21029	114		
0	14	12804	15,4	186	30,4	5654,4	2,264	29/01/2016	24932		134	
0	28	12705	15,4	186	30	5580	2,277	12/02/2016	33698			181
0	28	12798	15,3	184	30,5	5612	2,280	12/02/2016	33977			185
										PROMEDIO = 183		

Elaboración: Autor

PRIMER DISEÑO

Cuadro 3 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
21/01/2016	12,5	0,5	16	1401	1453

Elaboración: Autor

Cuadro 4 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R		
										R7	R14	R28
1	7	7313	14,8	172	30,1	5177	1,413	28/01/2016	9330	54		
1	14	7693	14,8	172	30,1	5177	1,486	11/02/2016	12354		72	
1	28	8098	15,1	179	30,5	5460	1,483	25/02/2016	13975			78
1	28	8121	15,1	179	30,5	5460	1,487	25/02/2016	13506			75
										PROMEDIO = 77		

Elaboración: Autor

SEGUNDO DISEÑO

Cuadro 5 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
21/01/2016	15	10	17	1446	1487

Elaboración: Autor

Cuadro 6 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R7	R14	R28
2	7	7991	15,3	184	30,5	5612	1,424	28/01/2016	11650	63		
2	14	7557	14,8	172	30	5160	1,465	11/02/2016	12255		71	
2	28	8112	14,9	174	30,5	5307	1,529	25/02/2016	14480			83
2	28	8224	15,1	179	30,5	5460	1,506	25/02/2016	15196			85
PROMEDIO =												84

Elaboración: Autor

TERCER DISEÑO

Cuadro 7 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
22/01/2016	15	10	16	1473	1441

Elaboración: Autor

Cuadro 8 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R7	R14	R28
3	7	8410	15,2	181	30,5	5521	1,523	29/01/2016	6754	37		
3	14	7431	15,2	181	30,5	5521	1,346	12/02/2016	13715		76	
3	28	8259	15,1	179	30,5	5460	1,513	26/02/2016	15747			88
3	28	8296	15	177	30,5	5399	1,537	26/02/2016	13874			78
PROMEDIO =										83		

Elaboración: Autor

CUARTO DISEÑO

Cuadro 9 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
22/01/2016	12,5	0,5	15	1422	1472

Elaboración: Autor

Cuadro 10 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R7	R14	R28
4	7	7283	15,2	181	30,5	5521	1,319	29/01/2016	13118	72		
4	14	8237	15,1	179	30,5	5460	1,509	12/02/2016	8220		46	
4	28	7135	15,2	181	30,5	5521	1,292	26/02/2016	7060			39
4	28	7338	15,2	181	30,1	5448	1,347	26/02/2016	6622			37
PROMEDIO =										38		

Elaboración: Autor

QUINTO DISEÑO

Cuadro 11 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
27/01/2016	15	1,5	16	1371	1399

Elaboración: Autor

Cuadro 12 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R		
										R7	R14	R28
5	7	7192	15,2	181	30,1	5448	1,320	03/02/2016	11438	63		
5	14	7502	15,1	179	30,5	5460	1,374	17/02/2016	12957		72	
5	28	7732	15,1	179	30	5370	1,440	02/03/2016	14451			81
5	28	7689	15,1	179	30	5370	1,432	02/03/2016	14410			81
											PROMEDIO =	81

Elaboración: Autor

SEXTO DISEÑO

Cuadro 13 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
27/01/2016	15	10	16	1380	1405

Elaboración: Autor

Cuadro 14 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	ROTURA		
										R7	R14	R28
6	7	7633	15	177	30	5310	1,437	03/02/2016	11499	65		
6	14	7885	15,2	181	30,5	5521	1,428	17/02/2016	13380		74	
6	28	8008	15,1	179	30,5	5460	1,467	02/03/2016	16310			91
6	28	7708	15	177	30	5310	1,452	02/03/2016	16151			91
										PROMEDIO = 91		

Elaboración: Autor

SÉPTIMO DISEÑO

Cuadro 15 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
27/01/2016	15	11	16	1384	1410

Elaboración: Autor

Cuadro 16 Resultados

Nº	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R7	R14	R28
7	7	7911	15,2	181	30,5	5521	1,433	03/02/2016	13052	72		
7	14	8052	15,2	181	30,5	5521	1,459	17/02/2016	15669		87	
7	28	8281	15,1	179	30,1	5388	1,537	02/03/2016	16849			94
7	28	8115	14,9	174	30,1	5237	1,549	02/03/2016	16169			93
											PROMEDIO =	94

Elaboración: Autor

OCTAVO DISEÑO

Cuadro 17 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
05/02/2016	15	10	15	1446	1468

Elaboración: Autor

Cuadro 18 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R		
										R7	R14	R28
8	7	8030	15,2	181	30,5	5521	1,455	12/02/2016	12352	68		
8	14	8162	15,2	181	30,1	5448	1,498	26/02/2016	14304		79	
8	28	8183	15,1	179	30,6	5477	1,494	11/03/2016	16187			90
8	28	8282	15,1	179	30,6	5477	1,512	11/03/2016	16662			93
PROMEDIO =										92		

Elaboración: Autor

NOVENO DISEÑO

Cuadro 19 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
05/02/2016	15	12	18	1405	1457

Elaboración: Autor

Cuadro 20 Resultados

Nº	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R7	R14	R28
9	7	8326	15,2	181	30,5	5520,5	1,508	12/02/2016	16692	92		
9	14	8469	15,2	181	30,1	5448,1	1,554	26/02/2016	19485		108	
9	28	8443	15,2	181	30,5	5520,5	1,529	11/03/2016	17260			95
9	28	8483	15,2	181	30,4	5502,4	1,542	11/03/2016	17636			97
PROMEDIO =										96		

Elaboración: Autor

DÉCIMO DISEÑO

Cuadro 21 Resultados

FECHA DE CONFECCIÓN	ASENTAMIENTO DE DISEÑO	ASENTAMIENTO REAL	TEMPERATURA DE LA MEZCLA	PESO ESPECÍFICO DE DISEÑO	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA
05/02/2016	15	9	14	1380	1413

Elaboración: Autor

Cuadro 22 Resultados

N°	DIAS DE PRUEBA	PESO PROBETA	DIAMETRO	AREA	ALTO	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	FECHA ROTURA	CARGA DE ROTURA	R		
										R7	R14	R28
10	7	8410	15,2	181	30,5	5520,5	1,523	12/02/2016	15926	88		
10	14	8523	15,2	181	30,1	5448,1	1,564	26/02/2016	19442		107	
10	28	8593	15,1	179	30,6	5477,4	1,569	11/03/2016	23089			129
10	28	8568	15,1	179	30,1	5387,9	1,590	11/03/2016	23505			131
PROMEDIO =										130		

Elaboración: Autor

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Luego de realizar los ensayos en cada diseño proyectado, y habiendo revisando los resultados obtenidos por cada uno de ellos llegamos a las siguientes conclusiones:

- El ensayo de asentamiento no nos provee un valor real ya que el agregado grueso, y toda la mezcla de hormigón en sí es muy liviana y al tener una densidad tan baja los resultados de asentamiento que nos proyectaban era muy bajos en comparación a lo diseñado tomando en cuenta que la mezcla estaba aguada.
- Por otra parte, si aumentábamos la fluidez de la mezcla para aumentar el asentamiento, en el momento de hacer los cilindros a los cinco minutos después podíamos observar que todo el agregado grueso rebalsaba.
- Y lo más importante, tener muchísimo cuidado con las condiciones S.S.S. del agregado grueso (piedra pómez) ya que si hubiera estado con menos humedad este agregado en el momento de realizar los diseños, hubiera entrado mayor cantidad de agua y por lo tanto mayor cantidad de cemento y de esa manera hubiéramos tenido una pasta más dura y su resistencia a la compresión hubiera sido mayor, dándonos de esta manera los valores esperados posiblemente.

5.2 RECOMENDACIONES.

- El agua debe cumplir las características indicadas para fabricar hormigón hidráulico. Se recomienda directamente el uso de agua potable.
- Realizar más de dos ensayos de granulometrías, pesos específicos y volumétricos para la corroboración de resultados.
- Se deberá trabajar con los áridos en condiciones S.S.S. (Saturados Superficialmente Secos) para evitar la pérdida de humedad en el hormigón que pueden generar trizaduras o agrietamientos futuros en la fase de fraguado y curado.
- Los áridos a utilizarse deben estar completamente libres de impurezas así como de arcillas, para garantizar la adherencia de la pasta de cemento con los mismos y así garantizar su resistencia y durabilidad.

- La composición granulométrica de los áridos son importantes, si el tamaños de los áridos, tanto finos como gruesos es el adecuado, resulta un hormigón denso, y la docilidad necesaria puede obtenerse con el mínimo de agua y será menor la cantidad de cemento a utilizar. Por ello, una graduación acertada de los áridos conduce a la obtención del hormigón más económico para la resistencia requerida. Además, con unos áridos bien dosificados y la correcta utilización de agua el hormigón resulta de una buena calidad y el peligro de grietas debidas a las contracciones se reduce garantizándonos el producto final.


BIBLIOGRAFÍA.

- [1] ACI 213R, American Concret Institute, (2003). GUIDE FOR STRUCTURAL LIGHT WEIGHT AGGREGATE CONCRETE. Farmington Hills, MI. Disponible en: <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/36p.pdf>
- [2] ACI 213R, American Concret Institute, (2006). GUIDE FOR STRUCTURAL LIGHT WEIGHT AGGREGATE CONCRETE. Farmington Hills, MI.
- [3] Sánchez, D. TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 4ta Edición 2000 Santafé de Bogotá Colombia
- [4] NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 872, Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2011) Quito Ecuador.
- [5] NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI – 12 – MTOP, VOLUMEN No 3, (2013) Quito Ecuador.
- [6] Martínez, A., (Noviembre de 2014). ELAVORACION DE HORMIGONES LIVIANOS CON PIEDRA POMEZ (CHASQUI NEGRA) Y SU INFLUENIA EN LA REDUCCIÓN DE FUERZZAS SISMICAS. Latacunga: 2014. 10 h. Disponible en: <https://www.slideshare.net/brujitacalderon1/andrs-martnez-hlcon-derechos-de-autor?ref=http://ia.espe.edu.ec/elaboracion-de-hormigon-estructural-liviano-con-piedra-pomez-e-influencia-en-la-reduccion-de-las-fuerzas-sismicas/>
- [7] CEAC, TECNICA Y PRACTICA del Hormigón Armado. 12va Edición 1978 Barcelona España.
- [8] Nilson, A. Diseño de Estructuras de Concreto. Duodécima Edición 1999 Bogotá Colombia.
- [9] Inecyc, INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO (2015). CURSO: “TECNICO EN ENSAYOS DE CAMPO DEL CONCRETO – GRADO I”. (2015) Quito Ecuador.

ANEXOS.

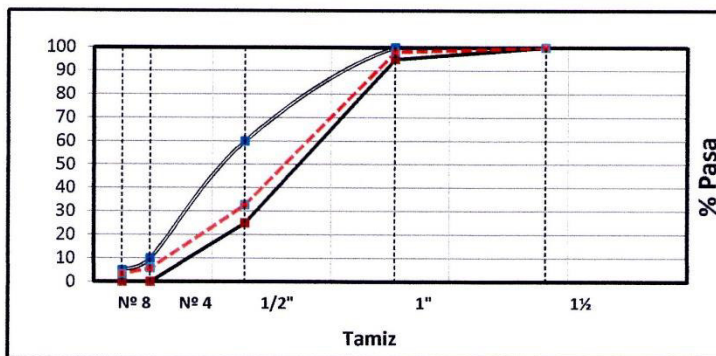
ANEXO A. Ensayos de los Materiales.


GAD MUNICIPAL DE CUENCA

	LABORATORIO DE MATERIALES	
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Granulometria
MATERIAL:	Grava Triturada	
FECHA	5 de enero de 2016	

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lim Sup..
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	196,00	196,00	1,96	98,04	95	100
3/4"	2105,00	2301,00	23,01	76,99		
1/2"	4426,00	6727,00	67,27	32,73	25	60
3/8"	1283,00	8010,00	80,10	19,90		
4	1412,00	9422,00	94,22	5,78	0	10
PASA # 4	564,00					
8	239,00	9661,00	96,61	3,39	0	5
16	87,00	9748,00	97,48	2,52	-	-
30	68,00	9816,00	98,16	1,84	-	-
50	45,00	9861,00	98,61	1,39	-	-
100	49,00	9910,00	99,10	0,90	-	-
200	40,00	9950,00	99,50	0,50	-	-
PASA #200	37,00	9987,00				
TOTAL	565,00					

Peso tomado para el ensayo (gr)	10000
Peso tomado para el lavado (gr)	0
Peso después del lavado (gr)	0





 SR. JUAN NEIRA CARRERA
 TESISTA


 ING. MARCELO TORRES N.
 FUNCIONARIO MUNICIPAL




GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE MATERIALES		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Peso Específico
	MATERIAL:	Grava Triturada
FECHA	5 de enero 2016	
PESOS ESPECIFICOS		
GRAVA TRITURADO		
Peso del material superficie satura seca	A= 2000,00 gr.	
Peso del picnometro + agua + material	B= 8596,00 gr.	
Peso del picnometro + agua	C= 7376,00 gr.	
Peso del material seco	D= 1959,00 gr.	
Peso especifico seco = $D / (A - (B - C))$	2,512 gr/cm ³	
Peso especifico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	2,564 gr/cm ³	
Peso especifico aparente = $D / (D - (B - C))$	2,651 gr/cm ³	
PESOS VOLUMETRICOS		

Peso del material suelto:	
Prueba # 1	7207 gr
Prueba # 2	7109 gr
Prueba # 3	7139 gr
Prueba # 4	7112 gr
Prueba # 5	7124 gr
Promedio =	7138 gr.

Peso volumétrico suelto	1,306 gr/cm ³
Volumen =	5467 cm ³
% de Hum.	2,09
Peso molde =	6522 gr
% Absorción de agua =	2,09


 SR. JUAN NEIRA CARRERA
 TESISISTA




 ING. MARCELO TORRES N.
 FUNCIONARIO MUNICIPAL

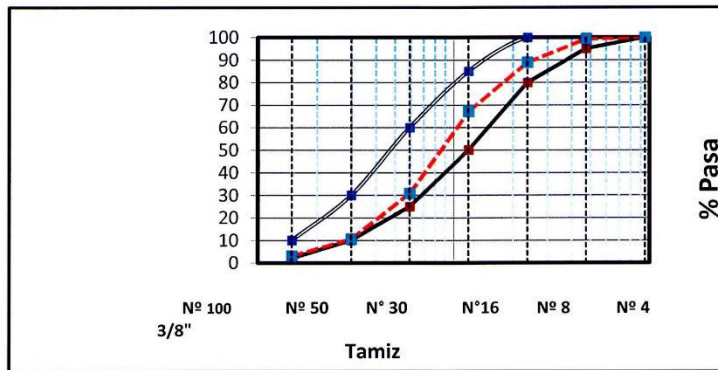
GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Granulometria
	MATERIAL:	Arena natural de Río (Santa Isabel)
FECHA:	6 de enero de 2016	

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lím Sup.
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100	100
4	7,2	7,20	0,72	99,28	95	100
PASA # 4			0,00		-	-
8	103,4	103,40	10,34	88,94	80	100
16	217,5	320,90	32,09	67,19	50	85
30	362,5	683,40	68,34	30,94	25	60
50	204,1	887,50	88,75	10,53	10	30
100	74,9	962,40	96,24	3,04	2	10
200	30,7	993,10	99,31	0,00	-	-
PASA #200	0	993,10	99,31	0,00		
TOTAL	1000,30					

Peso tomado para el ensayo (gr)	1000
Peso tomado para el lavado (gr)	500
Peso después del lavado (gr)	484,3

MODULO DE FINURA:	2,96
Especificación	2,3 < M.F. < 3,25




SR. JUAN NEIRA CARRERA
TESISTA



ING. MARCELO TORRES N.
FUNCIONARIO MUNICIPAL

GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Peso Especifico
	MATERIAL:	Arena natural de Río (Santa Isabel)
FECHA:	8 de enero de 2016	

PESOS ESPECIFICOS

ARENA NATURAL

Peso del material superficie satura seca	A=	500,00 gr.
Peso del picnometro + agua + material	B=	1776,30 gr.
Peso del picnometro + agua	C=	1474,60 gr.
Peso del material seco	D=	484,80 gr.

Peso especifico seco = $D / (A - (B - C))$	2,445	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso especifico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	2,521	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso especifico aparente = $D / (D - (B - C))$	2,648	gr/cm ³
--	-------	--------------------

PESOS VOLUMETRICOS

Peso del material suelto:	
Prueba # 1	6632 gr
Prueba # 2	6649 gr
Prueba # 3	6647 gr
Prueba # 4	6682 gr
Prueba # 5	6685 gr
Promedio =	6659 gr.


Peso volumétrico suelto =	2,379	gr/cm ³
Volumen =	2799	cm ³
Peso molde =	2588	gr
% Absorción de agua =	3,14	

SR. JUAN NEIRA CARRERA
TESISTA



ING. MARCELO TORRES N.
FUNCIONARIO MUNICIPAL

GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE MATERIALES		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Equivalente de Arena
	MATERIAL:	Arena natural de Río (Santa Isabel)
FECHA	6 de enero de 2016	


ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419 AASHTO T176-00		
PESO W% DE LA MUESTRA:	2000	gr
PESO SECO DE CADA MUESTRA:	110	gr
NÚMERO DE MUESTRAS:	2	
CANTIDAD DE SOLUCIÓN:	22,5 cc en un litro de agua	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2
LECTURA DE FINOS:	4,5	4,4
LECTURA DE ARENA:	3,6	3,7
PORCENTAJE DE EQUIVALENTE DE /	80,0	84,1
PROMEDIO:	82,0	
ES APTO PARA UTILIZARSE EN UN HORMIGON HIDRAULICO CUANDO SU PROMEDIO ES IGUAL O MAYOR A 75 %		


SR. JUAN MEIRA CARRERA
TESISTA


ING. MARCELO TORRES N.
FUNCIONARIO MUNICIPAL

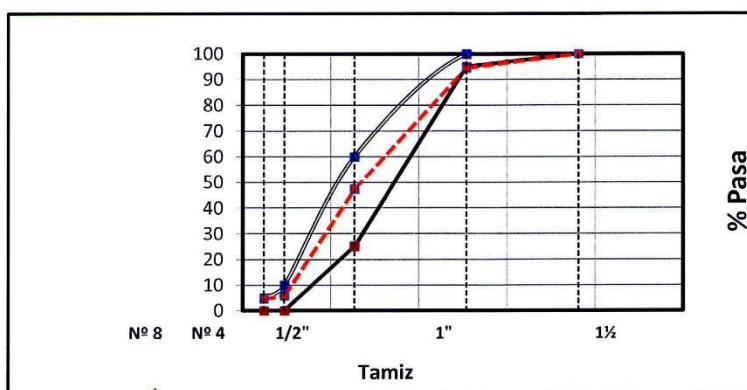



GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Granulometria
	MATERIAL:	Piedra Pómez
FECHA:	6 de enero de 2016	

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lím Sup..
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	371,00	371,00	5,47	94,53	95	100
3/4"	933,00	1304,00	19,24	81		
1/2"	2264,00	3568,00	52,64	47,36	25	60
3/8"	1356,00	4924,00	72,65	27,35		
4	1462,00	6386,00	94,22	5,78	0	10
PASA # 4	576,00					
8	81,10	6467,10	95,42	4,58	0	5
16	20,80	6487,90	95,72	4,28	-	-
30	16,00	6503,90	95,96	4,04	-	-
50	19,10	6523,00	96,24	3,76	-	-
100	34,60	6557,60	96,75	3,25	-	-
200	50,30	6607,90	97,49	2,51	-	-
PASA #200	13,50	6621,40				
TOTAL	235,40					

Peso tomado para el ensayo (gr)	6777,72
Peso tomado para el lavado (gr)	494
Peso después del lavado (gr)	236,2





 SR. JUAN NEIRA CARRERA
 TESISISTA


 ING. MARCELO TORRES N.
 FUNCIONARIO MUNICIPAL



GAD MUNICIPAL DE CUENCA

	LABORATORIO DE SUELOS	
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Peso Específico
MATERIAL:	Piedra Pómez	
FECHA:	8 de enero de 2016	

PESOS ESPECÍFICOS

PIEDRA POMEZ

Peso del material superficie satura seca	A=	1000,00 gr.
Peso del picnometro + agua + material	B=	7325,00 gr.
Peso del picnometro + agua	C=	7376,00 gr.
Peso del material seco	D=	730,20 gr.

Peso específico seco = $D / (A - (B - C))$	0,695	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	0,951	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico aparente = $D / (D - (B - C))$	0,935	gr/cm ³
--	-------	--------------------

PESOS VOLUMETRICOS

Peso del material suelto:	
Prueba # 1	8948 gr
Prueba # 2	8887 gr
Prueba # 3	8828 gr
Prueba # 4	8784 gr
Prueba # 5	8943 gr
Promedio =	8878 gr.

Peso volumétrico suelto	1,624	gr/cm ³
-------------------------	-------	--------------------


Volumen =	5467	cm ³
Peso molde =	6522	gr
% Absorción de agua =	36,95	

SR. JUAN NEIRA GARRERA
TESISTA



ING. MARCELO TORRES N.
FUNCIONARIO MUNICIPAL

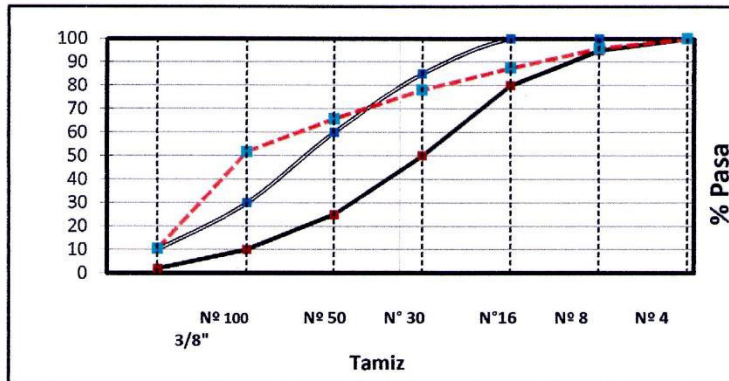
GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Granulometria
	MATERIAL:	Polvo de Piedra Pómez
FECHA:	20 de enero de 2016	

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	Lim. Inf.	Lim Sup..
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	-
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100	100
4	21	21,00	4,20	95,80	95	100
PASA # 4	0		0,00		-	-
8	41,4	41,40	8,28	87,52	80	100
16	47,3	88,70	17,74	78,06	50	85
30	61,5	150,20	30,04	65,76	25	60
50	70,1	220,30	44,06	51,74	10	30
100	206,7	427,00	85,40	10,40	2	10
200	35,2	462,20	92,44	0,00	-	-
PASA #200	8,5	470,70	94,14	0,00		
TOTAL	491,70					

Peso tomado para el ensayo (gr)	500
Peso tomado para el lavado (gr)	500
Peso después del lavado (gr)	500

MODULO DE FINURA:	1,90
Especificación	2,3 < M.F. < 3,25





 SR. JUAN NEIRA CARRERA
 TESISISTA




 ING. MARCELO TORRES N.
 FUNCIONARIO MUNICIPAL

GAD MUNICIPAL DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS		
	OBRA:	
	DIRECCIÓN:	
	CONSTRUCOR:	
	FISCALIZADOR:	
	ENSAYO:	Peso específico
	MATERIAL:	Polvo de Piedra Pómez
FECHA:	20 de enero de 2016	

PESOS ESPECÍFICOS

POLVO DE PIEDRA PÓMEZ

Peso del material superficie satura seca	A=	500,00 gr.
Peso del picnometro + agua + material	B=	1702,50 gr.
Peso del picnometro + agua	C=	1473,30 gr.
Peso del material seco	D=	497,30 gr.

Peso específico seco = $D / (A - (B - C))$	1,836	gr/cm ³
--	-------	--------------------

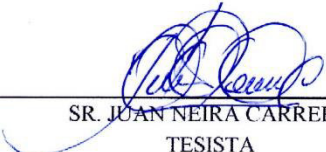
Peso específico S.S.S. = $A / (A - (B - C))$	1,846	gr/cm ³
--	-------	--------------------

Peso específico aparente = $D / (D - (B - C))$	1,855	gr/cm ³
--	-------	--------------------

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso del material suelto:	
Prueba # 1	2283 gr
Prueba # 2	2283 gr
Prueba # 3	2273 gr
Prueba # 4	2263 gr
Prueba # 5	2273 gr
Promedio =	2275 gr.

Peso volumétrico suelto =	0,838	gr/cm ³
Volumen =	2715	cm ³
Peso molde =	2523	gr
% Absorción de agua =	0,54	


 SR. JUAN NEIRA CARRERA
 TESISISTA



 ING. MARCELO TORRES N.
 FUNCIONARIO MUNICIPAL

ANEXO B. Bitácoras.

GAD MUNICIPAL DE CUENCA

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO

corregido por pesos absorcion humedades
asentamiento 125 65/35

Espesor del cilindro	
Diametro	15
Altura	30
Volumen del cilindro	5301
Mayorado con el 20%	6362 cm ³
Cilindros	5 31809 cm ³
Metro cubico	1 m ³
Centimetros	1000000 cm ³
Requerido	0,032 m ³

PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISENO PARA 175 Kg/Cm²

MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	370	11,76	11.763
AGUA	196	6,2	6.235
GRAVA	543	17,27	17.271
ARENA	292	9,3	9.300
Total aridos sin el agua		38,3	38.334

	abs	%w		
pomez	36,95	51	14,05	
arena	3,14	4,86	1,72	
agua	6.235			
pomez	2426,756073	19.698 gr	3249	
arena	160,3898831	9.460 gr	- 1506	
agua	3.647	3.647 gr		

+ 1 litro

acentuando 0,5

4-4-4-4

5

27-Ene-2016

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO

asentamiento 150
relacion 65/35

POLVO Y POMEZ

Espesor del cilindro	
Diametro	15
Altura	30
Volumen del cilindro	5301
Mayorado con el 20%	6362 cm ³
Cilindros	5
	31809 cm ³
Metro cubico	1 m ³
Centimetros	1000000 cm ³
Requerido	0,032 m ³

PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 175 Kg/Cm²

MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
POMEZ	507	16,11	16.115
POLVO	273	8,7	8.677
Total aridos sin el agua		36,8	36.795

÷ 1000

acentuado 1.5.

GAD MUNICIPAL DE CUENCA

PARA CALCULAR LOS ARIDOS Y EL CEMENTO PARA ELABORAR LOS CILINDROS CON EL DISEÑO

asentamiento 150

Espesor del cilindro	
Diametro	15
Altura	30
Volumen del cilindro	5301
Mayorado con el 20%	6362 cm ³
Cilindros	5 31809 cm ³
Metro cubico	1 m ³
Centimetros	1000000 cm ³
Requerido	0,032 m ³

PESO REQUERIDO DE CADA MATERIAL DE ACUERDO AL DISEÑO PARA 180 Kg/Cm²

MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	377	12,00	12.003
AGUA	200	6,4	6.362
GRAVA	538	17,11	17.110
ARENA	290	9,2	9.213
Total aridos sin el agua		38,3	38.326

por cada litro de agua 1887 gr de cemento

9-9-9-9

MATERIAL	Kg/m ³ Diseño	Peso en Kg C/muestra	Peso en gr.
CEMENTO	0	12,00	12.000
AGUA	0	6,4	6.400
GRAVA	0	17,11	17.110
ARENA	0	9,2	9.200
Total aridos sin el agua		38,3	38.310

960

5.440 AGUA

ADITIVO

FECHA DE CONFECCION	#	CONTINENTE	PESO DE PROBATAS	DIAMETRO	ALTA	VOLUMEN L	PESO ESPECIFICO	FECHA DE ROTURA	CARGA DE ROTURA	R7	R14	R28
21-1-16	1	5	7313	14.8	172	30.1 5172	1.412	28-1-16	9330	54	74	78
	1	6	7693	14.8	172	30.1 5010	1.535	4-2-16	12354			75
	1	0	8098	15.1	179	30.5 5460	1.483	18-2-16	13925			
	1	0	8121	15.1	179	30.5 5460	1.487	18-2-16	13506			
21-1-16	2	5	7991	15.3	184	30.5 5612	1.424	28-1-16	11650	63	71	83
	2	5	7557	14.8	172	30 5160	1.464	4-2-16	12055			85
	2	5	8172	14.9	174	30.5 5307	1.529	18-2-16	14480			
	2	0	8224	15.1	179	30.5 5460	1.506	18-2-16	15196			
22-1-16	3	5	8410	15.2	181	30.5 5521	1.523	29-1-16	6774	37	76	88
	3	5	7431	15.2	181	30.5 5521	1.346	5-2-16	13245			78
	3	0	8259	15.1	179	30.5 5460	1.513	19-2-16	15247			
	3	0	8296	15.1	179	30.5 5399	1.537	19-2-16	138741			
22-1-16	4	5	7283	15.2	181	30.5 5521	1.319	29-1-16	18118	72	46	39
	4	0	8237	15.1	179	30.5 5460	1.509	5-2-16	2220			37
	4	0	7135	15.2	181	30.5 5521	1.292	19-2-16	7.060			
	4	0	7338	15.2	181	30.1 5448	1.347	19-2-16	6.622			
27-1-16	5	5	7192	15.2	181	30.1 5448	1.320	3-2-16	17113	63	72	81
	5	5	7501	15.1	179	30.5 5460	1.374	10-2-16	12957			81
	5	5	7732	15.1	179	30 5370	1.440	24-2-16	14451			81
	5	5	7689	15.1	179	30 5370	1.432	24-2-16	14410			
27-1-16	6	5	7633	15.0	177	30 5310	1.437	3-2-16	11419	65	74	91
	6	0	7885	15.2	181	30.5 5511	1.428	10-2-16	13380			91
	6	0	8008	15.1	179	30.5 5460	1.467	24-2-16	14151			
	6	0	7708	15	177	30 5310	1.452	24-2-16	16320			

FECHA confiteo	#	Acendamiento	Peso producto	Diámetro	Area	Volume	Peso Especific	Fechas Robora	Cajas Robora	R7	R14	R28
27-1-16	7	11	7911	15.2	181	30.5 5521	1.432	3-2-16	13052	72	87	94
	7	11	8052	15.2	181	30.1 5511	1.457	10-2-16	15669			93
	7	11	8281	15.3	179	30.1 5388	1.537	24-2-16	16169			
	7	11	8115	14.9	174	30.1 5257	1.549	24-2-16	18849			
5-2-16	8	10	8030	15.2	181	30.5 55205	1.435	18-2-16	12352	68	29	
	8	10	8162	15.2	181	30.1 5481	1.498	19-2-16	14304			
	8	10	8183	15.3	179	30.6 5477	1.494	4-3-16	16187			90
	8	10	8282	15.3	179	30.6 5477	1.512	4-3-16	18662			93
5-2-16	9	12	8326	15.2	181	30.5 55205	1.508	12-2-16	16692	72	108	
	9	12	8469	15.2	181	30.1 5481	1.554	19-2-16	19485			
	9	12	8443	15.2	181	30.5 5521	1.527	4-3-16	17260			95
	9	12	8483	15.2	181	30.4 5508	1.542	4-3-16	17636			97
5-2-16	10	15	8410	15.2	181	30.5 55205	1.523	12-2-16	15926	88	107	
	10	15	8523	15.2	181	30.1 5481	1.564	19-2-16	19442			
	10	15	8593	15.3	179	30.6 5477	1.569	4-3-16	23087			127
	10	15	8568	15.4	179	30.7 5382	1.590	4-3-16	23805			132

ANEXO C. Fotografías.



Figura 1: Preparación de la grava para los ensayos



Figura 2: Secado de la arena para los ensayos



Figura 3. Lavado y secado de la piedra pómez.



Figura 4. Lavado de los agregados.



Figura 5. Preparación de la arena para los ensayos.



Figura 6. Ensayo de granulometría gruesa.



Figura 7. Ensayo de granulometría fina.



Figura 8. Granulometría del polvo de piedra pómez.



Figura 9. Ensayo de peso específico.



Figura 10. Ensayo de peso volumétrico.



Figura 11. Ensayo de equivalente de arena.



Figura 12. Materiales pesados para correr los diseños.



Figura 13. Corriendo los diseños.



Figura 14. Recolección de la mezcla.



Figura 15. Ensayo de temperatura de la mezcla.



Figura 16. Ensayo de peso específico de la mezcla.



Figura 17. Ensayo de asentamiento.



Figura 18. Elaboración de probetas.



Figura 19. Probetas fraguando antes de desencofrar.



Figura 20. Desencofrado de las probetas.

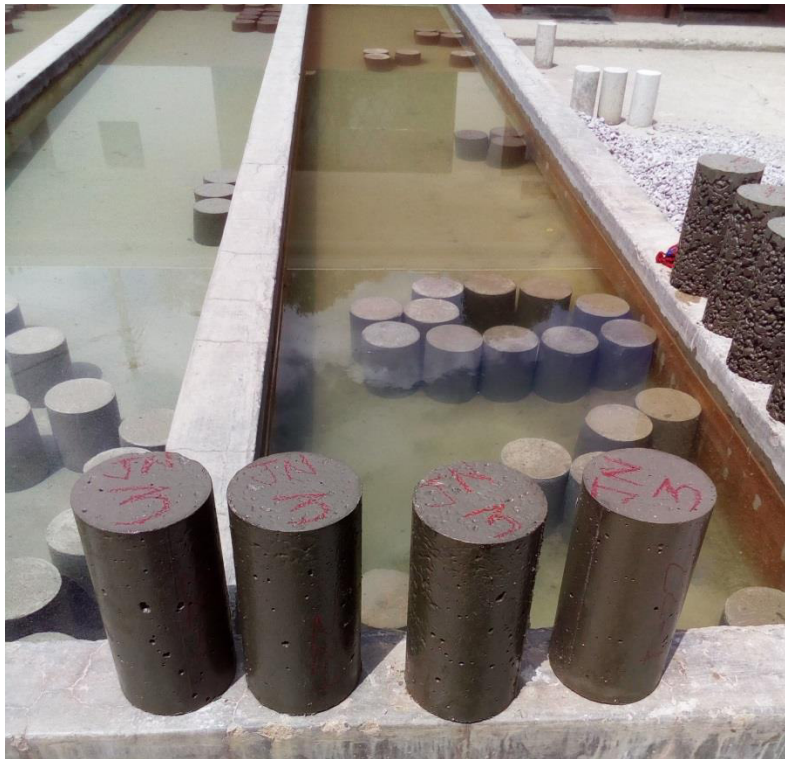


Figura 21. Probetas desencofradas antes de sumergirles en agua.



Figura 22. Curado de las probetas.



Figura 23. Secado de probetas antes de realizar los pesos, mediciones y ensayo de carga.



Figura 24. Secado de probetas antes de realizar los pesos, mediciones y ensayo de carga.



Figura 25. Midiendo la probeta para determinar el área y volumen.



Figura 26. Pesando la probeta para determinar su densidad.



Figura 27. Realizando los ensayos de carga.



Figura 28. Realizando los ensayos de carga.



Figura 29. Probeta en la prensa hidráulica en el momento del ensayo de carga.



Figura 30. Probeta después de realizar el ensayo de carga.