

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**“DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA  
PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA  
CIUDAD DE TACNA”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. Jesús Fredy Laura Tarqui

Bach. Milton Arturo Quispe Riquelme

TACNA - PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA****FACULTAD DE INGENIERIA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL****TESIS:****“DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA  
PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA  
CIUDAD DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 06 de noviembre del 2019; estando el

**Jurado Calificador Integrado por:**

**PRESIDENTE**

:

  
\_\_\_\_\_

**MAG. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**

**SECRETARIO**

:

  
\_\_\_\_\_

**ING. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERON JUAREZ**

**VOCAL**

:

  
\_\_\_\_\_

**ING. CESAR ARMANDO URTEAGA ORTIZ**

**ASESOR**

:

  
\_\_\_\_\_

**ING. JULIO GONZALES CHURA**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros LAURA TARQUI, Jesús Fredy y QUISPE RIQUELME, Milton Arturo; en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificadas con DNI 42027853 y 45353602 con carácter de declaración jurada, DECLARAMOS:

1. Somos los autores de la tesis titulada "Diseño y Aplicación de concreto permeable para Pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna", la misma que presentamos para optar el Título de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; los autores asumimos las consecuencias y sanciones que correspondan, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 06 de Noviembre del 2019.



Laura Tarqui, Jesús Fredy  
DNI: 42027853



Quispe Riquelme, Milton Arturo  
DNI: 45353602

## DEDICATORIA

*A mi Padre JUAN QUISPE MENDOZA, a mi Madre PELAGIA RIQUELME BRAVO, mis Hermanos JHONY FELIPE QUISPE RIQUELME, ISMAEL EDWIN QUISPE RIQUELME Y EDWIN MARCIAL CHAMBI RIQUELME, que estuvieron ahí apoyándome, brindándome su confianza y aliento durante todo este tiempo.*

***Milton Arturo Quispe Riquelme***

*A mi madre ANDIA TARQUI CHAVEZ por todo el gran esfuerzo que hizo para que yo culmine mis estudios pre-profesionales, su amor incondicional y presencia fue indispensable para mí y a mi novia KATTY YANCE ABANTO por estar siempre a mi lado.*

***Jesús Fredy Laura Tarqui***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos a Dios Todopoderoso, por permitir que terminemos nuestros estudios universitarios, ya que todo este tiempo nos dio la sabiduría, misericordia y protección diariamente en toda nuestra vida universitaria.*

*A nuestros padres, hermanos, familiares y amigos que siempre estuvieron ahí ayudándonos, brindándonos su comprensión y confianza durante toda nuestra vida universitaria.*

*A la Universidad Privada de Tacna y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por permitirnos ser parte de su prestigiosa Entidad, al formarnos para ser mejores personas y buenos profesionales.*

*Al Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna, por ayudarnos a realizar los ensayos, y el apoyo constante que nos dieron, al atender nuestras necesidades durante todo este tiempo, al personal del Laboratorio por asesorarnos durante la elaboración de esta Tesis.*

**Jesús Laura y Milton Quispe**

## ÍNDICE GENERAL

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	19
1.4. OBJETIVOS.....	19
1.4.1. Objetivo General .....	19
1.4.2. Objetivos Específicos .....	19
1.5. HIPÓTESIS.....	20

#### CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	21
2.2. BASES TEÓRICAS .....	23
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	23

#### CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO .....	47
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	48
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS... 48	
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	50

#### CAPÍTULO IV: RESULTADOS

RESULTADOS .....	51
------------------	----

#### CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

DISCUSIÓN.....	120
----------------	-----

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>121</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CUADRO N° 01:</b> Actividades típicas de mantenimiento.....	44
<b>CUADRO N° 02:</b> Operacionalización de variables.....	48
<b>CUADRO N° 03:</b> Ensayos de laboratorio.....	49
<b>CUADRO N° 04:</b> Coordenadas UTM de la “Cantera Arunta .....	52
<b>CUADRO N° 05:</b> Contenido de humedad del agregado fino .....	54
<b>CUADRO N° 06:</b> Contenido de humedad del agregado grueso.....	56
<b>CUADRO N° 07:</b> Análisis granulométrico del agregado fino .....	59
<b>CUADRO N° 08:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso.....	63
<b>CUADRO N° 09:</b> Peso específico – Agregado Fino.....	69
<b>CUADRO N° 10:</b> Absorción – Agregado Fino .....	70
<b>CUADRO N° 11:</b> Peso Específico – Agregado Grueso.....	75
<b>CUADRO N° 12:</b> Absorción – Agregado Grueso .....	75
<b>CUADRO N° 13:</b> Ensayo de Pesos Unitarios – Agregado Fino .....	79
<b>CUADRO N° 14:</b> Ensayo de Pesos Unitarios – Agregado Grueso.....	79
<b>CUADRO N° 15:</b> Dosificación del modelo N° 01.....	91
<b>CUADRO N° 16:</b> Agregado grueso del modelo N° 01.....	91
<b>CUADRO N° 17:</b> Volumen para testigo (20cm x 10cm) .....	92
<b>CUADRO N° 18:</b> Volumen para testigo (30cm x 15cm) .....	92
<b>CUADRO N° 19:</b> Volumen para losa (40cm x 40cm x 10cm).....	92
<b>CUADRO N° 20:</b> Dosificación del modelo N° 02.....	97
<b>CUADRO N° 21:</b> Pesos para un metro cúbico de mezcla.....	97
<b>CUADRO N°22:</b> Dosificación para el modelo N° 03.....	98
<b>CUADRO N°23:</b> Pesos para un metro cúbico de mezcla del modelo N°03.....	98
<b>CUADRO N°24:</b> Dosificación para el modelo N° 04.....	99
<b>CUADRO N°25:</b> Resultados de los ensayos de los agregados.....	99
<b>CUADRO N°26:</b> Pesos para un metro cúbico de mezcla del modelo N°04.....	100
<b>CUADRO N°27:</b> Volumen de mezcla del modelo N°04.....	100



<b>CUADRO N°28:</b> Volumen para testigo (20cm x 10cm) del modelo N°04 .....	101
<b>CUADRO N°29:</b> Volumen para testigo (20cm x 10cm) del modelo N°04 .....	101
<b>CUADRO N°30:</b> Volumen para testigo (20cm x 10cm) del modelo N°04 .....	101
<b>CUADRO N°31:</b> Volumen para testigo (20cm x 10cm) .....	102
<b>CUADRO N°32:</b> Volumen para testigo (30cm x 15cm) .....	102
<b>CUADRO N°33:</b> Volumen para losa (40cm x 40cm x 10cm).....	102
<b>CUADRO N°34:</b> Dosificación para el modelo N° 05.....	103
<b>CUADRO N°35:</b> Pesos para un metro cúbico de mezcla del modelo N°05.....	103
<b>CUADRO N°36:</b> Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 1 .....	104
<b>CUADRO N°37:</b> Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 2.....	106
<b>CUADRO N°38:</b> Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 3.....	108
<b>CUADRO N°39:</b> Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 4.....	110
<b>CUADRO N°40:</b> Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 5.....	112
<b>CUADRO N°41:</b> Permeabilidad de las losas de concreto .....	117
<b>CUADRO N°42:</b> Matriz de consistencia.....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 01:</b> Losa de concreto permeable .....	23
<b>FIGURA N° 02:</b> Estacionamiento de concreto permeable.....	31
<b>FIGURA N° 03:</b> Parques recreativos de concreto permeable .....	31
<b>FIGURA N° 04:</b> Capas que componen a un pavimento permeable típico .....	32
<b>FIGURA N° 05:</b> Compactación del terreno natural.....	33
<b>FIGURA N° 06:</b> Colocación del concreto permeable .....	35
<b>FIGURA N° 07:</b> Rastrillado del concreto permeable .....	36
<b>FIGURA N° 08:</b> La cimbra deberá tener el espesor del pavimento .....	37
<b>FIGURA N° 09:</b> Cimbra de madera sujeta a base de clavijas. ....	37
<b>FIGURA N° 10:</b> Enrasado del concreto permeable.....	38
<b>FIGURA N° 11:</b> Compactación del concreto permeable .....	38
<b>FIGURA N° 12:</b> Rodillo pequeño para un área pequeña .....	39
<b>FIGURA N° 13:</b> Construcción de una junta.....	40
<b>FIGURA N° 14:</b> Material de polietileno saturado.....	41
<b>FIGURA N° 15:</b> Máquina autopropulsada de limpieza con sistema presión- aspiración .....	43
<b>FIGURA N° 16:</b> Agregado fino y grueso de la cantera Arunta .....	55
<b>FIGURA N° 17:</b> Se coloca las muestras de agregado fino al horno .....	55
<b>FIGURA N° 18:</b> Se cuartea el material (Agregado Grueso) .....	57
<b>FIGURA N° 19:</b> Se coloca en el horno el material durante 24 horas.....	57
<b>FIGURA N° 20:</b> Curva granulométrica - Agregado fino .....	60
<b>FIGURA N° 21:</b> La muestra para someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas.....	61
<b>FIGURA N° 22:</b> Se vierte el agregado fino a los tamices. ....	61

<b>FIGURA N° 23:</b> Se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.....	62
<b>FIGURA N° 24:</b> Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base .....	62
<b>FIGURA N° 25:</b> Curva granulométrica – Agregado grueso .....	64
<b>FIGURA N° 26:</b> La muestra para someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas.....	65
<b>FIGURA N° 27:</b> Se vierte el agregado grueso a los tamices.....	65
<b>FIGURA N° 28:</b> Se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.....	66
<b>FIGURA N° 29:</b> Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base .....	66
<b>FIGURA N° 30:</b> Se escoge una muestra, confirmándose que es el material pasante de la malla N° 4 .....	71
<b>FIGURA N° 31:</b> Se toma el material y se rellena el tronco de cono cuidadosamente y se apisona con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verificará el primer desmoronamiento .....	71
<b>FIGURA N° 32:</b> Se toma el material resultante del proceso anterior y se introduce una cantidad adecuada, en la fiola .....	72
<b>FIGURA N° 33:</b> La fiola previamente tarado y se determina su peso; en seguida se llena de agua hasta un 90% aproximadamente de su capacidad.....	72
<b>FIGURA N° 34:</b> Se retira el aire atrapado girando la fiola y en baño maría .....	73
<b>FIGURA N° 35:</b> Finalizando ensayo de la fiola .....	73
<b>FIGURA N° 36:</b> Se toma cierto porcentaje de la muestra, aproximadamente 600gr .....	76
<b>FIGURA N° 37:</b> Se pesa y se introduce este material a un recipiente.....	76
<b>FIGURA N° 38:</b> El recipiente está sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada.....	77

- FIGURA N° 39:** A continuación, este mismo material se seca en un horno por 24 horas y se determina, también, su peso seco ..... 77
- FIGURA N° 40:** Se escoge un molde de dimensiones adecuadas se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen ..... 80
- FIGURA N° 41:** Se coloca la arena en el molde sin compactar ..... 80
- FIGURA N° 42:** Una vez que esté lleno el molde enrasar la superficie con la varilla y se pesa el molde contenido de arena ..... 81
- FIGURA N° 43:** Primero se determina el peso y volumen del molde y luego se coloca la arena en tres capas ..... 82
- FIGURA N° 44:** En cada capa se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes de manera uniforme..... 82
- FIGURA N° 45:** Una vez que esté lleno el molde se enrasa la superficie con el apisonador..... 83
- FIGURA N° 46:** Y finalmente se pesa el molde contenido con arena compactada 83
- FIGURA N° 47:** Primero se determina el peso y el volumen del molde..... 84
- FIGURA N° 48:** Colocar la piedra en el molde sin compactar..... 84
- FIGURA N°49:** Una vez que esté lleno el molde enrasar la superficie con el apisonador..... 85
- FIGURA N° 50:** Pesar el molde por la balanza electrónica el contenido con el agregado grueso..... 85
- FIGURA N° 51:** Primero se pesa el molde para luego colocar el agregado grueso 86
- FIGURA N° 52:** Se colocará el material en tres capas de igual volumen ..... 86
- FIGURA N° 53:** Cada capa recibe un total de 25 golpes con el apisonador ..... 87
- FIGURA N° 54:** Sin que el apisonador choque a la base o altere capas inferiores de agregado ..... 87
- FIGURA N° 55:** Se enrasa el molde con el mismo apisonador ..... 88
- FIGURA N° 56:** Finalmente se pesa el molde contenido con el agregado grueso . 88

<b>FIGURA N° 57:</b> Gráfico de resistencia del concreto – Punto 1 .....	105
<b>FIGURA N° 58:</b> Gráfico de resistencia del concreto – Punto 2 .....	107
<b>FIGURA N° 59:</b> Gráfico de resistencia del concreto – Punto 3 .....	109
<b>FIGURA N° 60:</b> Gráfico de resistencia del concreto – Punto 4 .....	121
<b>FIGURA N° 61:</b> Gráfico de resistencia del concreto – Punto 5 .....	113
<b>FIGURA N° 62:</b> Permeámetro de carga variable tomado del ACI 522R-10 .....	114
<b>FIGURA N° 63:</b> Diagrama permeámetro de carga variable .....	115
<b>FIGURA N° 64:</b> Dimensiones del aro de infiltración.....	116
<b>FIGURA N° 65:</b> Vertimos agua en el aro y calculamos el tiempo de filtración.....	116
<b>FIGURA N° 66:</b> Losa de dimensiones 40cm x 40cm x 10cm .....	118
<b>FIGURA N° 67:</b> Colocamos en la base un aro el cual tenemos su área .....	118
<b>FIGURA N° 68:</b> Vertimos agua en el aro y calculamos el tiempo de filtración.....	119

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACION N° 01:</b> Contenido de humedad.....	53
<b>ECUACION N° 02:</b> Peso específico aparente.....	74
<b>ECUACION N° 03:</b> Peso específico aparente (S.S.S.) .....	74
<b>ECUACION N° 04:</b> Peso específico nominal .....	74
<b>ECUACION N° 05:</b> Absorción.....	74
<b>ECUACION N° 06:</b> Masa total de los agregados .....	89
<b>ECUACION N° 07:</b> Masa total sin agregado fino .....	89
<b>ECUACION N° 08:</b> Masa del agregado grueso .....	89
<b>ECUACION N° 09:</b> Volumen de la pasta .....	89
<b>ECUACION N° 10:</b> Contenido de cemento de la mezcla .....	90
<b>ECUACION N° 11:</b> Contenido de Agua .....	90
<b>ECUACION N° 12:</b> Masa total seca de los agregados.....	93
<b>ECUACION N° 13:</b> Masa total de los agregados saturados.....	93
<b>ECUACION N° 14:</b> Masa del agregado fino.....	93
<b>ECUACION N° 15:</b> Masa seca del agregado.....	94
<b>ECUACION N° 16:</b> Masa del agregado fino.....	94
<b>ECUACION N° 17:</b> Masa del agregado grueso saturado.....	94
<b>ECUACION N° 18:</b> Masa del agregado grueso seco .....	94
<b>ECUACION N° 19:</b> Masa del agregado grueso .....	95
<b>ECUACION N° 20:</b> Volumen de pasta cementante.....	95
<b>ECUACION N° 21:</b> Masa del cemento.....	95
<b>ECUACION N° 22:</b> Contenido del agua.....	96
<b>ECUACION N° 23:</b> Permeabilidad en permeámetro de carga variable .....	115

## RESUMEN

En la presente tesis se estudió el comportamiento de los agregados, para el diseño del concreto permeable para ser aplicación en pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna. El agregado grueso y el agregado fino trabajados en los ensayos de laboratorio pertenecen a la cantera Chahua – Arunta del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna; para obtener las propiedades físicas y mecánicas se realizaron los ensayos de peso unitario suelto y varillado en agregado fino obteniendo un promedio de 1,478 gr/cc y 1,615 gr/cc, peso unitario suelto y varillado en agregado grueso obteniendo un promedio de 1,571 gr/cc y 1,838 gr/cc.; peso específico en agregado fino obteniendo un promedio de 2,647 gr/cc, peso específico en agregado grueso obteniendo un promedio de 2,673 gr/cc.; contenido de humedad en agregado fino obteniendo un promedio de 1,48%, contenido de humedad en agregado grueso obteniendo un promedio de 0,74%.; análisis granulométrico y relación de vacíos.

Los cuales fueron de gran importancia para realizar dos diseños de mezclas con agregado fino y sin agregado fino y una resistencia de 90-100 kg/cm<sup>2</sup>, con estos diseños de mezcla se hicieron testigos de concreto a una edad específica de 7, 14, 28 días para medir su resistencia a la compresión, obteniendo una resistencia de compresión de 92.51 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días con el diseño de mezcla sin agregado fino, se debe considerar que las resistencias a la compresión del diseño de mezcla con agregado fino fueron mayores.

También se elaboraron dos pequeñas losas con los dos diseños de mezcla para medir su permeabilidad de la estructura de concreto permeable, obteniendo una permeabilidad promedio de 0.25 cm/seg con diseño de mezcla sin agregado fino y un promedio de 0.00 cm/seg con el diseño de mezclas con agregado fino.

## PALABRAS CLAVES

ASENTAMIENTO,	EXUDACIÓN,	REVENIMIENTO,
CONSOLIDACIÓN,	PERMEABILIDAD,	SULFATOS,
DURABILIDAD,	POROSIDAD,	TRABAJABILIDAD.

## ABSTRACT

In this thesis the behavior of the aggregates was studied, for the design of permeable concrete for application in low traffic pavements in the city of Tacna. The coarse aggregate and fine aggregate worked in the laboratory tests belong to the Chahua-Arunta quarry of the district Colonel Gregorio Albarracín Lanchipa of the city of Tacna; to obtain the physical and mechanical properties the tests of loose unit weight and rod in fine aggregate were obtained obtaining an average of 1,478 gr / cc and 1,615 gr / cc, loose unit weight and rod in thick aggregate obtaining an average of 1,571 gr / cc and 1,838 gr / cc .; specific weight in fine aggregate obtaining an average of 2,647 gr / cc, specific weight in coarse aggregate obtaining an average of 2,673 gr / cc .; moisture content in fine aggregate obtaining an average of 1.48%, moisture content in coarse aggregate obtaining an average of 0.74% .; granulometric analysis and void ratio.

Which were of great importance to realize two designs of mixtures with fine aggregate and without fine aggregate and a resistance of 90-100 kg / cm<sup>2</sup>, with these mixing designs concrete witnesses were made at a specific age of 7, 14, 28 days to measure its compressive strength, obtaining a compression strength of 92.51 kg / cm<sup>2</sup> at 28 days with the blend design without fine aggregate, it should be considered that the compressive strengths of the blend design with fine aggregate were higher .

Two small slabs were also made with the two mix designs to measure their permeability of the permeable concrete structure, obtaining an average permeability of 0.25 cm / sec with a mix design without fine aggregate and an average of 0.00 cm / sec with the design of mixtures with fine aggregate.

## KEY WORDS

SETTLEMENT,	EXUDATION,	RESEARCH,
CONSOLIDATION,	PERMEABILITY,	SULFATES,
DURABILITY,	POROSITY,	WORKABILITY



## INTRODUCCIÓN

Actualmente el Reglamento Nacional de Edificaciones no tiene una norma de concretos permeables que nos permitan cuantificarlo, así mismo en nuestra ciudad no cuenta con estudios que cuantifiquen al concreto permeable; es así que se realiza este estudio a los agregados de la cantera Chahua – Arunta del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, para realizar un diseño de mezcla de concreto permeable y aplicarlo para pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna.

El concreto permeable está conformado por varios materiales que al ser mezclados entre sí formando una masa de piedras con cemento, los materiales usados son el agregado grueso, una mínima cantidad o nada de agregado fino, cemento, agua y si fuese necesario aditivos. Este concreto se suele utilizar para áreas de tránsito ligero, estacionamientos, ciclistas, en paso de peatones y otros.

Se hizo un plan de trabajo para poder realizar el presente estudio el cual consta de cuatro etapas:

En la primera etapa, se realizaron los ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, se realizaron los ensayos de peso unitario suelto seco, peso unitario compactado seco, peso específico, contenido de humedad, porcentaje de absorción y análisis granulométrico.

En la segunda etapa, se cuantifico los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y se realizó dos diseños de mezclas con agregado fino y sin agregado fino, con la finalidad de obtener resultados reales.

En la tercera etapa, se elaboraron muestras de concreto permeable con los diseños de mezclas, para someterlos a resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días; también se elaboraron dos losas de concreto, para realizar los ensayos de permeabilidad.

En la cuarta etapa, se realizó las roturas de los testigos de concreto permeable y se obtuvo la permeabilidad en las losas de concreto permeable, se propone al diseño de mezcla sin agregado fino para la aplicación del concreto permeable para pavimentos de bajo volumen de tránsito para la ciudad de Tacna.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en el país el término de concreto permeable es desconocido o muy poco estudiado; así mismo el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú no cuenta con una norma que cuantifique los parámetros de este proceso constructivo.

En la ciudad de Tacna, el concreto permeable es desconocido y mucho menos aplicado, al ser este proceso constructivo nuevo e innovador no tiene estudios que proporcionen un mayor conocimiento del mismo, es así que proponemos realizar este estudio.

Como alternativa de investigación y de estudio se evaluará el comportamiento que tienen los agregados de la cantera Arunta, para así obtener un diseño de mezcla de concreto permeable y aplicarlo a pavimentos de bajo volumen de tránsito.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para la formulación del problema nos hicimos las siguientes interrogantes:

#### 1.2.1. INTERROGANTE PRINCIPAL:

¿Cuál es el comportamiento del concreto permeable aplicada para pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna?

#### 1.2.2. INTERROGANTES SECUNDARIAS:

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chahua - Arunta para un diseño de concreto permeable?

¿Qué diseño de mezcla se aplicaría para obtener un buen concreto permeable usando los agregados de la cantera Chahua - Arunta?

¿Cuál de las dos losas diseñadas con y sin agregado fino cumplen con la permeabilidad requerida para un concreto permeable?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Ante la necesidad de crear nuevos procesos constructivos que ayuden al progreso de nuestra sociedad, se vienen realizando diversos estudios a lo largo del país como el uso del concreto permeable, debido a que este proceso constructivo es nuevo e innovador actualmente no está cuantificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones y en nuestra ciudad el término concreto permeable es muy poco conocido y mucho menos aplicado.

Ante esta problemática se propuso el estudio de los agregados que más se comercializa en la ciudad de Tacna, para proponer un diseño de concreto permeable y aplicado en pavimentos de bajo volumen de tránsito; para lo cual se realizó estudios a los agregados de la cantera Arunta del Distrito de Gregorio Albarracín en la ciudad de Tacna, cabe resaltar que estos agregados son conocidas por sus propiedades físicas y mecánicas que prestan seguridad en la construcción.

Este estudio es importante ya que motiva a que se sigan realizando diversas investigaciones al concreto permeable para mejorar su aplicación; siendo una fuente de información para futuras investigaciones.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1.OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar un concreto permeable con los agregados que mayormente se utilizan de la ciudad, con la finalidad de aplicarlo para pavimentos de bajo volumen de tránsito.

#### **1.4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Estudiar y cuantificar los resultados de los ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chahua - Arunta del distrito Gregorio Albarracín de la ciudad de Tacna.

Realizar diseños de mezclas para un concreto permeable con agregado fino y sin agregado fino de la cantera Chahua - Arunta.

Cuantificar la permeabilidad que se obtiene del diseño del concreto permeable utilizando los agregados de la cantera Arunta.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1.HIPÓTESIS PRINCIPAL:**

El concreto permeable diseñado con los agregados de la ciudad, cumple con los parámetros de permeabilidad y resistencia de compresión y es aplicable para pavimentos de bajo volumen de tránsito.

### **1.5.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICA:**

Los agregados de la cantera Chahua - Arunta son óptimos y están en los parámetros para el diseño del concreto permeable.

Para que el diseño de mezcla tenga una buena dosificación y el concreto permeable sea óptimo, se considera poco o nada de agregado fino en su composición.

La permeabilidad es óptimo cuando el concreto permeable no considera en su composición al agregado fino.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Al realizar el diseño y aplicación de concreto permeable para pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna, se investigó en diferentes fuentes la información necesaria a fin de cuantificar los diversos resultados obtenidos en otros estudio a nivel internacional y nacional.

##### **2.1.1.A nivel Internacional**

La historia del concreto permeable tiene inicios a mediados del siglo XIX, considerado entonces como un concreto sin finos o poroso.

Este proceso constructivo alcanza su apogeo en algunos países de Europa, usando al concreto permeable en paneles prefabricados, muros colados en obra para soportar cargas y bloques curados al vapor en algunos de los casos. Teniendo en claro el concepto básico que consistía tener en su composición solo grava y cemento.

Tras terminar los actos bélicos de la segunda guerra mundial entre los años 1939 a 1945, parte de Europa quedó destruida quedando con muchas necesidades humanas, una de ellas y principal fue habitacionales. Partiendo de este concepto se buscaron nuevos métodos de construcción que ayude a solucionar los problemas que aquejaban a esa sociedad. En esta búsqueda de nuevos procesos constructivos se encontró al concreto permeable como alternativa de solución, ya que este disminuía el uso del cemento por unidad de concreto diferente al concreto convencional. Se tienen registros de este proceso constructivo en Australia, el cual nos relata que a principios del año 1946 se da uso por primera vez.

En Estados Unidos viene utilizando este proceso constructivo desde hace 20 años, dando prioridad a este proceso en pavimentos (Mendoza, 2009, pág. 4).

### **2.1.2.A nivel nacional**

Este proceso constructivo en Perú es considerado relativamente nuevo e innovador por lo que en los últimos años en diferentes departamentos del país se vienen realizando estudios que facilitan analizar y comprender el comportamiento que tiene el concreto permeable.

Puesto que nuestro país cuenta con tres regiones geográficas es muy necesario contar con estudios acerca del comportamiento que tiene el concreto permeable en cada una de ellas: ya que este proceso constructivo sería de gran ayuda para las regiones que presentan considerablemente precipitaciones pluviales. Por lo que se recomienda el uso en la sierra, selva y en parte de la costa.

En la actualidad la ciudad de Tacna, no existen muchos estudios acerca del concreto permeable, teniendo en cuenta que solo existen tres canteras conocidas, pero entre ellas resalta una por tener buenas propiedades físicas y mecánicas siendo esta la cantera Arunta.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. CONCRETO PERMEABLE:

#### A. DEFINICIÓN:

Al Concreto Permeable también lo podemos denominar como un concreto sin finos, con alto grado de relación de vacíos llamado también concreto poroso.

Su composición está dada por diferentes materiales como es el por cemento, agregado grueso, agua y en algunos de los casos el uso de aditivos, al combinar o unir estos materiales en una mezcla uniforme se tendrá un material que endurecido contara con presencia de poros conectados entre sí, lo que ayudara a que el agua pase a través de esta estructura ya endurecida, entre los tamaños de los poros estos varían entre 2mm a 8mm, el contenido de vacíos puede variar de 18% a 35%, la resistencia a compresión puede ser de 28 a 280 kg/cm<sup>2</sup>, con una capacidad de infiltración que varía de acuerdo al tamaño del agregado y a la densidad de la mezcla, gradualmente varía entre los 80 a 730 L/min/m<sup>2</sup>.



**FIGURA N°01:** Losa de Concreto Permeable.

**FUENTE:** Archiproducts, 2016.

## **B. ELEMENTOS DEL CONCRETO PERMEABLE:**

El concreto permeable, nace de la unión de los siguientes tres componentes primordiales como son el cemento, el agua y agregado grueso; se considera en algunos de los casos la incorporación de un cuarto componente que es el aditivo, sea la naturaleza en la que se le dará uso el concreto.

### **1) CEMENTO**

Es un conglomerante formado de clinker y una poca cantidad de yeso para evitar la contracción de la mezcla al fraguar cuando se le añade agua y al endurecerse posteriormente.

#### **a) Clasificación de los Cementos:**

**Cemento Tipo I:** Este será de uso común o corriente en trabajos de concreto y trabajos de albañilería.

**Cemento Puzolánico IP:** Cemento con puzolana en un 15%, de color rojizo y que se obtiene de arcillas calcinadas, de cenizas volcánicas. La ventaja es que permite retener agua, obteniendo una mayor capacidad de adherencia.

**Cemento Tipo II:** Este será de uso moderado con resistencias a los sulfatos.

**Cemento Tipo III:** Este desarrollara rápido su resistencia, por lo que se usara siempre y cuando se necesite realizar trabajos en climas fríos ya que produce alto calor.

**Cemento Tipo IV:** Este al momento de fraguar producirá bajo calor, por lo que se recomienda su uso en vaciados de grandes cantidades de concreto.

**Cemento Tipo V:** Este es de muy alta resistencia a los ataques de las sales, por lo que se recomienda el uso en ambientes salinos.



### **b) Características Físicas del Cemento:**

Se tiene que tener en cuenta que el peso de la mezcla está compuesta por el agregado y el cemento, cabe resaltar que el cemento representa entre el 6 a 15% del peso total.

Algunas de las propiedades físicas más importantes:

- **Finura:** Esta propiedad influye directamente en el calor de hidratación, en la ganancia de resistencia y en la trabajabilidad de la mezcla de concreto.
- **Hidratación:** Este proceso químico se produce entre el agua y los diferentes componentes del cemento.
- **Tiempo de Fraguado:** Este proceso la pasta de cemento sufre cambios, es decir cuando el cemento pasa del estado fluido al estado sólido,
- **Resistencia Mecánica:** en esta propiedad el mortero o el concreto alcanza su endurecimiento.

## **2) AGREGADOS**

Se tendrá en cuenta que los agregados gruesos ocupan entre un 60 a 75% del volumen y alcanzan un 94 a 85% en el peso total, estos son importantes en las propiedades del concreto recién mezclado o cuando esta endurecido, se tiene que tener cuidado en las proporciones que se realicen en la mezcla.

### **a) Agregado fino**

Para este estudio se realizaron diferentes ensayos de laboratorio, para obtener sus propiedades físicas y mecánicas del agregado fino de la cantera Chahua – Arunta, pero este agregado no es recomendable en la composición del concreto permeable.

### **b) Agregado grueso**

Para este estudio se realizaron diferentes ensayos de laboratorio, para obtener sus propiedades físicas y

mecánicas del agregado grueso de la cantera Chahua – Arunta.

### **3) AGUA**

Este material es importante en la construcción, por lo que esta tiene que cumplir con algunas normas de calidad. Esta deberá de estar limpia de cualquier agente contaminante que altere las propiedades de los demás componentes de la mezcla de concreto.

Si este material presenta residuos sólidos como arcillas, lodo, algas u otras cosas perjudiciales en el momento de la construcción no se debería de trabajar con esta puesto que alteraría nuestro diseño.

## **C) PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE:**

Sabemos que el concreto convencional es diferente al concreto permeable, ya que este presenta porosidad debido a la relación de vacíos, las propiedades en estado fresco y endurecido se detallara a continuación:

### **1) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO:**

#### **a) Trabajabilidad:**

En esta propiedad que presenta el concreto fresco después de mezclar los materiales y esté completamente homogéneo, para su transportado, colocado, compactado y curado (American Concrete Institute 309R, 2005).

Los factores que influyen en esta propiedad son varias las cuales mencionamos a continuación:

- El tamaño de los agregados, la forma y textura que estos presentan.
- El método que se aplica y la duración que se da en el transporte de la mezcla.
- Las características de los materiales cementantes como también su cantidad.
- La consistencia que presenta el concreto en el cono de Abrams.
- La cantidad y calidad agua.
- Su temperatura del concreto.

El concreto permeable al estar compuesto mayormente por agregado grueso y por contener nada o poco agregado fino hace que su trabajabilidad sea baja debido a que no existe la lubricación que el agregado fino proporciona en un concreto convencional. Si el agregado grueso de tamaño pequeño (1/4" y 3/8") en un concreto permeable.

**b) Exudación y asentamiento:**

En esta propiedad se presenta una pequeña lámina de agua que se forma en el borde de la superficie del concreto permeable recién colocado en obra. Este proceso es causado por las partículas sólidas como los agregados y el cemento.

**c) Revenimiento:**

Esta propiedad nos dice que en una mezcla de concreto permeable sin aditivos, siempre que sea alta el revenimiento más húmedo será la mezcla de concreto.

Por lo general el revenimiento puede variar entre los 0 a 1cm. en concretos permeables.

**d) Peso Unitario:**

Como ya conocemos que el concreto convencional que es empleado en la construcción de edificios, pavimentos, y otras estructuras convencionales están entre un rango de 2,240 y 2,400 kg/m<sup>3</sup>.

Así mismo tenemos el caso del concreto permeable que es considerado en tener un porcentaje de vacíos que varía entre los 18% y 35%, se tendría que el peso unitario del concreto permeable disminuiría entre los 1,600 y 2,000 kg/m<sup>3</sup>, con estos resultados se puede considerar el uso para pavimentos de bajo volumen de tránsito.

**e) Contenido De Aire:**

Depende de varios factores, uno de ellos es la graduación del agregado en la mezcla, el material cementante que posee, su relación de agua/cemento y el esfuerzo de compactación.

Este último cuenta con una influencia sobre el contenido de aire de una mezcla de concreto determinada en el diseño del concreto permeable.

**f) Consolidación:**

En el proceso de vibrado las partículas del concreto se friccionan una con otra, las mezclas sin finos son más rígidas, cuanto mayor es el tamaño de los agregados menor es el volumen de llenarse con la pasta.

**2) PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO:**

**a) Permeabilidad:**

Esta propiedad es la que permite la filtración de un determinado fluido sobre sus cavidades que están interconectados entre sí. En el caso del pavimento del concreto permeable esta estructura daría el paso del agua a través de los poros.

Según la Norma American Concrete Institute (ACI) 522 R la capacidad filtrante va del rango de 80 lt/min/m<sup>2</sup> – 730 lt/min/m<sup>2</sup> ó 0.14 cm/seg. – 1.22 cm/seg según la cantidad de vacíos que este posea.

**b) Resistencia a la Compresión:**

Esta propiedad física fundamental se emplea para cálculos estructurales y se realizan estas pruebas a testigos de concreto a una edad de 7, 14 y 28 días, se identifica con una nomenclatura ( $f'c$ ), según la Norma ASTM C39 se le conoce como la máxima resistencia que presenta un espécimen de concreto y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>). La resistencia a la compresión de un concreto permeable esta entre los 35 a 280 kg/cm<sup>2</sup>

Según Meininger nos dice que mientras mayor sea el contenido de aire más baja será su resistencia.

**c) Resistencia a la Flexión:**

Una de las propiedades más importantes que presenta el concreto permeable, varía entre los 10 a 38 kg/cm<sup>2</sup>, cabe resaltar que el uso de esta propiedad no es importante para el diseño de mezcla del concreto permeable.

**d) Durabilidad:**

En esta propiedad se calcula el periodo de vida que tendrá el concreto permeable en un determinado lugar geográfico, para esto se tendrá que verificar los factores que lo desgastarían y acortarían su durabilidad de acuerdo al uso que se le dará y algunos agentes externos.

**e) Infiltración:**

En comparación de un concreto convencional, el concreto permeable es conocido por esta propiedad, ya que la estructura de este concreto poroso alberga cavidades interconectadas con relación de vacíos siendo esta un mínimo de 15% (Meininger, 1988).

En este concreto poroso la permeabilidad de la estructura se puede medir mediante el permeámetro de carga variable (American Concrete Institute 522R, 2010).

**3) APLICACIONES:**

Ya que cuenta con la propiedad de infiltración este proceso constructivo se tiene una gran variedad de usos que se puede dar, pero la que mayor resalta es en el uso de pavimentos.

Este proceso también se puede utilizar para capas de rodadura en los estacionamientos y vías de tránsito ligero (American Concrete Institute 522R, 2010).

Se proponen algunos usos que se le pueden dar al concreto permeable en nuestro entorno social como son:

- Ciclistas en la ciudad de Tacna.

- En los patios y jardines de jardines.
- Vialidades con tráfico ligero en la ciudad de Tacna.
- En estacionamientos o parqueaderos.
- En andadores y banquetas.
- Plataformas en torno de albercas.
- En terraplenes de puentes.
- Pisos para invernaderos.
- En canchas de tenis, áreas de zoológicos, graneros y establos para animales.
- Estructuras de playas y muros marinos (rompeolas, pisos para muelles).
- Revestimiento de muros para pozos de agua.
- Zonas de lavado de autos.



**FIGURA N°02:** Estacionamiento de Concreto Permeable.

**FUENTE:** Noelrodriguezorozco, Sep 25, 2017.



**FIGURA N°03:** Parques Recreativos de Concreto Permeable.

**FUENTE:** Noelrodriguezorozco, Sep. 25, 2017.

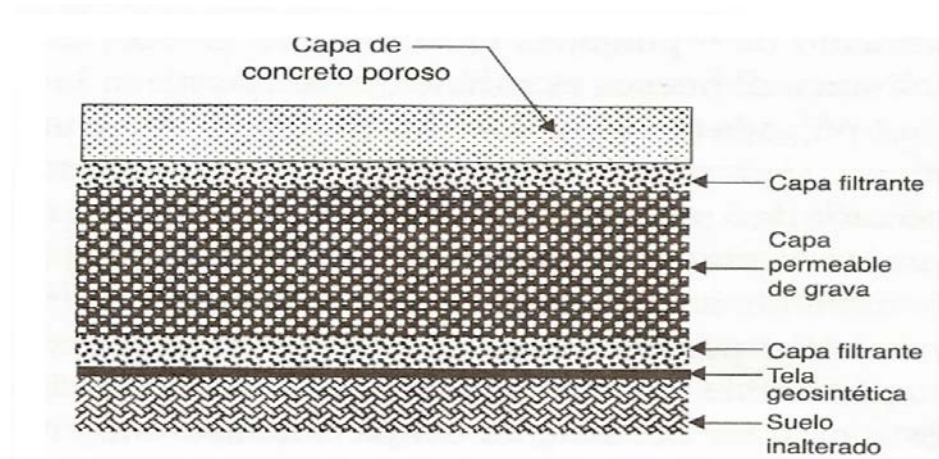
### 2.2.2. PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

Últimamente se viene aplicando el concreto permeable en pavimentos, con el propósito de que este permita la infiltración del agua por su interior, ya que cuenta con cavidades interconectadas entre sí. La carencia de agregado fino en su composición es la que le da esta propiedad, se recomienda usar un agregado grueso de No. 8 (3/8") como máximo.

El proceso constructivo es distinto al que conocemos del concreto convencional, ya que se considera otro método de compactación distinto al convencional. Se usara un rodillo metálico para la compactación, tendrá que tener un ancho de acuerdo a la sección con que se trabaja y una presión vertical mínima de 0.7 kg/cm<sup>2</sup> (American Concrete Institute 522R, 2010).

Los pavimentos de concreto permeable presentan ventajas siendo la principal la reducción del flujo superficial gracias a la infiltración, otorgando la propiedad de permeabilidad.

Cabe resaltar que este proceso constructivo no es aplicado para zonas o terrenos que sus suelos sean impermeables, en regiones con ciclos hielo y deshielo, en regiones áridas, zonas con alto tráfico para evitar el riesgo de degradación estructural de la sección (EPA, 1999).





**FIGURA N°04:** Capas que componen a un Pavimento Permeable.

**FUENTE:** Noelrodriguezorozco, 2017.

#### **A. COLOCACIÓN Y CONSTRUCCION DE UN CONCRETO PERMEABLE**

Para obtener un concreto permeable de buena calidad se debe seguir las especificaciones indicadas en el proyecto y revisar los planos de detalle.

Para la ejecución de este proceso constructivo se recomienda una buena coordinación con todos los frentes de trabajo, una capacitación al personal y contar con equipos en buen estado. El procedimiento constructivo general para la instalación del concreto permeable se presenta a continuación:

- Se debe preparar el área de trabajo con la profundidad que requiera, verificar los planos.
- También se compactara del terreno natural según se requiera en las especificaciones técnicas.
- Abrir pozos de absorción según el proyecto a realizar.
- Relleno con balastro, el cual será aplicado en los pozos y en toda el área.
- Compactación del relleno por medios mecánicos.
- Instalación de la tela geosintética.
- Relleno con grava de  $\frac{3}{4}$ ".



**FIGURA N°05:** Compactación del terreno natural.

**FUENTE:** Tennis et al, 2004.

### **1) Preparación de la subrasante:**

Para comenzar la construcción de la subrasante se tendrá que extraer muestras del terreno natural y someterlas a ensayos de capacidad de carga y permeabilidad.

Debe preverse la presencia de suelos arenosos, arcillas y limos, los cuales son altamente compresibles con poca cohesión que se expanden en condiciones húmedas. Estos suelos tienen que ser analizados a fin de ser modificados y reemplazados.

La subrasante se compactara entre el 90% y 95% de la densidad determinada por AASTHO T-180 según el tipo de suelo que presente el terreno natural, se debe considerar que si aumenta la densidad de la subrasante disminuye la permeabilidad.

El pavimento de concreto tiene una humedad mínima y con una subrasante seca reduciría y afectaría la resistencia del pavimento, por lo que se recomienda tener una subrasante uniforme al nivel correcto y humedecido.

Es recomendable que los 15 cm de la parte superior de la subrasante estén compuestos de material granular con abundante contenido de grava.

### **2) Mezclado:**

El pavimento de concreto permeable tiene un bajo contenido de agua, por lo que se debe controlar la humedad de los agregados, las cantidades correctas de los componentes y seguir los procedimientos para minimizar errores en la mezcla.

Así mismo se verificara que las aspas de la mezcladora no acumulen materiales con que pueda alterar el diseño o se formen grumos.

Se debe de verificar de forma visual la relación agua/cemento del producto para comenzar el transporte.

### 3) Transporte:

En este procedimiento el concreto permeable requiere de un cuidado especial debido a que contiene un bajo contenido de agua, se deberá descargar completamente la mezcla una hora después que haya agregado el agua.

Se tendrá cuidado con las altas temperaturas ambientales y las condiciones climatológicas, ya que podrían afectar directamente al fraguado del concreto permeable.

### 4) Colocación:

Antes de iniciar con este procedimiento se revisara la preparación de la subrasante, de existir irregularidades estos deberán de ser corregidos. Se verificaran los planos que muestren la localización de todas las juntas y los métodos de construcción.

Debido que la mezcla no pude ser bombeada se deberá de planear un acceso al sitio de trabajo, una disposición bien planeada facilita el procedimiento de construcción. Cabe resaltar que las canaletas del camión mezclador facilita la descarga directamente en la subrasante como podemos apreciar en la Figura N°05.



**FIGURA N°06:** Colocación del Concreto Permeable.

**FUENTE:** Tennis et al, 2004.

En lugares donde no pueda alcanzar las mezcladoras se usaran bandas transportadoras. Este procedimiento debe ser rápido ya que mientras más tiempo se expone al fraguado y está pierde el agua necesaria para su curado.

Se debe de inspeccionar visualmente la mezcla antes del colocado, esta deberá de haber seguido el procedimiento ya establecido y tendrá un aspecto metálico-brillante (Tennis, P. , Leming, M., & Akers, D. , 2004).

Se tiene que tener en consideración que el concreto permeable tiene cero revenimientos, no se recomienda considerar bombeo.

Así mismo, se tendrá mucho cuidado en esta etapa por lo que se recomienda verificar minimizar los siguientes puntos:

- Tener cuidado al momento de arrastrar el concreto fresco a su posición final.
- El llenado de los huecos en el concreto.
- Se verificaran que la mezcla de concreto no presente contaminación de ningún material dañino.
- Se debe de tener cuidado en no caminar sobre el concreto permeable fresco.



**FIGURA N°07:** Rastrillado del Concreto Permeable

**FUENTE:**[http://www.stormwater.ucf.edu/research/previous\\_concrete\\_pavement\\_research\\_files/image005.jpg](http://www.stormwater.ucf.edu/research/previous_concrete_pavement_research_files/image005.jpg).

### 5) Cimbras y equipo de enrasado:

Las cimbras pueden ser de madera, plástico o acero y tienen que estar al mismo nivel que el espesor del pavimento, estos deberán de ser fuertes y rígidos para que garantice un soporte adecuado del volumen que se construye, soporte el equipo de rodillo y enrasadores que se usaran, para esto se debe usar estacas de soporte al movimiento lateral.



**FIGURA N°08:** La cimbra deberá tener el espesor del pavimento.

**FUENTE:** <http://www.pervious.Com/images/unh.JPG>.



**FIGURA N°09:** Cimbra de madera sujeta a base de clavijas.

**FUENTE:** <http://curbspecialists.com/images/gallery/Pervious%20Concrete%205.jpg>.

El enrasado puede variar dependiendo el tamaño del colocado. Se recomienda usar reglas rectas manuales en

tramos pequeños, pero si los tramos son largos se tiene que usar engrasadoras vibratorias.



**FIGURA N°10:** Enrasado del concreto permeable.

**FUENTE:** [www.perviousconcrete.com](http://www.perviousconcrete.com).

#### 6) Compactación:

Este procedimiento se realizara empleando un rodillo metálico para que sea mejor la adherencia entre la pasta de cemento con el agregado, esto también dará una lisura aceptable de superficie. Así mismo tendrá que tener un ancho según la sección con que se trabaja, tendrá una presión vertical mínima de 0.7 kg/cm<sup>2</sup> (American Concrete Institute 522R, 2010).



**FIGURA N°11:** Compactación del concreto permeable

**FUENTE:** Tennis et al., 2004.



**FIGURA N°12:** Rodillo pequeño para área pequeña.

**FUENTE:**[http://www.perviousconcrete.com/images/build07/cert\\_pervious\\_roller.gif](http://www.perviousconcrete.com/images/build07/cert_pervious_roller.gif).

El paso del rodillo no debe sobrepasar los 20 minutos, si el concreto ha fraguado no te tendrá una compactación al nivel deseado. Por lo que se recomienda estar atento a los procedimientos anteriores.

Así mismo, se debe de considerar que un compactado a destiempo puede producir agrietamientos superficiales y que se pueda presentar en un futuro fallas, como grietas de gran tamaño o descorches.

## **7) Juntas de construcción y acabados:**

Este procedimiento es importante para la prevención al agrietamiento, se tendrá en cuenta que las juntas de un concreto permeable son diferentes a las convencionales, se colocara las juntas entre un intervalo de 6 a 3 m. Así mismo se debe de considerar colocar juntas longitudinales en el punto medio del carril, siempre y cuando el ancho exceda los 4.50 m

Se considera recomendable contar con una profundidad de 1/3 a 1/4 con respecto a la altura del pavimento de concreto.

. Se trabajara con herramientas adecuadas cuando el concreto está fresco, para un concreto endurecido será necesario utilizar una sierra cortadora.

Se podrá emplear un rodillo especial diseñado con una hoja de al menos 1/3 del espesor de la losa, deberá de contar con el peso suficiente para que la hoja corte tranquilamente la junta como podemos apreciar en la Figura N°12.



**FIGURA N°13:** Construcción de una junta mediante la adaptación de una hoja en el rodillo de compactación.

**FUENTE:**[http://www.ctre.iastate.edu/Research/project\\_photos/pervious\\_joint.jpg](http://www.ctre.iastate.edu/Research/project_photos/pervious_joint.jpg).

Para el caso que se realicen las juntas con sierra, se tendrá en cuenta que el pavimento de concreto haya alcanzado su endurecimiento para no causar daño a la superficie del pavimento. Cuando se realice el proceso las sierras deberán de contar con aspiradoras para recoger el polvo, ya que al culminar el aserrado los poros quedaran expuestos a los finos.

#### **8) Curado:**

Este procedimiento facilitara el desarrollo de la hidratación del cemento, por lo que es de vital importancia controlar la temperatura de la mezcla.

El método de membrana de polietileno saturado se usara para el curado del pavimento de concreto permeable después de ser compactado y del colocado de juntas.

Si no se realiza un buen curado de esta estructura en los primeros 7 días puede que se reduzca la durabilidad de la



superficie en un 60% (American Concrete Institute 522R, 2010).

Para el curado del pavimento de concreto permeable se tendrá que cubrir por completo la superficie expuesta con ayuda de una membrana de polietileno saturado de 0.15mm como mínimo, como podemos apreciar en la Figura N° 14.



**FIGURA N°14:** Material de polietileno sobre la superficie expuesta del Concreto Permeable.

**FUENTE:** Tennis et al., 2004.

Luego de cubrirlo con la membrana de polietileno, deberá de quedar fijo en el lugar durante 7 a 10 días. Para este paso se recomienda usar estacas de madera, bloques de concreto, varillas de refuerzo, etc., para evitar que el viento levante el material de polietileno, no se recomienda el uso de arenas, tierras, u otro material que pueda afectar el tapado de los poros del concreto permeable.

Durante el periodo del curado no se permitirá el transito sobre el pavimento, por lo que se recomienda que el proceso de pintado del señalamiento en el pavimento comience después de los días de curado.

## **B. REPARACION DEL PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEABLE**

Durante el proceso de construcción del pavimento de concreto permeable suelen ocurrir fallas estructurales, estas fallas deben repararse para que presten un buen servicio.

### **1) Desbastado**

Los excedentes de mezcla de concreto permeable deberán de ser rebajados con un desbastador pesado.

### **2) Depresiones o Puntos Bajos**

Se tiene que tener en cuenta que la base o el área que se trabajara, deberá de ser resanadas con mezcla epóxica con agregado grueso. Cabe resaltar que si se quiere igualar a la superficie del pavimento, el agregado grueso tendrá que ser cubierto de cemento mojado antes del resane.

Si es el caso que presentase grandes depresiones, se tendrá que resanar con el mismo diseño del concreto permeable. Para asegurar la adherencia que se requiere entre la superficie existente con la nueva se deberán usar agentes epóxidos.

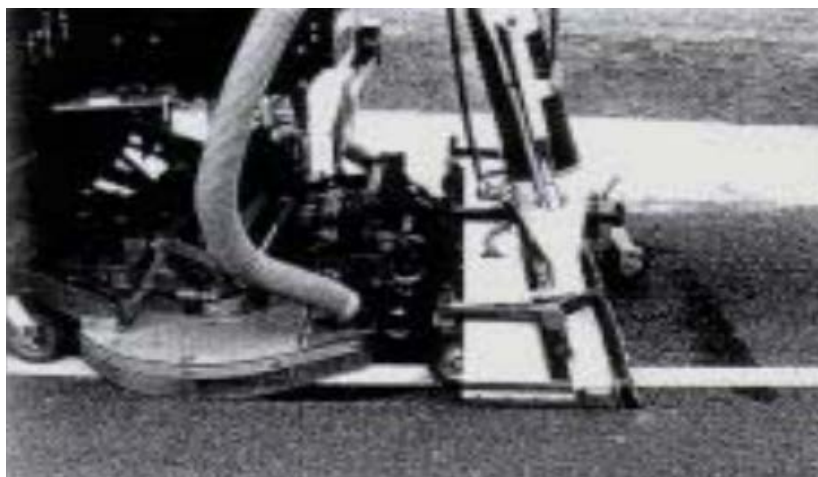
### **3) Cortes para instalaciones de servicio**

Se debe de tener en cuenta que si una sección del pavimento de concreto es cortada, se tendrá que reparar con toda sus propiedades. Esto quiere decir que se removerá la sección cuadrada, para que el nuevo material cumpla con los requerimientos.

### C. MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEABLE

Para que el periodo de vida del pavimento de concreto será buena se tendrán que evitar la presencia de sedimentos en su superficie para evitar el taponamiento de los poros, en este proceso se recomiendan dos alternativas la cual consiste en lavarlo a presión y en el otro caso usar aspiradoras.

Para el caso de lavado a presión se tendrá que considerar el empuje que tiene el agua sobre la estructura ya que se podría dañar la porosidad del concreto permeable.



**FIGURA N°15:** Máquina autopropulsada de limpieza con sistema presión-aspiración.

**FUENTE:** De Solminihac et al., 2002.

El uso de la aspiradora remueve los contaminantes, extrayéndolos de los poros.

Se debe de realizar la limpieza una vez al año después del periodo de lluvias, para que los contaminantes no estén sedimentados y sea menor el esfuerzo del mantenimiento.

**CUADRO N° 01:** Actividades Típicas de Mantenimiento para el Concreto Permeable.

Actividad	Programa
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asegúrese de que no haya tierra sobre el pavimento.</li> <li>- Asegúrese de que el área esté limpia de sedimentos.</li> </ul>	Mensualmente
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Siembre vegetación en el área de aguas arriba.</li> <li>- Limpie con aspiradora para mantener la superficie libre de sedimentos.</li> </ul>	Como sea necesario
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccione la superficie para localizar los deterioros o astillamientos.</li> </ul>	Anualmente

**FUENTE:** Elaboración Propia.

## **D. SUPERVISION Y PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD**

La supervisión es muy importante al momento de la construcción con concreto permeable, se verificaran los diferentes procedimientos anteriormente definidos.

### **1) Supervisión y pruebas previas a la construcción:**

Es recomendable verificar el análisis de los suelos y la permeabilidad de la subrasante, siendo estas muy importantes para su diseño y construcción del producto final. Para lo cual se deberán de realizar análisis granulométricos, constatar la clasificación de suelos y cuantificar el peso volumétrico en ensayos de Proctor estándar.

Se deberá de compactar una sección de prueba en la subrasante con los grados de compactación ya establecidos, según su clasificación de suelos. Si se tiene un procedimiento de prueba normal se trabajara de acuerdo a los procedimientos estandarizados según las pruebas ASTM sin modificaciones previo al colocado de concreto permeable.

### **2) Supervisión y pruebas durante a la construcción:**

Para los métodos de prueba estandarizados para obtener un control del peso volumétrico, filtración, rendimiento, relación de vacíos y otras propiedades, pueden no ser apropiados para este caso debido a las características de la mezcla del concreto

Puesto que no se cuenta con un método de prueba completamente perfecto, las especificaciones deberán de tener mayor énfasis en la granulometría, en aditivos, el agua, volumen de los agregados y los contenidos mínimos de cementantes.

Cuando la inspección visual nos indique un cambio en la apariencia del concreto fresco se tendrán que realizar por lo menos una prueba para verifica su peso volumétrico.

Se realizara pruebas a la mezcla de acuerdo con el ASTM C172 y C29. Su aceptación será sobre el valor de  $\pm 80$  kg/m<sup>3</sup> del peso volumétrico del diseño.

### **3) Supervisión y pruebas posterior a la construcción:**

Para obtener un buen producto y con un periodo de vida alta se debe de constatar el grado de compactación que tiene la mezcla fresca puesta en obra.

Se deberá de extraer tres muestras de núcleo del pavimento, estos serán de aceptación para el espesor, el peso volumétrico y contenido de vacíos. Los corazones serán obtenidos según el ASTM C42, estos luego serán probados bajo la edad de 28 días cada una de las muestras.

Además, al supervisar visualmente los corazones se tendrán que tomar en cuenta el volumen de vacíos que es necesario para facilitar el drenaje. Si la supervisión visual de la muestra extraída muestre una estructura de poros completamente cerrada indicara un pavimento no funcional e inapropiado, esas secciones donde se hayan demostrado que no son permeables deberán ser quitadas para su cambio.

Cabe resaltar que el producto final del proceso constructivo deberá de ser permeable, por lo que la aceptación del producto no debería de ser medido únicamente por la resistencia a la compresión del concreto permeable.

En la actualidad aun no contamos con métodos de prueba estándar para probar la resistencia a compresión del concreto permeable.

La experiencia local con materiales a través de proyectos terminados, secciones de prueba, o ambos, debe dar una indicación respecto a sí una proporción de mezcla específica tendrá la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos de las cargas del tránsito de diseño (Mendoza, 2009).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:**

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación Explicativa, la cual utilizaremos para explicar el comportamiento de “DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE” en su “APLICACIÓN PARA PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO”.

#### **3.2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO:**

El ámbito de la investigación para el presente estudio considera toda la población de la ciudad de Tacna, puesto que será la primera en ser beneficiada con el estudio de este proceso constructivo, para este caso se desarrollará haciendo diversos ensayos en laboratorio y cálculos en gabinete para diseñar y aplicar el concreto permeable a pavimentos de bajo volumen de tránsito.

Partiendo de los registros que se tienen a las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las diferentes canteras de la ciudad de Tacna, a la zona de ubicación donde se encuentran las diferentes canteras y al precio del mercado a la que están sujetas, se eligió realizar este estudio a la cantera Arunta.

Se toma como muestra del presente estudio la evaluación de la cantera Chahua – Arunta, ya presta mayor calidad en sus propiedades físicas y mecánicas.

Finalizando el presente estudio se contribuirá con la difusión de un nuevo proceso constructivo de concreto en la Región de Tacna, incorporando al concreto permeable dentro del mercado de la construcción.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

**CUADRO N° 02:** Operacionalización de Variables.

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>
Diseño de concreto permeable.	El concreto permeable, diseñado partiendo de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chahua – Arunta.	AGREGADOS	Consiste en efectuar pruebas de laboratorio a los Agregado, para realizar un Diseño de Mezcla óptimo.
Aplicación para pavimentos de bajo volumen de tránsito.	La aplicación del concreto permeable para pavimentos de bajo volumen de tránsito, es sin duda un nuevo proceso constructivo e innovador, debido a que esta presenta una alta relación de vacíos.	CONCRETO PERMEABLE	Verificar el comportamiento, del Concreto Permeable Aplicado para Pavimentos de Bajo Volumen de Tránsito.



**FUENTE:** Elaboración propia.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:**

Considerando que el concreto permeable es desconocido o muy poco estudiado, realizaremos un estudio a los agregados de la cantera Chahua - Arunta, con el fin de obtener sus propiedades físicas y mecánicas para realizar un diseño de mezcla para un concreto permeable. Cuantificado el diseño del concreto permeable lo aplicaremos para pavimentos de bajo volumen de tránsito.

Los materiales, equipos y herramientas utilizados para la realización del presente informe de ingeniería son los siguientes mencionados:

Recursos Humanos:

- Bachiller Graduado
- Asesor
- Asistente Técnico de Laboratorio

Equipos y Maquinarias:

- Computadora (hardware)
- Mezcladora de Concreto

Materiales:

- Cemento
- Agregado grueso (tamaño de ½")
- Agregado fino (arena gruesa)
- Agua potable

No se usará ningún tipo de aditivo durante la elaboración de la mezcla del Concreto Permeable.

Definidos los materiales se procederá a realizar todos los ensayos necesarios con el fin de saber las propiedades Físicas y Mecánicas, para el diseño de Mezcla a utilizar, dichos ensayos son los siguientes:

**CUADRO N° 03:** Ensayos de laboratorio.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	OBJETIVO
Contenido de humedad	%	Obtener el contenido de humedad del agregado fino y grueso.
Análisis granulométrico	-	Realizar el análisis granulométrico del agregado fino y grueso obteniendo: módulo de fineza del agregado fino y grueso, tamaño máximo del agregado grueso y la curva granulométrica del agregado fino y grueso.
Absorción	%	Obtener el porcentaje de absorción del agregado fino y grueso.
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	Determinar el peso específico del agregado fino y grueso.
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	Determinar el peso unitario suelto del agregado fino y grueso.
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	Obtener el peso unitario compactado del agregado fino y grueso.

**FUENTE:** Elaboración propia.

### 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:

Además de estos ensayos se realizará el ensayo de sales solubles para saber el contenido de sales del agregado fino y grueso. De igual manera se realizará el ensayo de abrasión para tomar en cuenta el porcentaje de desgaste que tiene el agregado grueso de la cantera Arunta.

A partir de los estudios de los agregados se procederá a elaborar dos diseños de mezclas; uno conteniendo agregado fino y el otro sin agregado fino, dichas mezclas se elaborarán con una resistencia a la compresión de 90-100 kg/cm<sup>2</sup>.

Finalmente se realizará 1 losa demostrativa para cada diseño de mezcla con el objetivo de comparar su comportamiento filtrable a través del ensayo de permeabilidad.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. GENERALIDADES**

Las canteras en ciudad de Tacna se originan de los depósitos aluviales que se originan por una erosión mecánica e hidráulica hecha por el acarreo de fragmentos en lo largo del curso de la corriente de aguas superficiales.

Después que el agregado ha sufrido una mejora natural quedan únicamente las rocas más duras, ya que la de menor resistencia se ha eliminado por el desgaste que hizo al rodar por el lecho del río.

Las canteras de la ciudad de Tacna más concurridas dentro de la zona urbana y de mayor explotación son la cantera de Calana, cantera de Arunta y la cantera de Magollo.

Los agregados usados en este estudio fueron extraídos de la cantera Arunta, se optó por esta cantera porque estos agregados son los más utilizados en obras civiles en la ciudad de Tacna, también por ser accesibles, cercanos y de buena calidad.

#### **4.2. CANTERA ARUNTA**

##### **A. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

La “CANTERA CHAHUA-ARUNTA” que pertenece a la empresa de transportes MARIANO CHAGUA GONZALES EIRL tiene un Área de 100 Ha y ubica en el Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, de la Provincia y Departamento de Tacna.

### 4.3. CONCESIÓN

La concesión se denomina “CANTERA ARUNTA” de un área de 100 Ha, con una cuadratura de 1,000 x 1,000 metros; se ubica en la zona 19 con Ubigeo 230110.

**CUADRO N° 04:** Coordenadas UTM de la “Cantera Arunta”.

<b>VÉRTICE</b>	<b>COORDENADA UTM NORTE</b>	<b>COORDENADA UTM ESTE</b>
<b>1</b>	8005000	371000
<b>2</b>	8004000	371000
<b>3</b>	8004000	370000
<b>4</b>	8005000	370000

**FUENTE:** Google Earth.

### 4.4. DELIMITACION DE LA CANTERA ARUNTA Y ÁREA

La Cantera Arunta limita por el:

- **NORTE:** DIANANICOLL Titular Tracto Latino Americano SAC.
- **SUR:** Terrenos Eriazos
- **ESTE:** Sector de Expansión Urbana.
- **OESTE:** Concesión Cantera Río Seco Titular Transportes Chagua SCR.

El uso para explotación de agregados se ha considerado un área de: 180,500 m<sup>2</sup> ubicados en la “CANTERA ARUNTA” dentro del cauce actual de la quebrada Río Seco.

### 4.5. ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS

Para poder obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chahua – Arunta se realizaron diferentes ensayos en el laboratorio a fin de cuantificar los resultados con mayor precisión.

A continuación mencionaremos los resultados que se obtuvieron de los diferentes ensayos:

## A. CONTENIDO DE HUMEDAD

Este ensayo nos permite determinar la humedad de las muestras y obtener la humedad expresada en porcentajes.

### EQUIPO UTILIZADO:

- Balanza electrónica (precisión de 0.1 gr.)
- Horno de secado
- Recipientes enumerados
- Guantes

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

- Se divide en cuatro partes el material para tomar una muestra de aproximadamente 250g, luego se coloca las muestras en envases que ya fueron tarados.
- Colocar el recipiente con la muestra representativa en el horno a una temperatura de 105° aproximadamente, puede variar entre 100° y 110°; durante un tiempo aproximado de 18 a 24 horas; pasado el tiempo, y después del enfriado, se continua a pesar el material seco.
- Se toman tres muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado

**ECUACIÓN N° 01:** Contenido de humedad.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del suelo}} * 100$$

**CUADRO N° 05:** Contenido de humedad del agregado fino.

MUESTRA N°		AGREGADO FINO		
Recipiente N°		1	2	3
Peso del recipiente	gr.	93.6	104.6	103.6
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	707.0	658.9	658.3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	698.1	651.5	650.2
Peso del Agua	gr.	8.9	7.4	8.1
Peso de la muestra seca neta	gr.	604.5	546.9	546.6
Porcentaje de humedad	%	1.47	1.35	1.48
Promedio	%	1.48		

**FUENTE:** Elaboración propia.

## CONTENIDO DE HUMEDAD



**FIGURA N°16:** Agregado fino y grueso de la Cantera Arunta.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°17:** Se coloca las muestras de Agregado Fino al Horno.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**CUADRO N° 06:** Contenido de humedad del Agregado Grueso.

MUESTRA		AGREGADO GRUESO		
Recipiente N°		1	2	3
Peso del recipiente	gr.	112.0	102.0	98.2
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	581.7	644.6	640.5
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	577.9	639.9	637.6
Peso del Agua	gr.	3.8	4.7	2.9
Peso de la muestra seca neta	gr.	465.9	537.9	539.4
Porcentaje de humedad	%	0.82	0.87	0.54
Promedio	%	0.74		

**FUENTE:** Elaboración propia.



## CONTENIDO DE HUMEDAD



**FIGURA N°18:** Se cuartea el material (Agregado Grueso).

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°19:** Se coloca en el horno el material durante 24 horas.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

## **B. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Se conoce y se adquiere conocimientos del método de análisis granulométrico mecánico para poder determinar de manera adecuada la distribución de las partículas de un suelo.

### **EQUIPO UTILIZADO:**

- Balanza con aproximación a 0.1% del peso del material ensayado.
- Tamices normalizados (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, base y tapa)
- Colocar el recipiente con la muestra representativa en el horno a una temperatura de 105° aproximadamente, puede variar entre 100° y 110°; durante un tiempo aproximado de 18 a 24 horas; pasado el tiempo, y después del enfriado, se continua a pesar el material seco.

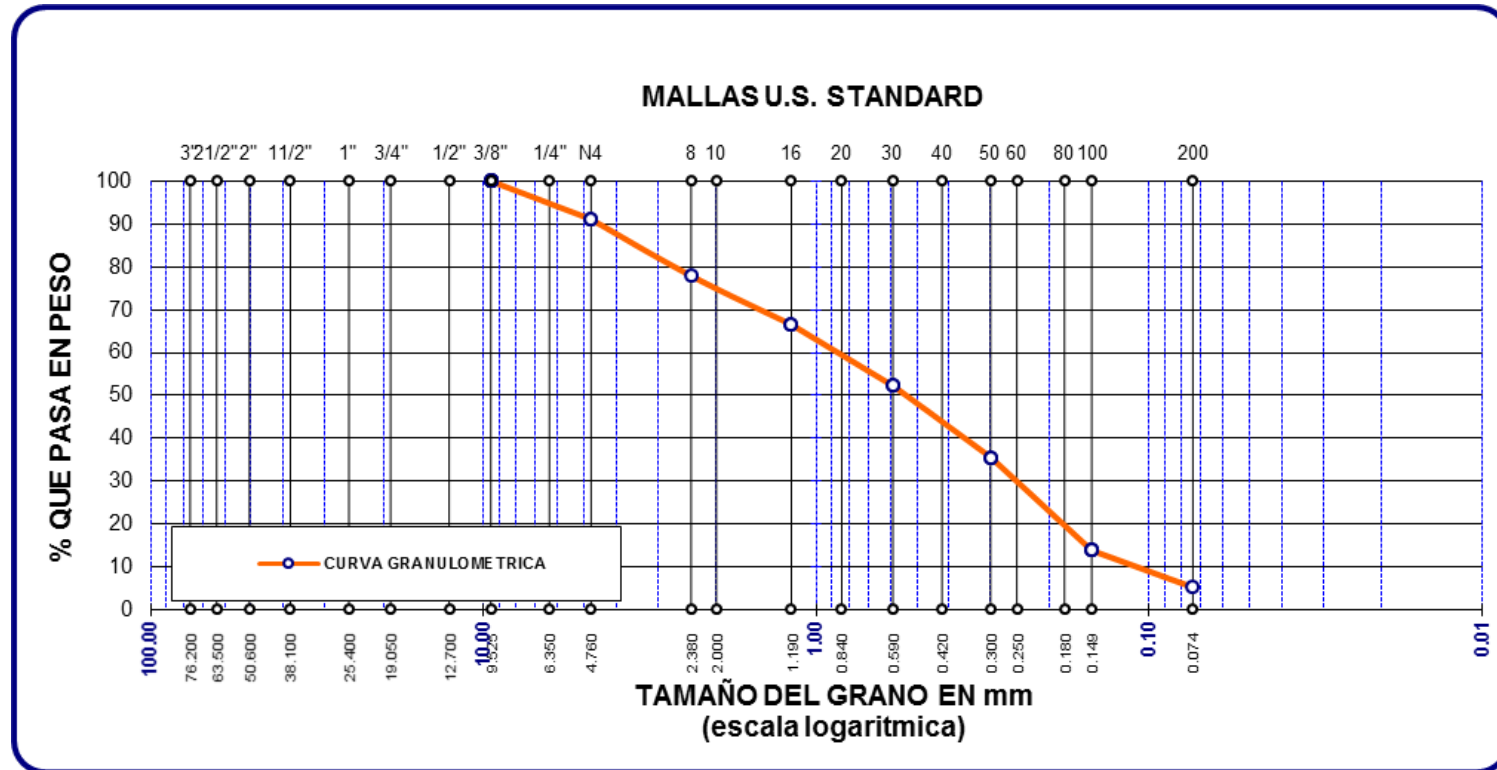
### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:**

- Se separa el material por la malla N°4, el retenido será agregado grueso y el fino será el que pase este tamiz.
- La muestra para someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas a una temperatura de 105 +/- 5°C
- Una vez obtenido el material seco y libre de impurezas se vierte en el juego de tamices y se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.
- Para el agregado grueso, por ser mayor la cantidad, el total de la muestra se pasará por cada tamiz.
- Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base; además se deberá pesar el total del material antes de comenzar la operación y compararla con la suma de los retenidos en las mallas, que como se explicó, esta diferencia no deberá exceder el 0.3%

**CUADRO N° 07:** Análisis Granulométrico del Agregado Fino

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFIC.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA			
3"	76.200							<b>Muestra : Agregado Fino</b>  <b>Cantera: ARUNTA</b>  <b>Peso de la Muestra:</b> 673.8 gr. <b>Modulo de Fineza :</b> 2.6  <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de partículas angulares y sub angulares.
2 1/2"	63.500							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	<b>100</b>		
1/4"	6.350							
No4	4.760	59.90	8.89	8.89	<b>91.11</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	
No8	2.380	89.10	13.22	22.11	<b>77.89</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	
No10	2.000							
No16	1.190	76.60	11.37	33.48	<b>66.52</b>	<b>50</b>	<b>85</b>	
No20	0.840							
No30	0.590	96.00	14.25	47.73	<b>52.27</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	
No40	0.420							
No 50	0.300	112.30	16.67	64.40	<b>35.60</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149	146.70	21.77	86.17	<b>13.83</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	
No200	0.074	57.90	8.59	94.76	<b>5.24</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	
		35.30	5.24	100.00	<b>0.00</b>			
<b>TOTAL</b>		673.80						

**FUENTE:** Elaboración propia



**FIGURA N°20:** CURVA GRANULOMÉTRICA - AGREGADO FINO.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



**FIGURA N°21:** La muestra para someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°22:** Se vierte el agregado fino a los tamices.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°23:** Se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



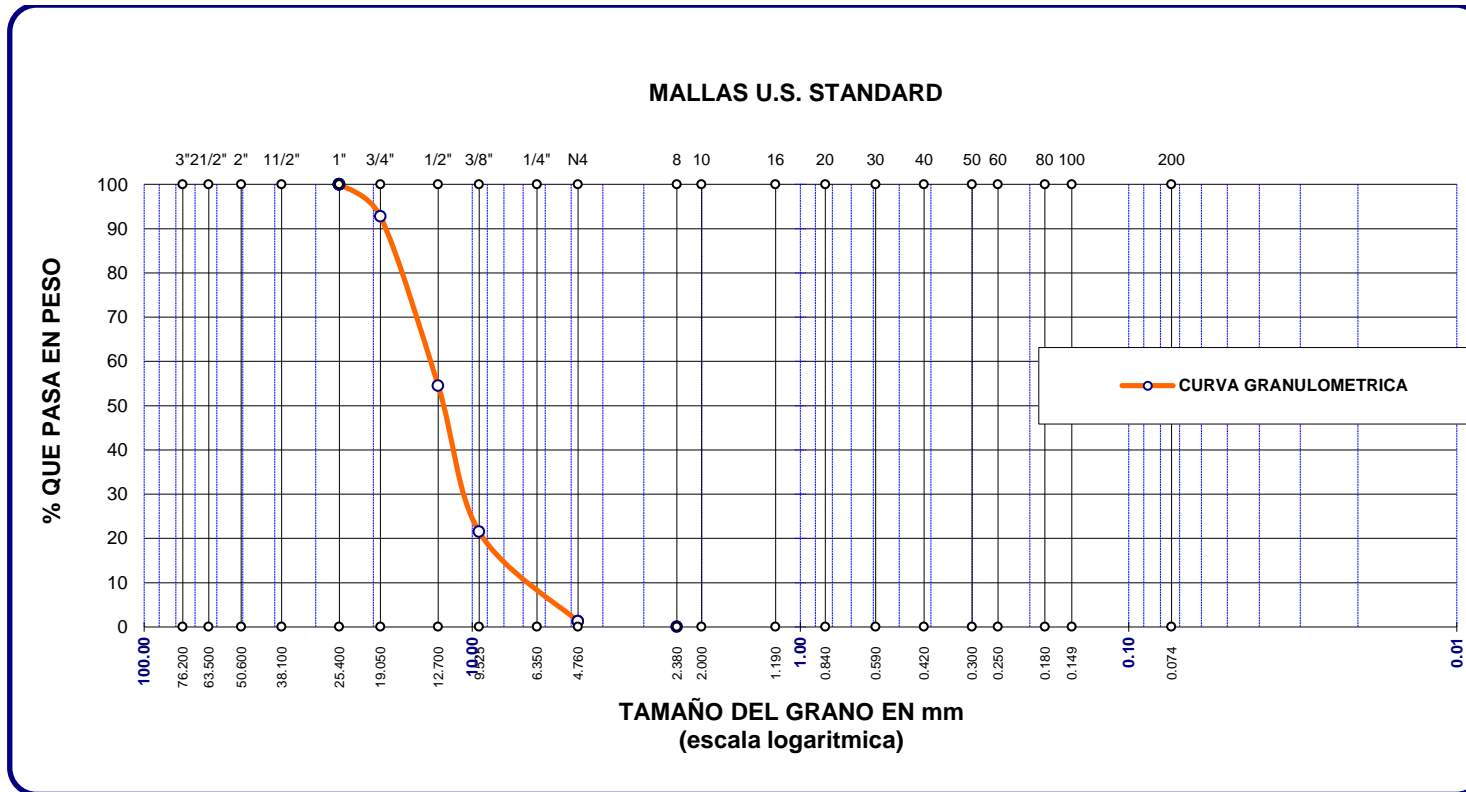
**FIGURA N°24:** Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**CUADRO N° 08.** Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFIC.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	67		
3"	76.200							<b>Muestra : Agregado Grueso</b> <b>Cantera: Arunta -</b>  <b>Peso de la Muestra:</b> 90529,5 gr.  <b>Tamaño Maximo</b> <b>3/4"</b>  <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de grava chancada
2 1/2"	63.500							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	<b>100</b>		
3/4"	19.050	563.00	7.26	7.26	<b>92.74</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	
1/2"	12.700	2966.00	38.23	45.49	<b>54.51</b>			
3/8"	9.525	2563.00	33.04	78.52	<b>21.48</b>	<b>20</b>	<b>55</b>	
1/4"	6.350							
No4	4.760	1569.00	20.22	98.75	<b>1.25</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	
No8	2.380	97.30	1.25	100.00	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	
No10	2.000							
No16	1.190							
No20	0.840							
No30	0.590							
No40	0.420							
No 50	0.300							
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149							
No200	0.074							
<b>TOTAL</b>		7758.30						

FUENTE: Elaboración propia



**FIGURA N°25: CURVA GRANULOMÉTRICA – AGREGADO GRUESO.**

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



**FIGURA N°26:** La muestra para someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°27:** Se vierte el agregado grueso a los tamices.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°28:** Se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°29:** Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

### **C. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS**

El método de ensayo de peso específico, tiene la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso, no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas.

#### **EQUIPO UTILIZADO:**

- Balanza
- Picnómetro
- Molde cónico (cono de absorción)
- Varilla para apisonado metálica
- Bandejas
- Equipo que proporcione calor a una intensidad moderada

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

- Se escoge una muestra, confirmándose que es el material pasante de la malla N° 4, a continuación este material se sumerge en el agua por un periodo de 24 horas para lograr su saturación.
- Una vez saturado, se decanta cuidadosamente al agua y comienza el proceso de secado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y suministrándole calor a través de una cocinilla eléctrica graduable tratando, todo el tiempo, de que este proceso sea homogéneo y constante.
- A continuación se toma el material y se rellena el tronco de cono cuidadosamente y se apisona sin mayor fuerza con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verificará el primer desmoronamiento lo cual indica el estado saturado superficialmente seco (S.S.S.) del agregado, que es el objetivo de esta sección del ensayo.
- Se toma el material resultante del proceso anterior y se introduce una cantidad adecuada, en la fiola previamente tarado y se determina su peso; en seguida se llena de agua hasta un 90% aproximadamente de su capacidad y se retira el aire atrapado girando la fiola y sometiéndolo a baño maría.
- Finalmente la fiola llena hasta el total de su capacidad se pesa, se decanta nuevamente el agua y el agregado se retira a una tara para ser secado al horno por 24 horas y se determina también el peso seco de este material.

**ECUACIÓN N° 02:** Peso específico aparente.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + S - C}$$

**ECUACIÓN N° 03:** Peso específico aparente (S.S.S.).

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{S}{B + S - C}$$

**ECUACIÓN N° 04:** Peso específico nominal.

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{B + A - C}$$

**ECUACIÓN N° 05:** Absorción.

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Dónde:

A: Peso seco de la muestra.

B: Peso del frasco + agua.

C: Peso del frasco + agua + muestra.

S: Peso de la muestra saturada con superficie seca.

**CUADRO N° 09:** Peso Específico – Agregado Fino.

<b>MUESTRA N°</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	791.1	791.3
Peso de la fiola + Agua	gr.	666.7	666.8
Peso de la muestra (sss)	gr.	200.0	200.0
Volumen desplazado	cc.	75.6	75.5
Peso específico	gr/cc.	2.646	2.649
Promedio	gr.cc.	2.647	

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 10:** Absorción – Agregado Fino.

<b>MUESTRA N°</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
Peso de la muestra (sss)	gr.	200.0	201.0
Peso de la muestra seca	gr.	196.4	198.3
Peso del Agua	gr.	3.6	2.7
Porcentaje de Absorción	%	1.83	1.36
Promedio	%	1.59	

**FUENTE:** Elaboración propia.

## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN



**FIGURA N°30:** Se escoge una muestra, confirmándose que es el material pasante de la malla N° 4.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°31:** Se toma el material y se rellena el tronco de cono cuidadosamente y se apisona con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verificará el primer desmoronamiento.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°32:** Se toma el material resultante del proceso anterior y se introduce una cantidad adecuada, en la fiola.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°33:** La fiola previamente tarado y se determina su peso; en seguida se llena de agua hasta un 90% aproximadamente de su capacidad.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.





**FIGURA N°34:** Se retira el aire atrapado girando la fiola y sometiéndolo a baño maría.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°35:** Finalmente la fiola lleno hasta el total de su capacidad se pesa.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

## D. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

### EQUIPO UTILIZADO:

- Horno 105 +/- 5 °C
- Recipientes
- Balanza
- Probeta graduada

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se obtiene una muestra representativa de 3kg para un TMN de 3/4, la cual se satura por 24 horas, en seguida se retira el agregado cuidadosamente y se vierte sobre un paño absorbente.
- Seguidamente para obtener su estado saturado superficialmente seco mediante secado manual, se toma cierto porcentaje de la muestra S.S.S., aproximadamente 600gr, se pesa y se introduce este material a un recipiente que está sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina su peso sumergido y a este mismo material se seca en un horno por 24 horas y se determina su peso seco.

**ECUACIÓN N° 02:** Peso específico aparente.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

**ECUACIÓN N° 03:** Peso específico aparente (S.S.S.).

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$

**ECUACIÓN N° 04:** Peso específico nominal.

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

**ECUACIÓN N° 05:** Absorción.

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A: Peso al aire de la muestra seca al horno. (Gr.)

B: Peso de la muestra S.S.S. (Gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (Gr.)

**CUADRO N° 11: Peso Específico – Agregado Grueso.**

<b>DESCRIPCION</b>		<b>GRAVA</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>MUESTRA N°</b>				
Peso de la Muestra Seca	<b>gr.</b>	322.4	323.5	320.5
Volumen Inicial	<b>gr.</b>	500.0	500.0	500.0
Volumen Final	<b>g.</b>	621.5	620.1	619.9
Volumen desplazado	<b>cc.</b>	121.5	120.1	119.9
Peso específico	<b>gr/cc.</b>	2.653	2.694	2.673
<b>Peso específico Promedio</b>		<b>gr/cc.</b>	<b>2.673</b>	

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 12: Absorción – Agregado Grueso.**

<b>MUESTRA N°</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
Peso de la muestra (sss)	<b>gr.</b>	672.0	598.0
Peso de la muestra seca	<b>gr.</b>	665.3	591.9
Peso del Agua	<b>gr.</b>	6.7	6.1
Porcentaje de Absorción	<b>%</b>	1.01	1.03
Promedio	<b>%</b>	1.02	

**FUENTE:** Elaboración propia.

## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN



**FIGURA N°36:** Se toma cierto porcentaje de la muestra, aproximadamente 600gr.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°37:** Se pesa y se introduce este material a un recipiente.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°38:** El recipiente esta sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°39:** A continuación este mismo material se seca en un horno por 24 horas y se determina, también, su peso seco.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

## **E. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**

Este ensayo nos ayuda a conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en una masa de agregado grueso, el tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125mm).

### **EQUIPO UTILIZADO:**

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:**

- Se escoge un molde de dimensiones adecuadas, de acuerdo al TMN del agregado, se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen.
- Para calcular el peso unitario compactado por apisonado del agregado se colocará el material en tres capas de igual volumen, de tal manera que colmen el molde; cada capa recibe un total de 25 golpes con el apisonador sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, finalmente se enrasa el molde con el mismo apisonador y se pesa el molde más agregado.
- Para determinar el peso unitario suelto del agregado, el procedimiento es similar, más en este caso no se utiliza el apisonador, solo se deja caer la muestra desde una altura no mayor a 2" desde el borde superior con una herramienta adecuada que puede ser una cuchara, se enrasa y pesa como en el caso anterior.
- El procedimiento es el mismo para el agregado grueso y fino; se usó también el mismo molde y para calcular vacíos en el agregado se usó el dato peso específico aparente el cual será hallado en el ensayo gravedad específica y absorción de los agregados gruesos.

**TABLA N° 13.** Ensayo de Pesos Unitarios – Agregado Fino

Agregado Fino (Arena) Cantera :	S U E L T O			V A R I L L A D O		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca gr	11,530	11,650	11,450	12,010	12,220	12,050
Peso del molde gr.	6,768	6,768	6,768	6,768	6,768	6,768
Peso de la muestra seca neta gr.	4,762	4,882	4,682	5,242	5,230	5,176
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario gr/cc.	1.474	1.511	1.450	1.623	1.619	1.602
Promedio gr/cc.		1.478			1.615	

**FUENTE:** Elaboración propia.

**TABLA N° 14.** Ensayo de Pesos Unitarios – Agregado Grueso

Agregado Grueso (Grava) Cantera	S U E L T O			V A R I L L A D O		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca gr	11,845	11,860	11,820	12,806	12,612	12,699
Peso del molde gr.	6,768	6,768	6,768	6,768	6,768	6,768
Peso de la muestra seca neta gr.	5,077	5,092	5,052	6,038	5,844	5,931
Volumen del molde cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario gr/cc.	1.572	1.576	1.564	1.869	1.809	1.836
Promedio gr/cc.		1.571			1.838	

**FUENTE:** Elaboración propia.

**PESO UNITARIO SUELTO – AGREGADO FINO**

**FIGURA N°40:** Se escoge un molde de dimensiones adecuadas se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°41:** Se coloca la arena en el molde sin compactar.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.





**FIGURA N°42:** Una vez que esté lleno el molde enrasar la superficie con la varilla y se pesa el molde contenido de arena.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**PESO UNITARIO COMPACTADO – AGREGADO FINO**

**FIGURA N°43:** Primero se determina el peso y volumen del molde y luego se coloca la arena en tres capas.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°44:** En cada capa se empareaja con la mano y se apisona con 25 golpes de manera uniforme.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°45:** Una vez que esté lleno el molde se enrasa la superficie con el apisonador.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°46:** Y finalmente se pesa el molde contenido con arena compactada.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**PESO UNITARIO SUELTO – AGREGADO GRUESO**

**FIGURA N°47:** Primero se determina el peso y el volumen del molde.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°48:** Colocar la piedra en el molde sin compactar.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°49:** Una vez que esté lleno el molde enrasar la superficie con el apisonado.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°50:** Pesar el molde por la Balanza Electrónica el contenido con el agregado grueso.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**PESO UNITARIO COMPACTADO – AGREGADO GRUESO**

**FIGURA N°51:** Primero se pesa el molde para luego colocar el agregado grueso.  
**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°52:** Se colocará el material en tres capas de igual volumen.  
**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°53:** Cada capa recibe un total de 25 golpes con el apisonador.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°54:** Sin que el apisonador choque a la base o altere capas inferiores de agregado.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°55:** Se enrasa el molde con el mismo apisonador.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°56:** Finalmente se pesa el molde contenido con el agregado grueso.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



#### 4.6. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PERMEABLE CON Y SIN AGREGADO FINO.

##### A. DISEÑO DE MEZCLA TIPO I – SIN AGREGADO FINO

###### PROCEDIMIENTO:

- 1) Hallar la masa seca total de los agregados:

**ECUACIÓN N° 06:** Masa total de los agregados.

$$W_{Ts} = Pu_g * V_t$$

Dónde,

**WTs** : Masa total de los agregados seco (kg).

**Pug** : Masa unitaria del agregado grueso (kg/m<sup>3</sup>).

**Vt** : Volumen total de la mezcla (m<sup>3</sup>).

Para el caso sin finos:

**ECUACIÓN N° 07:** Masa total sin agregado fino.

$$W_{Ts} = W_{gs}$$

Dónde,

**Wgs** : Masa del agregado grueso seco (kg).

- 2) Hallar la masa del agregado grueso en estado natural:

**ECUACIÓN N° 08:** Masa del agregado grueso.

$$W_{gen} = W_{gs} * \left(1 + \frac{\%Wg}{100}\right)$$

Dónde,

**Wgen** : Masa del agregado grueso en estado natural (kg).

**%Wg** : Humedad natural del agregado grueso (porcentaje).

- 3) Calcular el volumen de la pasta:

**ECUACIÓN N° 09:** Volumen de la pasta.

$$V_p = V_t * \frac{\%Vp}{100}$$

Dónde,

**Vp** : Volumen de pasta cementante (m<sup>3</sup>).

**%Vp** : Porcentaje de pasta cementante (porcentaje).

4) Calcular el contenido de cemento en la mezcla:

**ECUACIÓN N° 10:** Contenido de cemento de la mezcla.

$$C = \left( \frac{Vp}{\frac{1}{G_{ec}} + a/c} \right) * P_{ua}$$

Dónde,

**C** : Masa del cemento (kg).

**a/c** : Relación agua/cemento (adimensional).

**P<sub>ua</sub>** : Masa unitaria del agua (kg/m<sup>3</sup>).

**G<sub>ec</sub>** : Gravedad específica del cemento (adimensional).

5) Calcular el contenido de agua:

**ECUACIÓN N° 11:** Contenido de Agua.

$$Am = C * a/c + W_{gs} * \left( \frac{\%Absg - \%Wg}{100} \right)$$

Donde,

**Am** : Masa del agua (kg).

**%Absg** : Porcentaje de absorción del agregado grueso (porcentaje).

Finalmente se hallaron los pesos para 1 m<sup>3</sup>:

- C (kg)
- Wgen (kg)
- Am (kg)

a) **Modelo N° 01:****CUADRO N° 15:** Dosificación del modelo N° 01.

<b>DOSIFICACIÓN</b>		
% finos	0	
% pasta cementante	20	
a/c	0.3	
Cantidad de Concreto	1.00	m3
Densidad del agua	1000	kg/m3
Peso Específico cemento	2.85	gr/cm3

**FUENTE:** Elaboración propia**CUADRO N° 16:** Agregado grueso del modelo N° 01.

<b>AGREGADO GRUESO</b>		
Peso unitario compactado	1.838	gr/m3
Peso específico	2.673	gr/cm3
% Absorción	1.02	%
% Humedad	0.74	%

**FUENTE:** Elaboración propia

Con estos valores se hallará la dosificación.

**1) PESO DEL AGREGADO SECO**

$$WTs = 1615.00 \quad \text{kg}$$

**2) AJUSTE A PESO SSS**

$$WT_{sss} = 1626.95 \quad \text{kg}$$

**3) PESO DEL AGREGADO GRUESO SSS**

$$WG_{sss} = 1626.95 \quad \text{kg}$$

**4) PESO DEL AGREGADO GRUESO SECO**

$$WG_s = 1615.00 \quad \text{kg}$$

**5) DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA**

$$V_p = 0.2 \quad \text{m}^3$$

**6) DETERMINAR EL CONTENIDO DE CEMENTO**

$$C = 307.28 \quad \text{kg}$$

**7) DETERMINAR EL CONTENIDO DE AGUA**

$$A_m = 96.97 \quad \text{kg}$$

**CUADRO N° 17: VOLUMEN PARA TESTIGO (20 CM X 10 CM)**

<b>Volumen para testigo (20 cm x 10 cm)</b>		
<b>Vol 1 testigo</b>	0.0016	m3
<b>Cemento</b>	482.66	gr
<b>Agr. Grueso</b>	2363.41	gr
<b>Agua</b>	152.31	gr

**FUENTE:** Elaboración propia

**CUADRO N° 18: VOLUMEN PARA TESTIGO (30 CM X 15 CM)**

<b>Volumen para testigo (20 cm x 10 cm)</b>		
<b>Vol 1 testigo</b>	0.0066	m3
<b>Cemento</b>	2036.21	gr
<b>Agr. Grueso</b>	9970.63	gr
<b>Agua</b>	642.56	gr

**FUENTE:** Elaboración propia

**CUADRO N° 19: VOLUMEN PARA LOSA (40 CM X 40 CM X 10 CM)**

<b>Volumen para testigo (20 cm x 10 cm)</b>		
<b>Vol 1 testigo</b>	0.0066	m3
<b>Cemento</b>	2036.21	gr
<b>Agr. Grueso</b>	9970.63	gr
<b>Agua</b>	642.56	gr

**FUENTE:** Elaboración propia

Los volúmenes obtenidos tanto para el testigo de concreto de 15cm. x 30cm. como para la losa se calcularon con un 25% y 10% de desperdicio respectivamente.

## B. DISEÑO DE MEZCLA TIPO II – CON AGREGADO FINO

Para el Tipo II con agregado Fino inicialmente se diseñaron 1 modelo (modelo N°2) variando el % de finos y % pasta cementante para ir probando tanto la permeabilidad como la resistencia a compresión.

Posteriormente debido a que las resistencias salían relativamente bajas se optó por hacer 2 modelos más (modelo N°3 y N°4) variando el % finos, % pasta cementante y la relación A/C.

### PROCEDIMIENTO:

1) Hallar la masa seca total de los agregados :

**ECUACIÓN N° 12:** Masa total seca de los agregados.

$$W_{Ts} = P_{ug} * V_t$$

Dónde,

**WTs** : Masa total de los agregados seco (kg).

**Pug** : Masa unitaria del agregado grueso (kg/m<sup>3</sup>).

**Vt** : Volumen total de la mezcla (m<sup>3</sup>).

2) Posteriormente se calcula la masa total de los agregados saturados con superficie seca:

**ECUACIÓN N° 13:** Masa total de los agregados saturados.

$$W_{TSSS} = W_{Ts} * \left(1 + \frac{\%Absg}{100}\right)$$

Dónde,

**WTSSS** : Masa total de los agreg. saturados con superficie seca (kg).

**%Absg** : Porcentaje de absorción del agregado grueso (porcentaje).

3) Hallar la masa del agregado fino saturado con superficie seca:

**ECUACIÓN N° 14:** Masa del agregado fino.

$$W_{FSSS} = W_{TSSS} * \frac{\%F}{100}$$

Dónde,

**WFSSS** : Masa del agregado fino saturado con superficie seca (kg).

**%F** : Porcentaje de agregado fino que se usará en la mezcla

- 4) Calcular la masa seca del agregado fino:

**ECUACIÓN N° 15:** Masa seca del agregado.

$$W_{Fs} = \frac{W_{FSSS}}{\left(1 + \frac{\%Absf}{100}\right)}$$

Dónde,

**WFs** : Masa del agregado fino seco (kg).

**%Absf**: Porcentaje de absorción del agregado fino (porcentaje).

- 5) Se calcula la masa del agregado fino en estado natural:

**ECUACIÓN N° 16:** Masa del agregado fino.

$$W_{Fen} = W_{Fs} * \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right)$$

Dónde,

**WFen** : Masa del agregado fino en estado natural (kg).

**%Wf** : Humedad natural del agregado fino (porcentaje).

- 6) Con la cantidad de agregado fino que se va a usar, se debe calcular la cantidad de agregado grueso necesaria. En este caso se descontará el material fino en estado saturado con superficie seca de la masa total de agregados en el mismo estado, con lo que se obtiene la masa del agregado grueso saturado con superficie seca que se utilizará en la mezcla:

**ECUACIÓN N° 17:** Masa del agregado grueso saturado.

$$W_{GSSS} = W_{TSSS} - W_{FSSS}$$

Dónde,

**WGSSS** : Masa del agregado grueso saturado con superficie seca (kg).

- 7) A continuación se calcula la masa del agregado grueso seco:

**ECUACIÓN N° 18:** Masa del agregado grueso seco.

$$W_{Gs} = \frac{W_{GSSS}}{\left(1 + \frac{\%Absg}{100}\right)}$$

Dónde,

**WGs** : Masa del agregado grueso seco (kg).

**%Absg** : Porcentaje de absorción del agregado grueso (porcentaje).

8) Se calcula la masa del agregado grueso en estado natural:

**ECUACIÓN N° 19:** Masa del agregado grueso.

$$W_{Gen} = W_{Gs} * \left(1 + \frac{\%Wg}{100}\right)$$

Dónde,

**Wgen** : Masa del agregado grueso en estado natural (kg).

**%Wg** : Humedad natural del agregado grueso (porcentaje).

Es importante notar que la cantidad de agregado grueso se ve disminuida, debido a que ese espacio es utilizado por el agregado fino incluido en la dosificación.

9) El volumen de pasta se lo va a determinar con la siguiente fórmula, una vez que se haya impuesto el porcentaje de pasta cementante que se va a utilizar. Este porcentaje deberá disminuir en 2% por cada 10% de agregado fino que se use en la mezcla bien compactada y en 1% por cada 10% de agregado fino que se use en la mezcla livianamente compactada,

**ECUACIÓN N° 20:** Volumen de pasta cementante.

$$V_p = V_t * \frac{\%Vp - \%}{100}$$

Dónde,

**Vp** : Volumen de pasta cementante (m3).

**%Vp** : Porcentaje de pasta cementante (porcentaje).

**%** : Porcentaje que se debe disminuir dependiendo de la cantidad de agregado fino (porcentaje).

10) Hallar el contenido del cemento:

**ECUACIÓN N° 21:** Masa del cemento.

$$C = \left( \frac{V_p}{\frac{1}{G_{ec}} + a/c} \right) * P_{ua}$$

Dónde,

**C** : Masa del cemento (kg).

**a/c** : Relación agua/cemento (adimensional).

**Pua** : Masa unitaria del agua (kg/m<sup>3</sup>).

**Gec** : Gravedad específica del cemento (adimensional).

11) Se procede a calcular el contenido de agua:

**ECUACIÓN N° 22:** Contenido del agua.

$$A_m = C * a/c + W_{gs} * \left( \frac{\%Absg - \%Wg}{100} \right) + W_{fs} * \left( \frac{\%Absf - \%Wf}{100} \right)$$

Dónde,

**Am** : Masa del agua (kg).

**%Absg** : Porcentaje de absorción del agregado grueso (porcentaje).

**%Absf** : Porcentaje de absorción del agregado fino (porcentaje).

Finalmente se hallaron los valores de:

- C (kg)
- Wfen (kg)
- Wgen (kg)
- Am (kg)

A continuación detallaremos el procedimiento del modelo N°4 ya que dieron mejores resultados al momento de hacer las pruebas de concreto en cuanto a la permeabilidad y resistencia a la compresión. Los modelos restantes (N°2, N°3 y N°5) sólo se especificarán los datos generales (% finos, % pasta cementante y relación A/C) y las cantidades obtenidas de los materiales en 1m<sup>3</sup>.



**b) Modelo N° 02:**

Datos necesarios:

**CUADRO N° 23:** Dosificación del modelo N° 02.

<b>DOSIFICACIÓN</b>		
% finos	2.50	
% pasta cementante	22	
a/c	0.3	
Cantidad de Concreto	1.00	m3
Densidad del agua	1000	kg/m3
Peso Específico cemento	2.85	gr/cm3

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 21:** Pesos para un metro cúbico de mezcla.

<b>LOS PESOS PARA 1M3 SON:</b>		
Contenido de cemento=	330.32	kg
Agregado fino=	38.02	kg
Agregado grueso=	1467.02	kg
Contenido de agua=	103.48	kg

**FUENTE:** Elaboración propia.

**c) Modelo N° 03:**

**CUADRO N° 22:** Dosificación para el modelo N° 03.

<b>DOSIFICACIÓN</b>		
% finos	5.00	
% pasta cementante	24	
a/c	0.3	
Cantidad de Concreto	1.00	m3
Densidad del agua	1000	kg/m3
Peso Específico cemento	2.85	gr/cm3

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 23:** Pesos para un metro cúbico de mezcla del modelo N°03.

<b>LOS PESOS PARA 1M3 SON:</b>		
Contenido de cemento=	353.37	kg
Agregado fino=	76.04	kg
Agregado grueso=	1429.41	kg
Contenido de agua=	109.99	kg

**FUENTE:** Elaboración propia.

**d) Modelo N° 04:**

Datos necesarios:

**CUADRO N° 24:** Dosificación para el modelo N° 04.

<b>DOSIFICACIÓN</b>		
% finos	8.00	
% pasta cementante	28	
a/c	0.3	
Cantidad de concreto	1.00	m3
Densidad del agua	1000	kg/m3
Peso Específico cemento	2.85	gr/cm3

**FUENTE:** Elaboración propia

**CUADRO N° 25:** Resultados de los ensayos de los agregados.

<b>AGREGADO GRUESO</b>		<b>AGREGADO FINO</b>		
Peso unitario comp.	1.838	Peso unitario	1.615	gr/cm3
Peso específico	2.673	Peso específico	2.647	gr/cm3
% Absorción	1.02	% Absorción	1.59	%
% Humedad	0.74	% Humedad	1.48	%

**FUENTE:** Elaboración propia

Con estos valores se hallará la dosificación:

**1) PESO DEL AGREGADO SECO**

$$WTs = 1615.00 \text{ kg}$$

**2) AJUSTE A PESO SSS**

$$WTsss = 1631.47 \text{ kg}$$

**3) PESO DEL AGREGADO FINO SSS**

$$WFsss = 130.51 \text{ kg}$$

**4) PESO DEL AGREGADO FINO SECO**

$$WFs = 128.57 \text{ kg}$$

**AGREGADO FINO ESTADO NATURAL:**

$$Wfen = 130.47 \text{ kg}$$

**5) PESO DEL AGREGADO GRUESO SSS**

$$WGsss = 1500.96 \text{ kg}$$

**6) PESO DEL AGREGADO GRUESO SECO**

$$WG_s = 1485.80 \text{ kg}$$

**7) AGREGADO GRUESO ESTADO NATURAL:**

$$W_{gen} = 1496.79 \text{ kg}$$

**8) DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA**

$$V_p = 0.2650 \text{ m}^3$$

**9) DETERMINAR EL CONTENIDO DE CEMENTO**

$$C = 407.14 \text{ kg}$$

**10) DETERMINAR EL CONTENIDO DE AGUA**

$$A_m = 125.64 \text{ kg}$$

**CUADRO N° 26:** Pesos para un metro cúbico de mezcla del modelo N°04.

<b>FINALMENTE LOS PESOS PARA 1M3 SON:</b>		
Contenido de cemento =	407.14	kg
Agregado fino =	121.66	kg
Agregado grueso =	1384.27	kg
Contenido de agua =	125.64	kg

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 27:** Volumen de mezcla del modelo N°04.

<b>DETERMINAR VOLUMENES</b>		
Vol. Agregado grueso =	0.5310	m <sup>3</sup>
Vol. Agregado fino =	0.0476	m <sup>3</sup>
Vol. Cemento =	0.1429	m <sup>3</sup>
Vol. Agua =	0.1221	m <sup>3</sup>
Volumen total =	0.8436	m <sup>3</sup>

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 28:** Volumen para testigo (20cm x 10cm) del modelo N°04.

<b>VOLUMEN PARA TESTIGO (20 CM X 10 CM)</b>		
Vol. 1 testigo	0.0016	m3
Cemento	639.52	gr
Agr. Fino	191.10	gr
Agr. Grueso	2174.34	gr
Agua	197.34	gr

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 29.** Volumen para testigo (30cm x 15cm) del modelo N°04.

<b>VOLUMEN PARA TESTIGO (30 CM X 15 CM)</b>		
Vol. 1 testigo	0.0066	m3
Cemento	2697.97	gr
Agr. Fino	806.20	gr
Agr. Grueso	9172.98	gr
Agua	832.54	gr

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 30:** Volumen para losa (40cm x 40cm x 10cm) del modelo N°04.

<b>VOLUMEN PARA LOSA (40 CM X 40 CM X 10 CM)</b>		
Vol. para 1 losa	0.0176	m3
Cemento	7165.71	gr
Agr. Fino	2141.23	gr
Agr. Grueso	24363.08	gr
Agua	2211.20	gr

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 31:** Volumen para testigo (20cm x 10cm).

<b>VOLUMEN PARA TESTIGO (20 CM X 10 CM)</b>		
Vol. 1 testigo	0.0016	M3
Cemento	639.52	gr
Agr. Fino	191.10	gr
Agr. Grueso	2174.34	gr
Agua	197.34	gr

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 32:** Volumen para testigo (30cm x 15cm).

<b>VOLUMEN PARA TESTIGO (30 CM X 15 CM)</b>		
Vol. 1 testigo	0.0066	m3
Cemento	2697.97	gr
Agr. Fino	806.20	gr
Agr. Grueso	9172.98	gr
Agua	832.54	gr

**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 33:** Volumen para testigo (40cm x 40cm x 10cm).

<b>VOLUMEN PARA LOSA (40 CM X 40 CM X 10 CM)</b>		
Vol. para 1 losa	0.0176	m3
Cemento	7165.71	gr
Agr. Fino	2141.23	gr
Agr. Grueso	24363.08	gr
Agua	2211.20	gr

**FUENTE:** Elaboración propia.

**e) Modelo N° 05:**

**CUADRO N° 34:** Dosificación para el modelo N° 05.

<b>DOSIFICACIÓN</b>		
% finos	10.00	
% pasta cementante	30	
a/c	0.3	
Cantidad de hormigón	1.00	m3
Densidad del agua	1000	kg/m3
Peso Específico cemento	2.85	gr/cm3

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 35:** Pesos para un metro cúbico de mezcla del modelo N°05.

<b>LOS PESOS PARA 1M3 SON:</b>		
Contenido de cemento =	430.19	kg
Agregado fino =	152.08	kg
Agregado grueso =	1354.17	kg
Contenido de agua =	132.23	kg

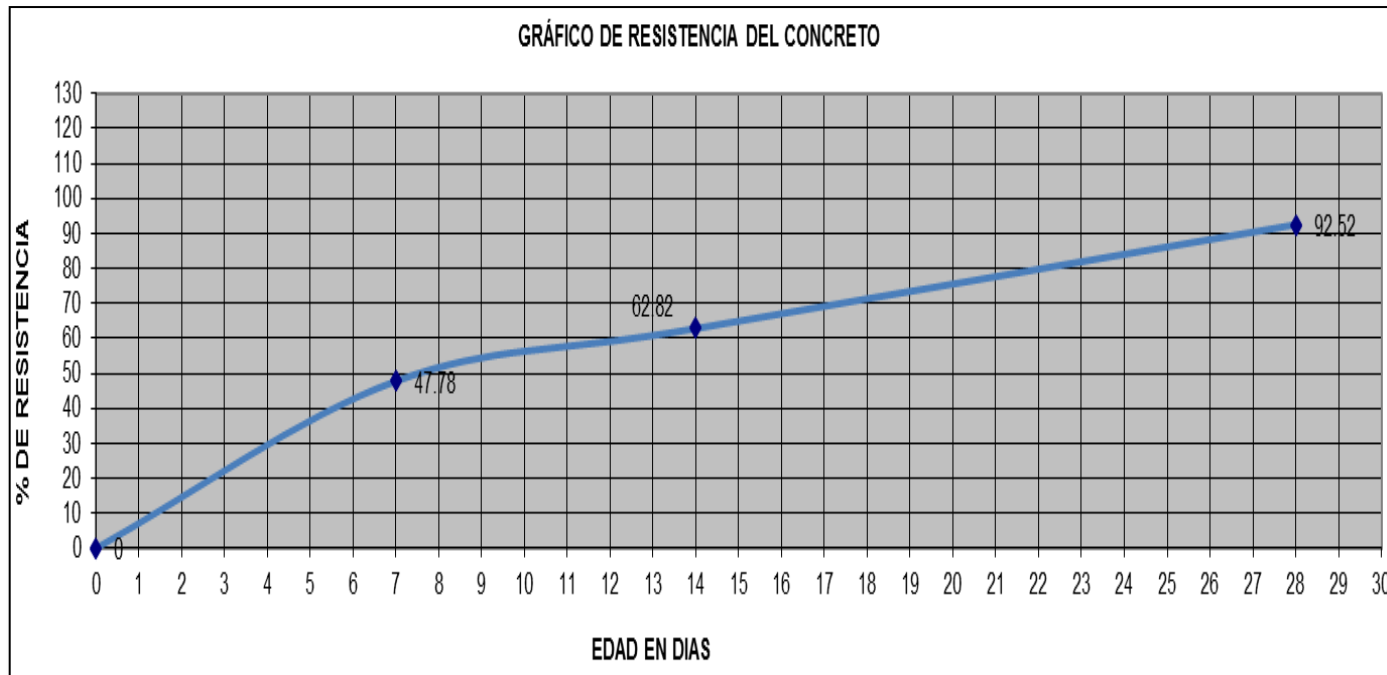
**FUENTE:** Elaboración propia.

**CUADRO N° 36:** Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 1.

N°	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (φ)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	ESPECIMEN 1/ SIN ARENA	18/10/2017	7	25/10/2017	8,444.00	15.00	176.715	47.78	100	47.78
2	ESPECIMEN 1/ SIN ARENA	18/10/2017	14	01/11/2017	11,102.00	15.00	176.715	62.82	100	62.82
3	ESPECIMEN 1/ SIN ARENA	18/10/2017	28	15/11/2017	16,350.00	15.00	176.715	92.52	100	92.52

**FUENTE:** Elaboración propia.





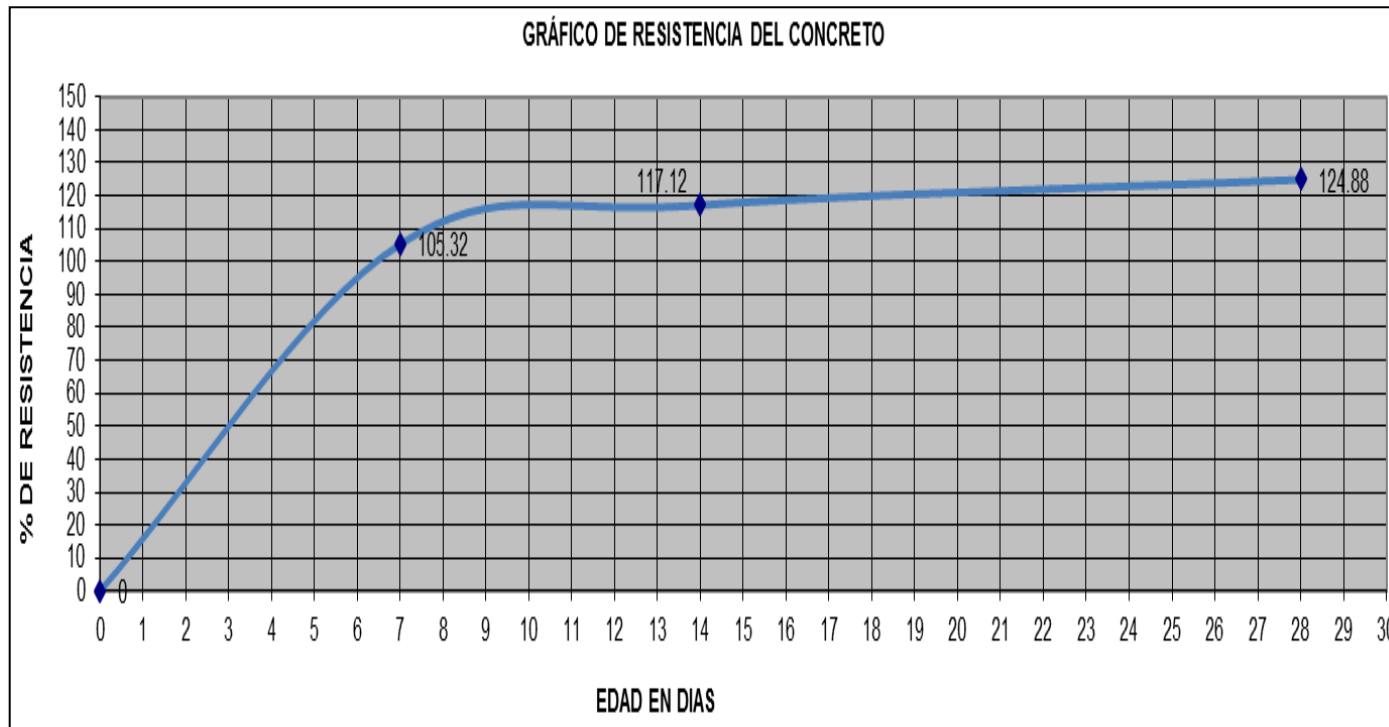
**FIGURA N°57:** Gráfico de resistencia del concreto – Punto 1.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**CUADRO N° 37:** Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 2.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (φ)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	7	25/10/2017	18,611.00	15.00	176.715	105.32	100	105.32
2	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	14	01/11/2017	20,697.00	15.00	176.715	117.12	100	117.12
3	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	28	15/11/2017	22,069.00	15.00	176.715	124.88	100	124.88

**FUENTE:** Elaboración propia.



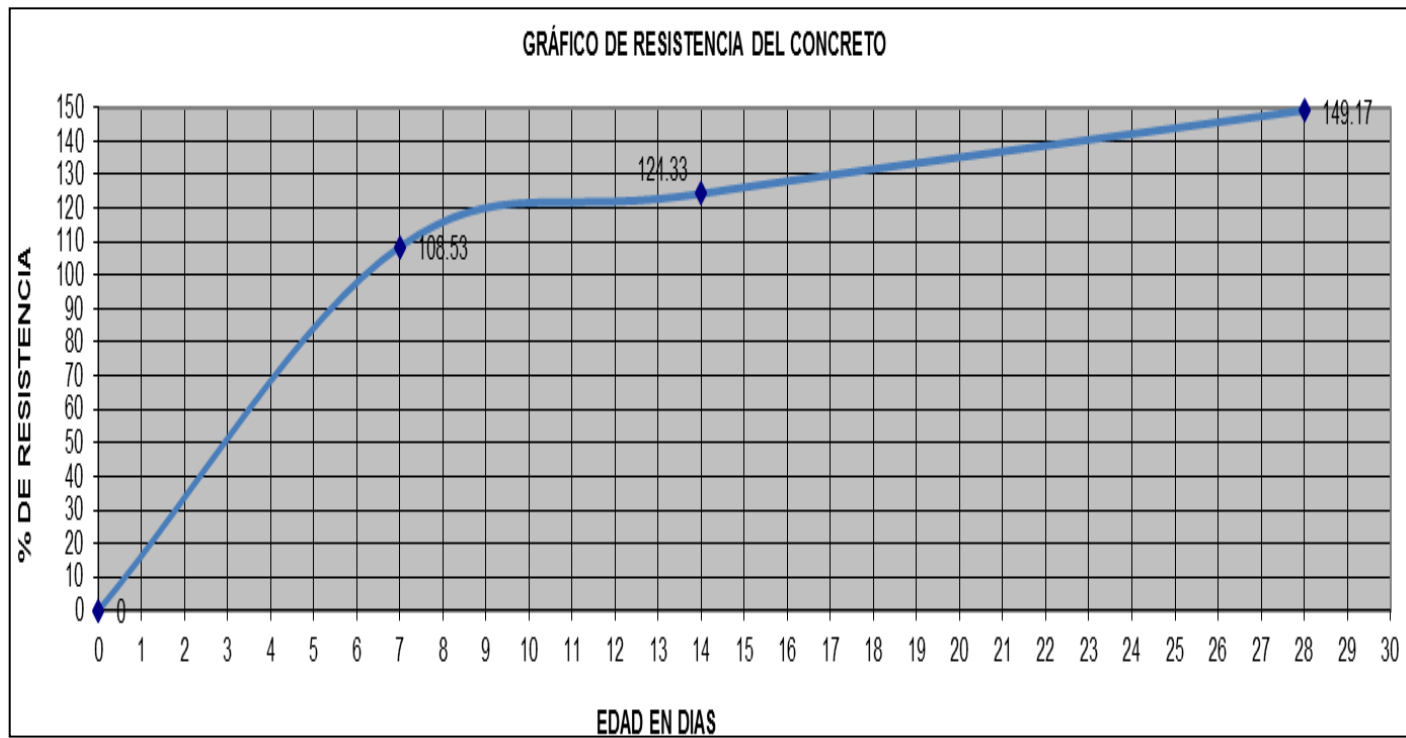
**FIGURA N°58:** Gráfico de resistencia del concreto – Punto 2.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**CUADRO N° 38:** Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 3.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (φ)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	7	25/10/2017	19,179.00	15.00	176.715	108.53	100	108.53
2	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	14	01/11/2017	21,971.00	15.00	176.715	124.33	100	124.33
3	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	28	15/11/2017	26,361.00	15.00	176.715	149.17	100	149.17

**FUENTE:** Elaboración propia.



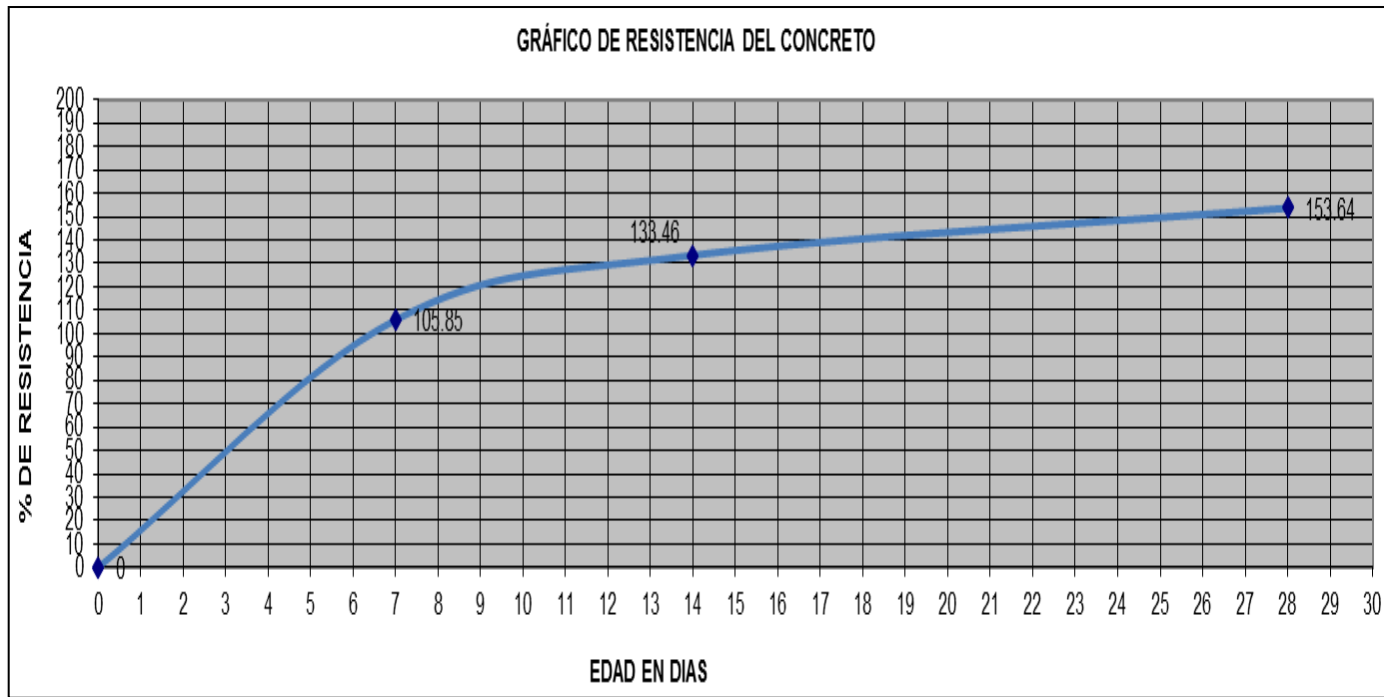
**FIGURA N°59:** Gráfico de resistencia del concreto – Punto 3.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**CUADRO N° 39:** Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 4.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO ( $\phi$ )	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	7	25/10/2017	18,705.00	15.00	176.715	105.85	100	105.85
2	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	14	01/11/2017	23,585.00	15.00	176.715	133.46	100	133.46
3	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	28	15/11/2017	27,150.00	15.00	176.715	153.64	100	153.64

**FUENTE:** Elaboración propia.



**FIGURA N°60:** Gráfico de resistencia del concreto – Punto 4.

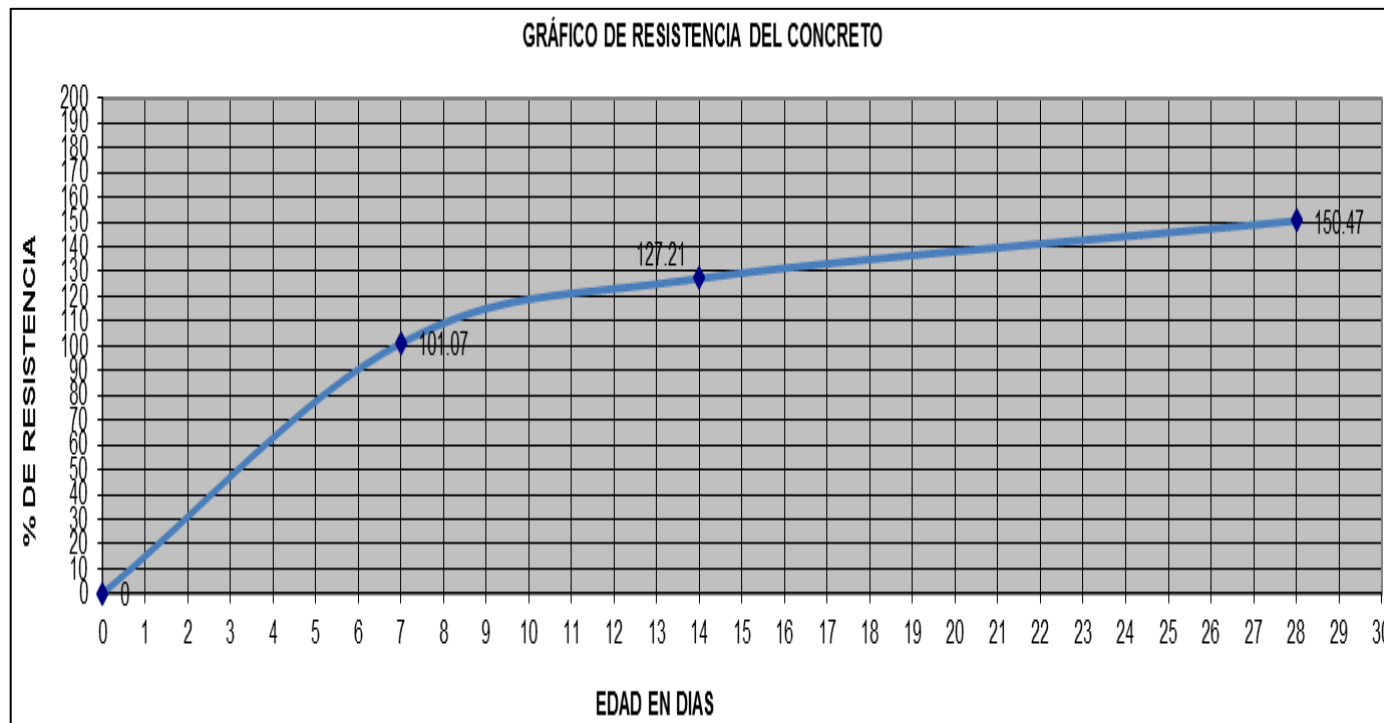
**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**TABLA N° 40:** Pruebas de resistencia a la compresión – Punto 5.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (φ)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	7	25/10/2017	17,860.00	15.00	176.715	101.07	100	101.07
2	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	14	01/11/2017	22,480.00	15.00	176.715	127.21	100	127.21
3	ESPECIMEN - CON ARENA	18/10/2017	28	15/11/2017	26,590.00	15.00	176.715	150.47	100	150.47

**FUENTE:** Elaboración propia.





**FIGURA N°61:** Gráfico de resistencia del concreto – Punto 5.

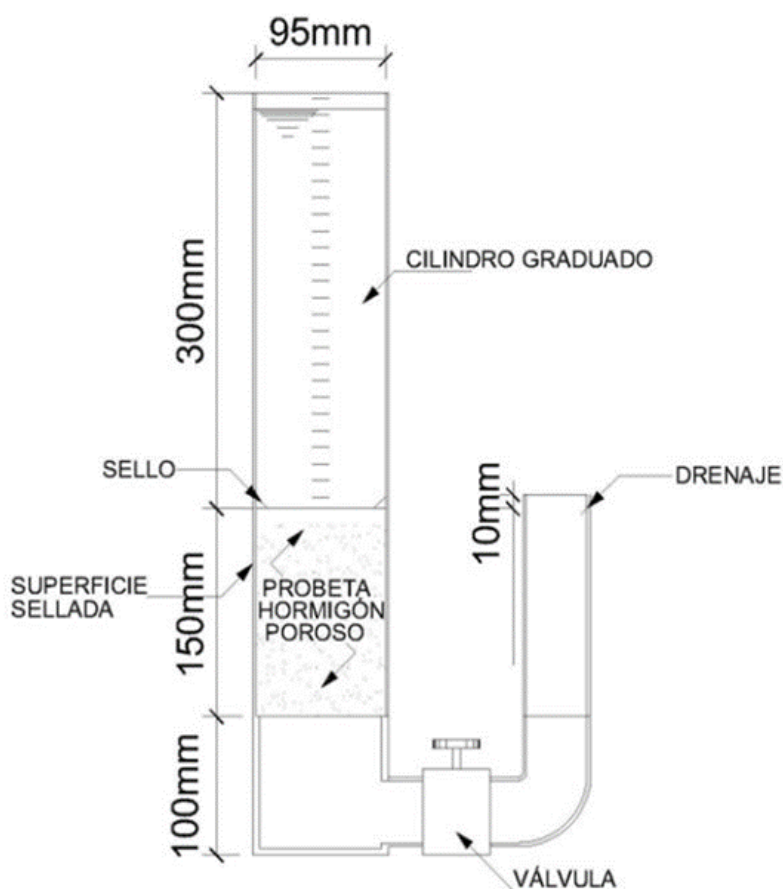
**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

#### 4.7. PERMEABILIDAD.

Para llevar a cabo las pruebas de permeabilidad se debe realizar un cilindro de 101,6mm de diámetro y por 116,4mm de altura; se decidió utilizar un tamaño diferente de cilindro porque es suficiente para el dato que se quiere obtener, se realizó dichas pruebas en cilindros de 20 por 10 cm ya que probablemente sea proporcional por tener características de densidad y compactación similares; además se ajusta a la recomendación del ACI.

Antes de iniciar la prueba, los cilindros fueron envueltos en plástico para que encajaran de mejor manera en el permeámetro, además de evitar que durante la prueba el agua se moviera entre el tubo y el espécimen.

El parámetro se construyó tomando como base la recomendación dada en el ACI 522R-10, donde se habla de un permeámetro de carga variable utilizado en una investigación realizada por Neithalath et al. En 2006.



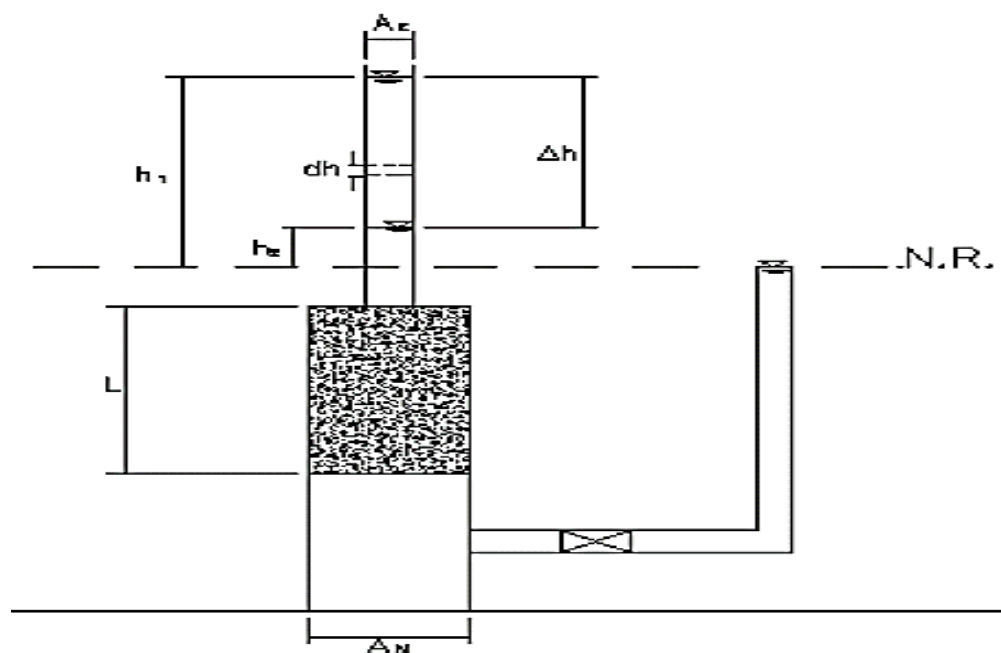
**FIGURA N°62:** Permeámetro de carga variable tomado del ACI 522R-10.

**FUENTE:** Informe Tesis, Yovana Diaz Silva.

Para el cálculo de la permeabilidad de los especímenes se utilizó la siguiente ecuación:

**ECUACION N° 23:** Permeabilidad en permeámetro de carga variable.

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln \frac{h_1}{h_2}$$

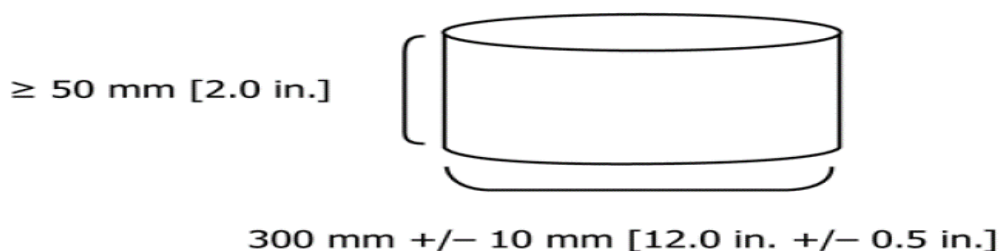


**FIGURA N°63:** Diagrama permeámetro de carga variable.

**FUENTE:** Metodología diseño concretos permeables respectivas - ENSAYO DE PERMEABILIDAD.

#### 4.8. INFILTRACION.

La prueba de infiltración se realiza en la loseta como homóloga de la de permeabilidad en el laboratorio. Para llevar a cabo esta prueba se utilizó la norma ASTM C1701; donde se indica que para áreas de hasta 2 500 m<sup>2</sup> se debe realizar la prueba en tres lugares distintos. Se debe utilizar un aro como el que se ve en la Figura 22 con marcas a los 10 mm y 15 mm donde se mantendrá el nivel de agua durante la prueba. Finalmente, obtenidos los datos, se procede a realizar el cálculo de la infiltración con la Ecuación 6.



**FIGURA N°64:** Dimensiones del aro de infiltración.

**FUENTE:** Metodología diseño concretos permeables respectivas - ENSAYO DE PERMEABILIDAD.



**FIGURA N°65:** Vertimos agua en el aro y calculamos el tiempo de filtración.

**FUENTE:** Metodología diseño concretos permeables respectivas - ENSAYO DE PERMEABILIDAD.

**CUADRO N°41:** Permeabilidad de las losas de concreto.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K)								
N° de muestra	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	Ln (h1/h2)	k (cm/seg)
1	15	90.00	90.00	30	26	9	0.143	0.270
2	15	90.00	90.00	30	26	10	0.143	0.243
3	15	90.00	90.00	30	26	11	0.143	0.221
4	15	90.00	90.00	30	26	10	0.143	0.243
5	15	90.00	90.00	30	26	9	0.143	0.270
6	15	90.00	90.00	30	26	9	0.143	0.270
7	15	90.00	90.00	30	26	10	0.143	0.243
8	15	90.00	90.00	30	26	11	0.143	0.221
9	15	90.00	90.00	30	26	10	0.143	0.243
10	15	90.00	90.00	30	26	8	0.143	0.304
							<b>Promedio</b>	<b>0.253</b>

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

**ENSAYO DE INFILTRACION**

**FIGURA N°66:** Losa de dimensiones 40cm x 40cm x 10cm.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°67:** Colocamos en la base un aro el cual tenemos su área y en otro envase una cantidad de agua.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA N°68:** Vertimos una cantidad de agua en el aro y calculamos el tiempo de filtración sobre la losa.

**FUENTE:** Elaboración Propia, 2017.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

El diseño de concreto permeable si es aplicable para pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna, ya que los resultados fueron los esperados, a continuación discutiremos detalladamente como fue la cuantificación de resultados que obtuvimos después someterlo a diferentes ensayos In Sito y en gabinete.

Se realizó los ensayos de laboratorio con agregados que pertenecen a la cantera Arunta del distrito Coronel Gregorio Abarracan Lanchipa de la ciudad de Tacna. Se trabajó con piedra chancada de ½" y arena fina, a fin de someterlos a diferentes ensayos y obtener sus propiedades físicas y mecánicas, se realizaron los ensayos como peso unitario suelto y varillado en agregado fino obteniendo un promedio de 1,478 gr/cc y 1,615 gr/cc, peso unitario suelto y varillado en agregado grueso obteniendo un promedio de 1,571 gr/cc y 1,838 gr/cc.; peso específico en agregado fino obteniendo un promedio de 2,647 gr/cc, peso específico en agregado grueso obteniendo un promedio de 2,673 gr/cc.; contenido de humedad en agregado fino obteniendo un promedio de 1,48%, contenido de humedad en agregado grueso obteniendo un promedio de 0,74%.; análisis granulometría y relación de vacíos.

Los cuales nos fueron de importancia para realizar los diseños de mezclas con agregado fino y sin agregado fino con una resistencia de 100kg/cm<sup>2</sup>, así mismo se hicieron testigos de concreto a una edad específica (7, 14, 28 días) para medir su resistencia a la compresión obteniendo resultados que se acercan a lo proyectado, obteniendo en el diseño de mezcla sin agregado fino resistencias a la compresión de 47.78, 62.82 y 92.52 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y un promedio en diseños de mezclas con agregado fino resistencias a la compresión de 105.19, 125.53 y 151.10 kg/cm<sup>2</sup>.

También se realzo dos losas de concreto permeable para medir su permeabilidad obteniendo un promedio de 0.25 cm/seg en diseños de mezclas sin agregado fino y un promedio de 0.00 cm/seg en diseños de mezclas con agregado fino.



## CONCLUSIONES

- El concreto permeable diseñado con los agregados de la cantera Arunta, son óptimos para el diseño del concreto permeable y su aplicación para pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna.
- Los agregados de la cantera Chahua - Arunta son óptimos para el diseño del concreto permeable en la ciudad de Tacna.
- El diseño de mezcla diseñado es óptimo para el concreto permeable, cuando solo se considera agregado grueso en su composición.
- La relación entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto permeable adopta una forma lineal, por lo que si la resistencia aumenta la permeabilidad disminuye.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para un futuro estudio realizar el diseño de mezcla para el concreto permeable utilizando otro agregado grueso, con el motivo de verificar su comportamiento.
- Se recomienda tener cuidado en los procedimientos de instalación del concreto permeable, debido a que esto afectaría directamente en su comportamiento.
- La implementación de sistemas de drenaje complementarios a pavimentos que utilicen las mezclas de concreto permeable, esto con el fin de ver el verdadero impacto ambiental que podrían generar.
- Para la realización de concreto permeable, es necesario realizar estudios enfocados a la normatividad de diseño y al desarrollo de métodos de ensayo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Concrete Institute 309R. (2005). *Guide for Consolidation of Concrete*. Estados Unidos de America: Ing. Raul Huerta Martinez.

American Concrete Institute 522R. (2010). *Reporte 522R:10 Reporte en Concreto Permeable*. Estados Unidos de America: ACI.

EPA. (1999). *Storm Water Technology Fact Sheet, Porous Pavement, EPA 832- 99-*. Washington, D.C., Estados Unidos de America: Municipal Technology Branch.

Guizado, A; Curi, E. (2011). *Evaluación del concreto permeable con una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales en la costa noeste del Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

institute, A. c. (2011). *Pervious concrete*. ACI International: ACI 522R Report.

Meininger, R. (1988). No fines pervious concrete for paving. *Concrete International*, 20-27.

Mendoza, C. (2009). *Estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos*. Mexico: Universidad nacional autonoma de Mexico.

Paine, J. (1992). *Portland cement pervious pavement construction*. Estados Unidos de America: Concrete Construction Journal.

Perú, M. d. (2008). *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima: Aprobado por la Resolución Ministerial N° 305-2008-MTC/02.

Tennis, P. , Leming, M., & Akers, D. . (2004). *Pervious Concrete Pavements*. Estados Unidos de America: Portland Cement Association.

# ANEXOS

**TABLA N° 42: Matriz de Consistencia.**

<b>“DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE TACNA-2017”</b>			
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACION</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>IDENTIFICACION DE VARIABLES E INDICADORES</b>
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	
¿Cuál es el comportamiento del concreto permeable aplicada para pavimentos de bajo volumen de tránsito en la ciudad de Tacna?	Diseñar un concreto permeable con los agregados que mayormente se utilizan de la ciudad, con la finalidad de aplicarlo para pavimentos de bajo volumen de tránsito.	El concreto permeable diseñado con los agregados de la ciudad, cumple con los parámetros de permeabilidad y resistencia de compresión y es aplicable para pavimentos de bajo volumen de tránsito.	<b>Variable Independiente:</b>  DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE.
<b>Problema Específico:</b>	<b>Objetivos Específico</b>	<b>Hipótesis Especifica:</b>	<b>Indicador:</b>
1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chahua - Arunta para un diseño de concreto permeable?	Estudiar y cuantificar los resultados de los ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chahua - Arunta del distrito Gregorio Albarracín de la ciudad de Tacna.	Los agregados de la cantera Chahua - Arunta son óptimos y están en los parámetros para el diseño del concreto permeable.	Consiste en realizar un Diseño de Mezcla para Concreto Permeable, usando los Agregads de la Cantera Chahua - Arunta.
2. ¿Qué diseño de mezcla se aplicaría para obtener un buen concreto permeable usando los agregados de la cantera Chahua - Arunta?	Realizar diseños de mezclas para un concreto permeable con agregado fino y sin agregado fino de la cantera Chahua - Arunta.	Para que el diseño de mezcla tenga una buena dosificación y el concreto permeable sea óptimo, se considera poco o nada de agregado fino en su composición.	<b>Variable Dependiente:</b>  APLICACIÓN PARA PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE TACNA-2017.
3. ¿¿Cuál de las dos losas diseñadas con y sin agregado fino cumplen con la permeabilidad requerida para un concreto permeable?	Cuantificar la permeabilidad que se obtiene del diseño del concreto permeable utilizando los agregados de la cantera Arunta.	La permeabilidad es óptimo cuando el concreto permeable no considera en su composición agregado fino.	<b>Indicador:</b>  Verificar el comportamiento del Diseño Concreto Permeable Aplicado para Pavimentos de Bajo Volumen de transito en la Ciudad de Tacna.

**FUENTE:** Elaboración propia.