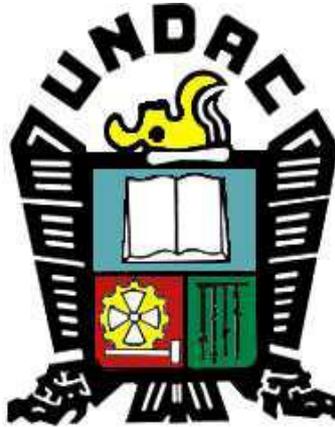


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en  
Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de  
Yanacancha – 2019**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Civil**

**Autor: Bach. Clenin MELGAREJO ILLESCAS**

**Asesor: Mg. Cayo PALACIOS ESPIRITU**

**Cerro de Pasco – Perú - 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en  
Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de  
Yanacancha – 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. José Eli CASTILLO MONTALVAN**  
**PRESIDENTE**

---

**Arq. José German RAMIREZ MEDRANO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Pedro YARASCA CORDOVA**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación es dedicado en primer lugar a Dios,

A mis padres Jorge y Esther por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi vida profesional, por su incondicional apoyo durante la vida que llevo.

A mis hermanos y familiares por su arduo apoyo y consejos en la carrera que desempeño.

## **RECONOCIMIENTO**

Agradezco a mis familiares por sus consejos y motivación de continuar dando mi mejor esfuerzo al desarrollar esta tesis.

A todos los docentes que me enseñaron a lo largo mi formación profesional, dentro de las aulas de la E.F.P de ingeniería civil de nuestra Universidad.

A mis colegas y amigos que dieron un aporte para avanzar y mejorar la presente tesis.

Agradezco a mis padres y hermanos por la motivación diaria para realizar este estudio de tesis y lograr mis metas y objetivo para el bien de la familia

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la adición de escoria metálica en el concreto permeable el cual será aplicado para pavimentos urbanos en la ciudad de la Pasco, sometiendo dicho concreto a ensayos en su estado fresco y endurecido.

Para lo cual se realizaron diversos diseños de mezclas que están en referencia a la relación agua / material cementante los cuales son igual a 0.30, 0.40, 0.50 respectivamente, con un slump aproximado de 4 a 6" lo cual se hace referencia para el diseño de este concreto también se incorporó diversos porcentajes de escoria los cuales son 5%, 15% y 20% referente al cemento por lo cual respecto a las diversas variables se realizaron un total de 27 diseños de mezclas.

Respecto a los materiales para el desarrollo de esta investigación se realizó la caracterización de agregado grueso o piedra chancada asimismo se realizó el análisis químico de la escoria que es el material obtenido de la fundición de materiales metálicos en la ciudad de la Pasco de la empresa Volcan SAC, el cemento a usarse fue el Portland Tipo I y se utilizó agua potable.

En cada una de las muestras patrón y experimental se les realizaron ensayos de peso unitario, asentamiento, temperatura, resistencia a la compresión y la permeabilidad en el concreto en su estado endurecido. Dichos resultados fueron sometidos a un análisis comparativo entre las diversas mezclas respecto al patrón.

**Palabra clave:** Concreto permeable, Pavimentos urbanos

## SUMMARY

The objective of this research work is to determine the influence of the addition of slag in pervious concrete which will be applied to urban pavements in the city of Pasco, subjecting said concrete to tests in its fresh and hardened state.

For which diverse designs of mixtures were made that are in reference to the relation water / cementitious material which are equal to 0.30, 0.40, 0.50 [2] respectively, with an approximate slump of 1 "which is referenced for the design of this concrete was also incorporated various slag percentages which are 5%, 15% and 20% regarding the cement so with respect to the Various variables were made in a total of 27 mix designs.

Regarding the materials for the development of this investigation, the characterization of coarse aggregate or crushed stone was carried out, as well as the chemical analysis of the slag, which is the material obtained from the Pasco smelter of the company Volcan, the cement Portland type I was used and drinking water was used.

In each of the standard and experimental samples were carried out tests of unit weight, settlement, temperature, resistance to understanding and permeability in the concrete in its hardened state. These results were subjected to a comparative analysis between the various mixtures with respect to the standard.

**Keyword:** Permeable concrete, Urban pavements

## **INTRODUCCION**

La ciudad de Pasco cuenta con gran proporción de escoria, producto de las fundiciones que se realizan en el complejo metalúrgico Volcán SAC que en su mayoría constan de residuos metálicos dicho elemento en el Perú no es un material al cual se le da utilidad con eficacia, a pesar de que existen grandes depósitos en la ciudad de Pasco.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de este material, y el destino que se le pueda dar hacia los pavimentos permeables para contrarrestar las fuertes lluvias que se generan con mayor intensidad en las épocas de invierno en la ciudad de Pasco, dichas lluvias discurren por los pavimentos, deteriorando y haciendo insensible el tránsito peatonal, por lo que se propone el desarrollo del concreto permeable el cual será mejorado con la adición de escoria metálica.

La presente investigación intitulada: “INFLUENCIA DE LA ESCORIA AL PRODUCIR CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS URBANOS DE LA CIUDAD DE PASCO – DISTRITO DE YANACANCHA 2019”, se desarrolló la evaluación de las propiedades del concreto permeable con la adición de la escoria en diversas proporciones.

# INDICE

<b>RECONOCIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I: .....</b>	<b>11</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACION .....</b>	<b>11</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1 <i>General</i> .....	12
1.2.2 <i>Específicos</i> .....	12
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	13
1.3.2 <i>Específicos</i> .....	13
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	13
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.5.1 <i>Espacial</i> .....	14
1.5.3 <i>Temporal</i> .....	16
<b>CAPÍTULO II: .....</b>	<b>17</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>17</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	17
2.2 TEORÍAS BÁSICAS .....	21
2.2.1 <i>Escoria</i> .....	21

2.2.2 Concreto permeable .....	29
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	47
2.3.1 Escoria. ....	47
2.3.2 Concreto. ....	47
2.3.3 Permeable.....	47
2.3.4 Pavimentos. ....	48
2.4 HIPÓTESIS .....	48
2.4.1 Hipótesis general. ....	48
2.4.2 Hipótesis específica.....	48
2.5 VARIABLES .....	49
2.5.1 Escoria .....	49
2.5.2 Concreto permeable .....	49
2.5.3. Variable dependiente.....	50
2.5.4. variable Independiente:.....	50
2.5.5 Operacionalización de la variable.....	50
<b>CAPITULO III: .....</b>	<b>52</b>
<b>METODOLOGIA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>52</b>
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	52
3.1.1 Tipo de investigación .....	52
3.1.2 Nivel de investigación .....	52
3.1.3 Diseño de investigación .....	52
3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	53
3.3.1 Población .....	53
3.3.2 Muestra .....	53
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	53
3.5 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO .....	54
3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	54
3.6.1. Escoria .....	54
3.6.1.1. Componentes químicos de la escoria metálica.....	54
3.6.2. Características de la escoria metálica .....	55

3.6.3.	<i>Granulometría de la escoria metálica promedio</i> .....	59
3.6.4.	<i>Peso específico y absorción de la escoria metálica</i> .....	60
3.6.5.	<i>Peso unitario de la escoria metálica</i> .....	61
3.6.6.	<i>Contenido de Humedad de la escoria</i> .....	62
3.6.7.	<i>Diseño de mezcla</i> .....	63
3.6.7.1.	<i>Diseño de mezcla relación a/c 0.30</i> .....	63
3.6.7.2.	<i>Diseño de mezcla relación a/c 0.40</i> .....	67
3.6.7.3.	<i>Diseño de mezcla relación a/c 0.50</i> .....	70
3.6.8	<i>Peso unitario del concreto fresco</i> .....	74
<b>CAPITULO IV:</b> .....		<b>77</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....		<b>77</b>
4.1	<i>descripción del trabajo de campo</i> .....	77
4.1.1	<i>Ensayos de compresión</i> .....	78
4.2.	<i>Ensayo de Permeabilidad</i> .....	93
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>96</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....		<b>101</b>

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Hoy en día, en el Perú, se viene desarrollando estudios con la utilización de escorias de altos hornos, para la fabricación de diversos tipos de cemento; siendo tendencia en otros países la experimentación con estos.

La escoria metálica se obtiene en función a la capacidad de producción del complejo metalúrgico, considerando la abundancia de materia prima en nuestro país se realizó un estudio detallado de la escoria metálica producido por la DOE RUN -PERU.

El almacenamiento de la escoria metálica genera un gran IMPACTO AMBIENTAL, ya que la utilización actual es mínima con respecto al volumen que se produce, por lo tanto, usarlo como un material productivo para la producción de concreto es una alternativa de solución.

En la ciudad de Pasco en los meses de agosto a diciembre se producen fuertes lluvias las cuales causan la acumulación de volúmenes considerables de agua que se discurren por el pavimento, produciendo daños al concreto, en ocasiones después de estas fuertes lluvias se producen temperaturas bajas y heladas las cuales causan fisuras que consecutivamente se convierten en grietas; por tal motivo se propone usar un concreto permeable producido con escoria metálica en los pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco.

En la siguiente investigación optaremos por realizar una nueva propuesta teniendo como material base las escorias metálicas, impurezas de los hornos de los procesos de purificación, siendo un material abundante en la ciudad de Pasco por lo cual el objetivo principal consta en realizar el diseño de mezcla óptimo de este concreto con una alta resistencia; evaluando los porcentajes de vacíos, así como la permeabilidad en relación agua/cemento y el peso unitario de la mezcla.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 General.**

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco 2019?

### **1.2.2 Específicos.**

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto al establecer el diseño de mezclas óptimo para producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco 2019?
- ¿Cuál es la relación entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco 2019?
- ¿Cuál es la relación entre la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco 2019?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la Ciudad de Pasco 2019.

#### **1.3.2 Específicos.**

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto al establecer el diseño de mezclas óptimo para producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de Ciudad de Pasco 2019
- Determinar la relación entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la Ciudad de Pasco 2019.
- Determinar la relación entre la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de Ciudad de Pasco 2019.

### **1.4 Justificación del estudio**

En las temporadas de invierno se ha podido observar el constante problema de la acumulación de aguas pluviales en los pavimentos de la Ciudad de Pasco, lo cual genera el desgaste del mismo haciéndolo

menos resistente, a su vez afecta de manera directa a la transpirabilidad del peatón.

A través de esta problemática se vio por necesario realizar una investigación en busca de solucionar dicha dificultad, obteniendo un concreto permeable que permita fluir el agua debido a su gran porosidad; teniendo en cuenta de que su resistencia pueda incrementar al aplicar la escoria metálica.

## **1.5 Limitaciones de la investigación**

### **1.5.1 Espacial**

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la ciudad de Pasco. A su vez los ensayos se llevarán a cabo en laboratorio de mecánica de suelos concreto y pavimento de la región.

### **1.5.2 Ubicación Política**

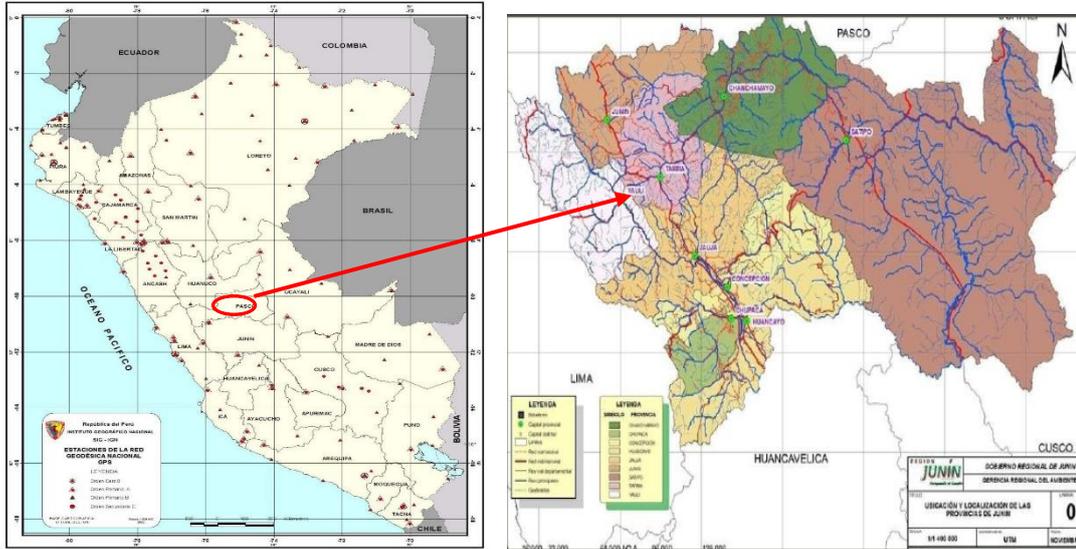
Región: Pasco

Provincia: Pasco

Distrito: Yanacancha

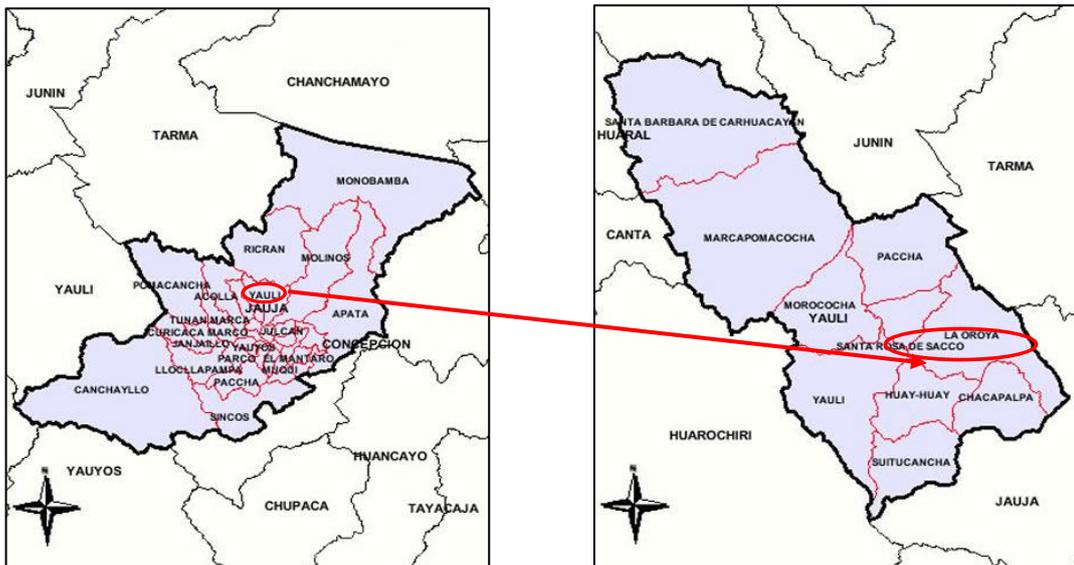
Localidad: San Juan

**Ilustración 1. Ubicación Nacional - Regional**



**Fuente: Ministerio de transportes**

**Ilustración 2. Ubicación Nacional - Regional**



**Fuente: Ministerio de transportes**

### 1.5.3 Temporal

Las condiciones climatológicas como la temperatura, velocidad de viento, humedad relativa y las bajas temperaturas influyen en las propiedades del concreto, estos parámetros tienen diversas variaciones durante todo el año en la ciudad de Pasco, por lo que la presente investigación se desarrolló y evaluó durante los meses de enero - marzo del 2017.

**Ilustración 3.** *Parámetros climáticos promedio de Pasco*

**FUENTE:** SENAMI

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	21	22.2	20	19	19	19	18	19	20	20.3	21	21.9	22.2
Temp. máx. media (°C)	13.4	12.9	12.6	13.9	13.4	13.5	13.7	14.0	13.6	14.1	14.4	14.1	13.6
Temp. media (°C)	7.3	7.3	6.8	7.1	5.9	5.3	5.1	5.5	6.4	7.1	7.3	7.1	6.5
Temp. mín. media (°C)	1.3	1.8	1.0	0.3	-1.6	-2.9	-3.4	-2.9	-0.8	0.1	0.2	0.2	-0.6
Temp. mín. abs. (°C)	-3	-2	-2	-3	-4	-6	-7	-8.1	-7	-5	-4	-3	-8.1
Precipitación total (mm)	120	135	130	68	29	13	15	26	51	80	72	107	846
Días de precipitaciones (≥)	17	19	18	13	7	4	4	6	9	14	13	15	139
Humedad relativa (%)	72.3	74.8	76.8	71.5	68.1	66.3	67.6	65	67.5	69.2	68.1	71.5	69.9

## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

Diaz, Izquierdo, Mejia, y Gordillo (2013) realizaron una investigación relacionada a la aplicación de diversos minerales entre ellos la escoria, a los cementos en diversas proporciones, dando como conclusión de que al emplear la escoria al material cementante si incrementa su resistencia a la compresión , siempre y cuando este sea menor al 20% a los 28 días de ser curado.

Cabrera, Escalante y Castro (2016) estudiaron la aplicación de la escoria al concreto en diversos porcentajes, concluyendo que la cantidad adecuada de aplicación del material que también fue confirmada por juicio de experto, es del 50% donde la resistencia a la compresión se ve incrementada significativamente, pero al ser un porcentaje elevado ya se requiere de un análisis de control de calidad y de un mayor tiempo de curado.

Cruz, Franco y Perez (2014) Realizaron un estudio sobre el reemplazar en diversos porcentajes el agregado fino por la adición de la escoria; Concluyendo de que al realizar los diversos ensayos tales como: Absorción, elasticidad y la resistencia a la compresión obtuvieron un resultado favorable en cada uno de los ensayos respectivos con una adición del 20% de la escoria reemplazada por el agregado fino.

Corcuera y Vela (2018) observaron la gran cantidad de escoria como residuos en la ciudad de Trujillo, que a su vez contaminaba el ambiente;

donde realizaron un estudio al reemplazar en diversos porcentajes al agregado grueso por la escoria; concluyendo de que al reemplazar el agregado en un 50% por dicho residuo la resistencia se ve incrementada significativamente así como la impermeabilidad.

Robayo, Matthey, Urrego y Delvasto (2014) Verificaron la gran cantidad de impacto ambiental que existe y provoca la demolición de diversas construcciones, por lo que realizaron un estudio sobre la reutilización de este concreto (agregados reciclados) con la adición de la escoria en diversos porcentajes; concluyendo de que no se ve afectado el estado fresco de la mezcla, pero si hay una disminución en la resistencia a la compresión entre un 15 y 30%.

Gutiérrez, Pineda, y Vera (2015) realizaron un estudio sobre la adición de la escoria al cemento comercial; realizaron más de 30 combinaciones con diversos porcentajes de adición de la escoria; concluyendo de que al realizar los diversos ensayos la resistencia del concreto donde se le incremento en cierto porcentaje la escoria se ve reducido, donde recomienda no incrementar este material concreto comercial.

Lizarazo, Salas y Escobar (2016) trabajaron en un estudio sobre los efectos que podría surgir en el curado del concreto al adicionarles altos índices de porcentaje de la escoria, donde concluyeron de que la escoria adicionándole al concreto en un curado seco presentan un resultado adverso, mientras que el el concreto que se trabajo bajo condiciones de humedad presento un resultado mejor o similar que un cemento trabajado comunmente.

Mauricio (2016) Realizo un estudio en Colombia sobre la escoria en la aplicación de los pavimentos, donde mencionaba que diversos países de America ya le daban un uso adecuado a este material que en su país se desechaban; concluyendo de que existen diversos estudios realizados el Chile, Mexico entre otros; donde la adición de la escoria a los pavimentos resulta de gran refuerzo para el mismo; recomendando de que se realicen investigaciones mas profundas sobre la aplicación de este material para a su vez realizar una mitigación ambiental.

Los morteros que fueron curados al aire ambiente incrementaron su resistencia pero en edades tempranas concluyendo que es un material que puede ser aplicado en una gran diversidad de construcciones; recomendando que se realicen estudios con mas frecuencia al aplicar este tipo de material para verificar si tiene la misma reacción a los ambientes agresivos.

boza (2011) se intereso por darle un uso en la construcción al material de la escoria que resulta como desperdicio de la elaboración de las planchas ACINOX, realizando los respectivos estudios concluyo de que este material puede ser sustituido en cierto porcentaje por el cemento y los aridos finos ya que no existe mucha variación en la resistencia de ambos y que ayuda a la mitigación ambiental.

Sanchez, Palacios y Puertas (2011) realizaron un estudio al interesarse en buscar un material que sea resistente y adecuado para la construcción de pozos petrolíferos donde concluyeron que al adicionar la escoria al cemento

en un porcentaje de 30 % se verifica una inferioridad en la resistencia mecánicas al compararlo con los cementos ordinarios.

Velez (2010) realizó un estudio sobre la composición del cemento y el incremento de un agregado como refuerzo, donde verificó el porcentaje total de absorción, la resistencia a la compresión, su permeabilidad entre otros; dando como conclusión de que existen dosificaciones donde el concreto alcanza resistencias altas a la compresión, con una perfecta permeabilidad, dando como recomendación que se tiene que realizar más estudios sobre este tipo de concreto.

Tejada, Sarmiento y Huisa (2008) estudió la viabilidad de la aplicación de la escoria como material reciclado al concreto en diversos porcentajes que varían del 10 al 30 %, que sería sustituido por la arena; dando como conclusión de que el porcentaje que mayor significancia tendrá de la escoria en el concreto es el de 20% ya que según los diversos ensayos este estaría por encima de la resistencia habitual del concreto convencional.

Carvajal (2012) realizó un estudio de comparación donde aplicó los dos tipos de escorias en este caso; EHE y ERE; para verificar cuál de estos reaccionaba mejor con el concreto; donde concluyó que al aplicar o reducir la cantidad de cemento Portland al concreto, se ve una gran varianza con respecto al incremento de la resistencia a la compresión que con el concreto convencional.

Cruz, Franco y Pérez Bustos (2014) realizaron un estudio al sustituir el agregado fino en diversas proporciones por la escoria donde se evaluó la granulometría y densidad del material férreo; donde concluyen que, al

realizar los ensayos de resistencia a la compresión, módulos de absorción, elasticidad; la diferencia fue clara en que el concreto que contenía la escoria tubo mayor eficacia con respecto a su resistencia a comparación del concreto convencional.

Marcos (2008) realizo un estudio donde agregaba en diversos porcentajes el material de la escoria producto de la elaboración del acero en la planta de aceros Arequipa, donde concluyó que este material es un excelente agregado que se debería usar específicamente en fines de base y sub base, donde se verifico que cumple con lo establecido y parametrado en el manual de diseño AASHTO.

## **2.2 Teorías básicas**

### **2.2.1 Escoria**

#### **2.2.1.1 Historia.**

Según Calleja (1982) la escoria tuvo lugar en los países europeos tales como Alemania y Francia a finales del siglo XVIII, ya que fueron los mismos en querer mitigar el impacto que el material estaba causando, así Francia realizo estudios aplicando la escoria en diversos tipos de cementos con la finalidad de aprovechar este material para diversos usos y que este pueda ser comercializado.

Los estudios daban a conocer que este material podía ser aplicado en obras específicas tales como las cimentaciones y las obras marítimas donde siempre mostraron una mayor resistencia que los cementos ordinarios.

La escoria era aplicada de manera molida y a su vez mezclada con el clinker.

#### **2.2.1.2 Definicion**

Material secundario obtenido de los procesos de elaboración de los metales, que a su vez está conformado por los siguientes componentes: Silicato de magnesio, Calcio y magnesio (boza Regueira, 2011).

Mineral resultado de la mezcla de los componentes no metalicos de los diferentes minerales, usado como fundente y agente reductor (Calleja, 1982).

#### **2.2.1.3 Utilidad**

Calleja (1982) La escoria es el material al que se le adiciona al Clinker para la fabricación del cemento portland debido a su alto índice de capacidad hidráulica potencial, ya que en el proceso de elaboración tiene la capacidad de endurecimiento por sí misma y más aún si se le agrega activadores.

La escoria para alcanzar la eficacia en el cemento va a depender de reunir ciertos índices o denominados basicidad y así mismo tener una capacidad mínima hidráulica latente.

Ilustración 4. Índices de basicidad e índices de hidraulicidad de las escorias siderúrgicas

	$IB_1 = C/S$	$IB_1$ e $IB_2$	$> 1$ escoria básica
	$IB_2 = (C + M)/S$	$IB_1$ e $IB_2$	$< 1$ escoria ácida
	$IB = (C + M)/(S + A)$		$> 1$ escoria básica
			$< 1$ escoria ácida
BLONDIAU	$1,45 < C/S < 1,54$		
	$1,8 < S/A < 1,9$		
VENUAT	$1,40 < C/S < 1,45$		
VICAT	$(A + S)/C$		
NORMA DIN	$IH = (C + M + A)/S > 1$		
CHERON Y LARDINOIS	$IH = (C + 1,4 M + 0,56 A)/S > 1$		
NORMA ASTM	$IH = (C + M + 1/3 A)/(S + 2/3 A) > 1$		
SCHWIETE	$IH = [C + M + (A - 10)]/(S + 10) > 1$		
KEIL	$IH = (C + \overline{CS} + 1/2 M + A)/(S + M)$		$\left. \begin{array}{l} > 1,9 \\ < 1,5 \end{array} \right\}$
SOPORA	$IH = (C + \overline{CS} + 1/2 M + A)/(S + \overline{M} + \overline{F})$		$\left. \begin{array}{l} > 1,9 \\ < 1,5 \end{array} \right\}$
LANGAVANT	$IH = 20 + C + 1/2 M + A + 2 S$		$\left. \begin{array}{l} > 16 \\ < 12 \end{array} \right\}$
SCHWIETE	$IH = (C/56)/(1,5 S/60 + 3,0 A/102) > 0,81$		

Fuente: Calleja (1982)

### 2.2.1.4 Composición química

Calleja (1982) da a conocer de que la escoria va a estar conformada por una diversidad de óxidos de naturaleza básica y ácida tales como:

Tabla 1. composición química

COMPOSICION QUIMICA - ESCORIA	
DOE RUM - PERU	
Componentes	%
CaO	6.6
SiO <sub>2</sub>	33.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.8
MgO	5
Fe	45.6
S	0.6
Pb	1.2
As	0.4
Bi	0.02
Zn	3.7
Cu	0.7
Sb	0.6
Sn	3.6

### **2.2.1.5 Tipos de escoria debido a las diversas técnicas de enfriamiento**

Navarra (2008) menciona que existe cuatro tipos de escoria estos debido a sus diversas tecnicas de enfriamiento tales como:

#### **2.2.1.5.1 Escoria cristalizada:**

Este tipo de material se obtiene por haber tenido un enfriamiento lento del material en estado líquido que se realiza en fosos de una amplia magnitud, donde se obtiene consigue el material de la escoria cristalizada.

#### **2.2.1.5.2 Escoria granulada:**

Este tipo de material se obtiene por haber tenido un enfriamiento brusco del material en estado líquido, donde se deja precipita a un reguero de agua fría, a este proceso se le denomina como granulación, porque el material se va a deshacer y convertirse en partículas muy pequeñas.

#### **2.2.1.5.3 Escoria paletizada:**

Este tipo de escoria va a estar dada por la precipitación de este material a unos tambores que se encuentran en movimiento que a su vez es regado por abundante agua lanzando así a la escoria al aire, creando así una pila al precipitarse al suelo.

#### **2.2.1.5.4 Escoria expandida:**

Va a estar determinado por la integración de pequeñas proporciones de agua a la escoria fundida. Como resultado obteniendo un vapor que una vez enfriada va a dar como resultado un árido ligero.

#### **2.2.1.6 La escoria como agregado fino**

La escoria como un subproducto que es separada por la densidad; esto se da por los silicatos cálcicos, alúmina y magnesia.

La escoria tiene un periodo de formación muy corto, es preciso distinguir dos tipos de escoria. La triturada y la granulada.

Escoria triturada: Esta determinado por el enfriamiento lento al aire.

Escoria granulada: Esta determinado por un enfriamiento brusco por una potente corriente de agua que divide el chorro líquido de escoria que sale del horno en pequeños gránulos quedando en estado vítreo, la estructura alveolar de la escoria beneficiosa, aumenta su reactividad o potencial hidráulico, así como también para conservar una superficie rugosa bajo los efectos de desgaste del tráfico (Llamazarez, 1967 mencionado por Aranguren, 2015).

### **2.2.1.7 Características de la escoria**

La escoria granulada tiene una superficie rugosa y de forma cubica y angular, teniendo propiedades mecánicas entre ellos tenemos resistencia a la abrasión, dureza y resistencia. La escoria tiene una capacidad calórica alta por lo cual puede retener calor por mucho tiempo lo cual proporciona una ventaja cuando al momento de mezclarse el con asfalto (Cepex, 2011 mencionado por Aranguren, 2015).

### **2.2.1.8 Principales usos de la escoria**

El incremento de la producción siderúrgica se empezó a aprovechar las escorias de alto horno, utilizados en las carreteras, el aumento de la producción ha modificado las exigencias de este material industrial y dado lugar a una diversidad de usos.

Las propiedades hidráulicas que dan rigidez a las capas de base, la forma aristada de sus componentes, su buena adhesividad a los ligantes bituminosos y la rugosidad permanente (Llamazarez, 1967 mencionado por Aranguren, 2015).

### **2.2.1.9 Escoria metálica de la fundición en la ciudad de Pasco**

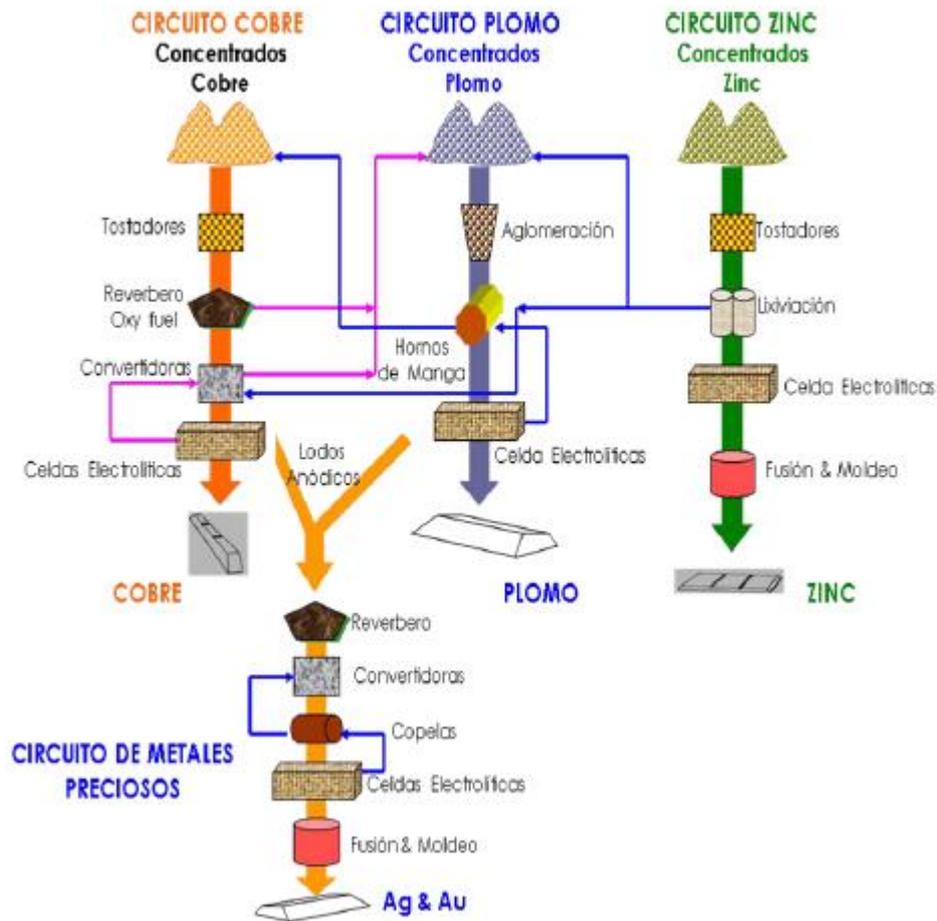
Jimenez (2010) da a conocer que en Pasco el objetivo del proceso de fundición es separar el metal sulfurado en la calcina de la ganga y producir una mata adecuada para ser cargada en los convertidores. Esto se realiza en el horno

reverbero con un flujo de aire apropiado a una temperatura de 1 250 °C. El cobre, el cual está generalmente presente en la carga como una mixtura de sulfuros y óxidos, es convertido totalmente a sulfuro de cobre ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Los metales preciosos son casi completamente absorbidos por la mata producida.

El material tostado (llamado calcina) es transportado en carros calcineros hacia un horno reverbero con quemadores verticales de oxígeno-petróleo; para su fusión a 1 250 °C y la obtención de dos productos: una mata rica en sulfuros de cobre y fierro y una escoria que es granulada en agua y acumulada en el depósito de Huanchán.

Durante la fundición, la carga se separa, como ya se mencionó, en dos capas, una capa de mata pesada compuesta de metal sulfurado el cual está sumergido en el fondo del baño y una encendida capa de escoria conteniendo la ganga y materiales fundidos. La escoria es descargada en el frente final del horno opuesto a los quemadores, granulada con agua y enviada a un depósito de escorias por medio de un cable carril.

Ilustración 5. Diagrama de flujo DOE RUN PERU



FUENTE: DOE RUN PERU

### 2.2.1.10 Cementos de escoria:

Carvajal (2012) da a conocer que la escoria granulada de alto horno tiene la propiedad de poder fraguar por si misma si se le mezcla con agua pura, pero tiende a hacerlo de manera muy pasiva. Es entonces así que se llama cementos de escoria a aquel producto compuesto por yeso, Clinker de cemento portland y que claramente el elemento básico de este producto es la escoria.

### **2.2.1.11 Propiedades de los cementos de escoria:**

La resistencia mecánica del concreto al agregarle la escoria que puede a su vez ser reemplazada por el Clinker, puede ser igual o superior que la de un concreto convencional; pero cabe mencionar que este se desarrollara de manera más lenta (Carvajal, 2012).

## **2.2.2 Concreto permeable**

### **2.2.1.1 Definición**

Velez (2010) define al concreto permeable como la cantidad de sustancias liquidas que pueden infiltrar debido a la porosidad que contenga el concreto que estará sujeto a un determinado tiempo.

Solano (2009) Define al concreto como un marial compuesto por el cemento, agua y agregado grueso, la diferencia con la que cuenta este tipo de concreto con el convencional es que no cuenta con agregado fino en la mezcla inicial; pero cabe recalcar que, si se puede emplear, pero en el proceso de compactación.

Flores y Pacompia (2015) mencionan que el concreto permeable o concreto poroso, es definido como un concreto con revenimiento cero con alto grado de porosidad, y con una relación de vacíos alta; consiste de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino y agua. La combinación de estos ingredientes producirá un material

endurecido con poros conectados, que varía de tamaño de 2 a 8 mm, lo cual permite que el agua pase fácilmente a través de él. El contenido de vacíos puede variar de 15% a 35%, y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a 280 kg/cm<sup>2</sup>. La capacidad de drenaje de un pavimento de concreto permeable variará con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 L/min/m<sup>2</sup> ó 0.14 a 1.22 cm/s. (ACI 522R-10).

**Ilustración 6.** *filtración de agua en el concreto permeable*



Fuente: Carvajal, 2012.

### **2.2.1.2 Historia**

El concreto permeable tuvo sus inicios en el siglo XIX en el continente europeo ya que era aplicado o utilizado en diversos tipos de construcción como: paredes, pavimentos entre otros. Básicamente se empezó hacer uso de este material debido a su costo ya que por esas fechas el cemento tenía un alto índice de valor.

Este material alcanzo más popularidad después de la segunda guerra mundial donde países como: EE. UU, Venezuela, Rusia entre otros lo empleaban con frecuencia; Estados unidos utilizaba este material no con la finalidad de poder abaratar costos sino de poder darle una solución a sus construcciones debido a los cambios climáticos que generaban inundaciones (Solan , 2009).

### **2.2.1.3 Aplicaciones**

Flores y Pacompia (2015) mencionan que el concreto permeable es utilizado para pavimentar superficies de uso peatonal y vehicular, su principal atributo es absorber el agua de las precipitaciones pluviales, que a su vez lo conduce a traves de la infiltracion hacia el subsuelo, obteniendo asi la reduccion parcial o total de escorrentia superficial. La norma ACI 522R-10 “Reporte en concreto permeable” recomienda la colocación del concreto permeable en áreas de alta permeabilidad, suelo natural con una gran conductividad hidráulica. Además las áreas no deberán tener pendientes mayores al 5%. En general, en todas estas aplicaciones se utiliza concreto permeable sin refuerzo, por el alto riesgo de corrosión del acero de refuerzo debido a la estructura porosa de este material.

## **2.2.1.4 Ventajas y Desventajas**

### **2.2.1.4.1 Ventajas**

Algunas de las ventajas del uso de concreto permeables son los siguientes:

- Por su función permeable, no interrumpe el ciclo hidrológico del agua en las ciudades, permitiendo la filtración de agua pluvial en los mantos acuíferos.
- Permite el control de la contaminación de las aguas pluviales, impidiendo que éstas se deriven hacia el sistema de desagüe y se mezclen con las aguas residuales.
- Son filtrados los agentes contaminantes que pueden contaminar las aguas subterráneas y dañar ecosistemas.
- Control de escurrimiento del agua pluvial.
- Por ser un material que posee del 15% al 35% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y concreto hidráulico.
- Evita encharcamientos y la saturación en los drenajes en época de lluvias.
- Por ser un material poroso es autodrenante y autoventilado.
- Disminuye los gradientes térmicos (reflexión mínima de la luz).

- Aumenta la calidad de servicios vehiculares y peatonales para usuarios, durante la lluvia.
- Su peso volumétrico es un 20% a 25% menor que el concreto convencional.
- El índice de fisuras en el concreto permeable es 25% menor, como consecuencia de la baja retracción por el porcentaje de vacíos contenidos en comparación con un concreto convencional.

**Ilustración 7.** *Influencia de la precipitación en el pavimento permeable*



Fuente: Flores y Pacompia (2015)

#### **2.2.1.4.2 Desventajas:**

Las principales desventajas que se puede apreciar en un concreto permeable son:

- Pérdida de permeabilidad producto de la saturación de poros (material contaminante)

- posee menor resistencia que el concreto convencional por ende su utilización debe estar previamente evaluada considerando el tráfico ligero.

El comité ACI 522R-06, recomienda:

- Verificar la permeabilidad de los suelos, la tasa de filtración debe ser mínimamente de 13mm/hr con una capa de suelo de 1.2 m a más. Facilitando así la infiltración del agua y la recarga de las aguas freáticas, aunque no filtran toda el agua pluvial de las tormentas excepcionalmente grandes.
- Evitar el escurrimiento de agua y el ingreso de maquinaria pesada en las áreas de concreto permeable. El pavimento de concreto permeable no debe ser puesto en servicio hasta que toda la tierra removida con pendiente hacia el pavimento permeable sea estabilizada por vegetación. A fin de evitar la colmatación del sistema son esenciales los controles estrictos de la erosión y de sedimentación durante las actividades de construcción.
- Que el tránsito vehicular durante la etapa de construcción sea dirigido hacia afuera del área del pavimento permeable para evitar la compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de filtración.
- El mantenimiento debe realizarse en forma periódica.

### **2.2.1.5 Propiedades del Concreto Permeable**

Dichas propiedades varían de acuerdo a sus materiales, diseño de mezclas, canteras, procesos constructivos, relación a/c, nivel de compactación, gradación de agregado y calidad.

#### **2.2.1.5.1 Propiedades en estado fresco**

Peso unitario:

El peso unitario (peso volumétrico, densidad o masa unitaria) del concreto permeable en estado fresco en general varía entre el 70% y 85% de una mezcla fresca de concreto convencional, oscilando entre 1,600 a 2,000 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo del porcentaje de vacíos de diseño del mismo.

Revenimiento (Slump):

El revenimiento o asentamiento generalmente es usado para medir la consistencia de una mezcla de concreto fresco. Cuanto mayor sea este, implica que más húmeda es la mezcla, el procedimiento de la realización de este ensayo está descrito en la norma ASTM C143. Sin embargo, la mezcla del concreto permeable se caracteriza por ser de “cero slump” y al ser medido generalmente se obtienen valores de 0 a 1 cm.

Contenido de vacíos (porosidad):

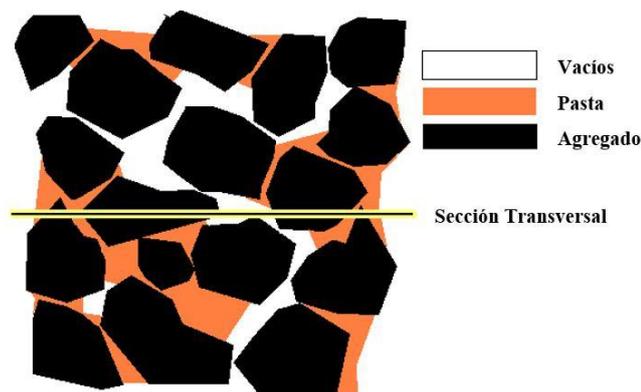
El contenido de vacíos se calcula como porcentaje de aire, y está directamente relacionado con el peso unitario de una mezcla dada de concreto permeable. El contenido de vacíos

es altamente dependiente de varios factores: gradación del agregado, el contenido de material cementante, la relación agua-cemento (a/c) y el nivel de compactación.

La energía de compactación aplicada en la elaboración de un concreto permeable influye de sobremanera en el porcentaje de vacíos y por consiguiente en su peso volumétrico. En una serie de pruebas de laboratorio (Meininger, 1988), para una sola mezcla de concreto permeable, compactado con ocho niveles diferentes de esfuerzo, los valores de peso de unidades producidas, variaban desde 1680-1920 kg/m<sup>3</sup>.

Conforme la magnitud de la porosidad incrementa, la resistencia a la compresión que desarrolla un concreto permeable disminuye, en cambio si la porosidad disminuye la resistencia aumenta. Estudios han demostrado que el porcentaje de vacíos para concretos permeables se encuentran entre 14% a 31%. Utilizándose en general un porcentaje de vacíos entre 15% a 25% para obtener resistencias mayores a 140 kg/cm<sup>2</sup>.

**Ilustración 8.** *Estructura interna del concreto permeable*



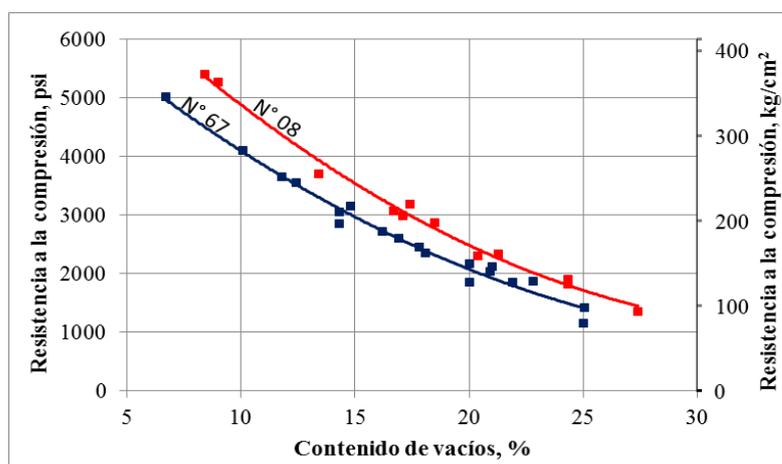
### 2.2.1.5.2 Propiedades en estado endurecido

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial.

La resistencia a la compresión que desarrolla el concreto permeable está afectada por el esfuerzo de compactación durante la colocación. Meininger muestra la relación entre la resistencia a la compresión del concreto permeable y el contenido de vacíos.

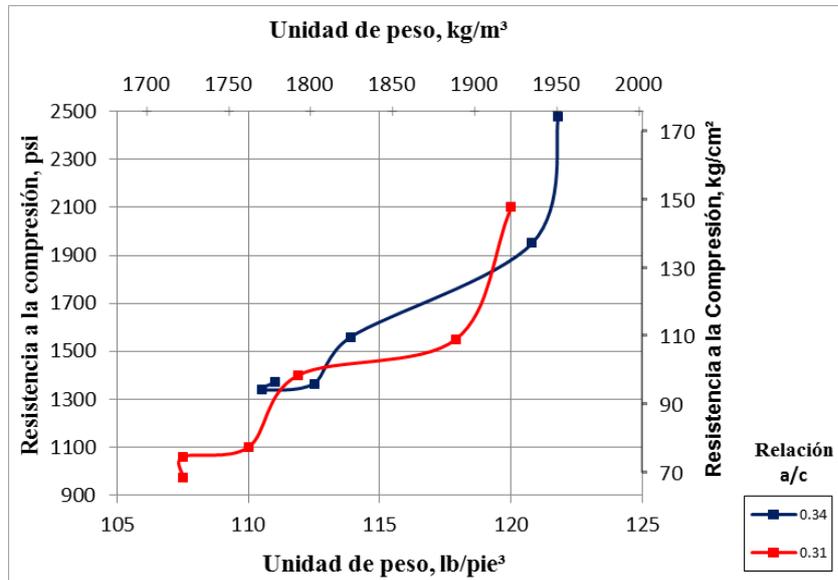
**Ilustración 9.** Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión



Fuente: Meininger, (1988).

Mulligan muestra una relación entre la resistencia a la compresión del concreto permeable y el peso de la unidad. La figura se basa en otra serie de pruebas de laboratorio donde fue utilizado un tamaño de agregado grueso y un esfuerzo de compactación, variándose la relación de agua-cemento (a/c).

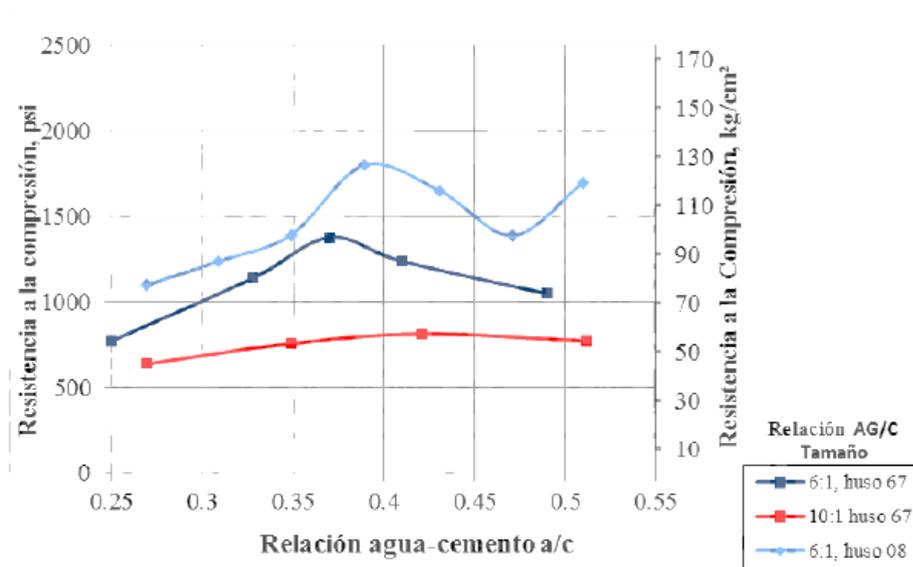
**Ilustración 10.** Resistencia a la compresión a los 28 días vs Peso Unitario .



**Fuente:** Flores y Pacompia (2015)

En la siguiente imagen se muestra que resistencias a la compresión relativamente altas del concreto permeable son posibles, con relaciones agua-cemento (a/c) aproximadamente de 0.4, y con gradaciones de agregado grueso de menor tamaño, como es el caso del Huso N° 8.

**Ilustración 11.** Relación entre Resistencia a la compresión a los 28 días y la relación agua-cemento



**Fuente:** Flores y Pacompia (2015)

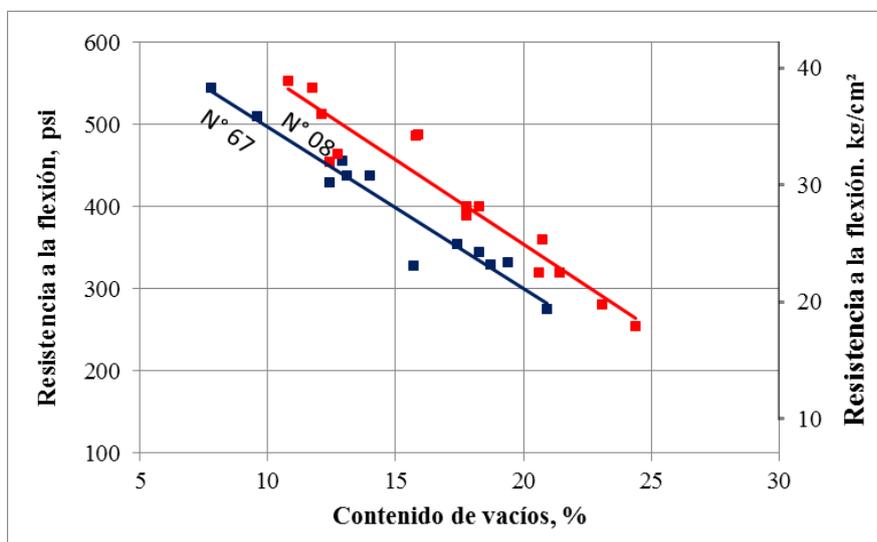
Los valores típicos de resistencias a la compresión, según antecedentes se encuentran al alrededor de 175 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión en campo estará supeditada a la calidad de los materiales empleados, técnicas de colocación y condiciones ambientales, de manera similar a cualquier tipo de concreto. Para mejorar la resistencia a la compresión desarrollada por el concreto permeable, se deben mejorar: La resistencia de la pasta, y la cohesión entre el agregado y la pasta. Esto es posible con la utilización de agregados gruesos con menores tamaños y/ usando aditivos o materiales adicionales en la mezcla.

### 2.2.1.6 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico convencional, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, es decir, relativamente más alta que en el concreto convencional (Pérez, 2009).

La resistencia a la compresión la cual es más fácil de medir que la resistencia a la flexión, se puede usar como un índice de la resistencia a la flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados.

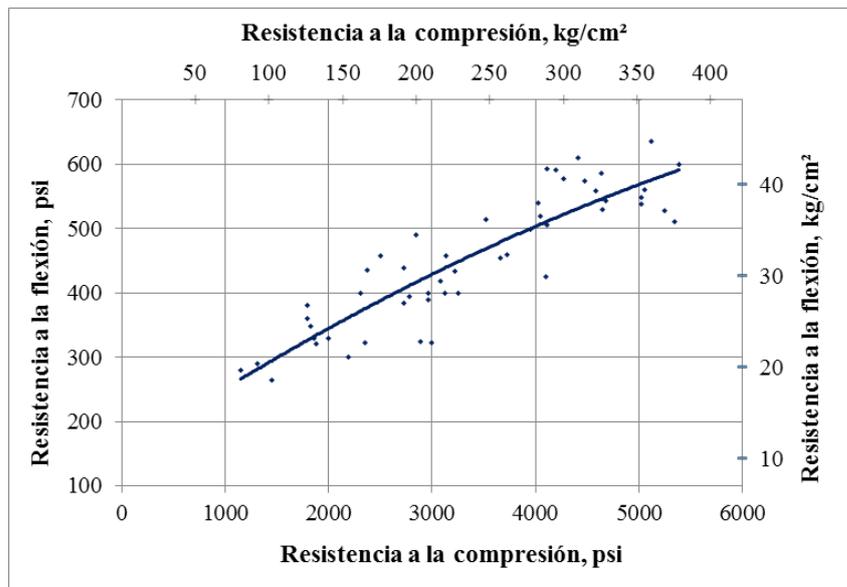
**Ilustración 12.** Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la flexión para el concreto permeable



Fuente: Flores y Pacompia (2015)

Meininger muestra la relación entre la resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de vacíos basado en muestras de vigas ensayadas en la misma serie de pruebas. Aunque estos resultados se basan en un número limitado de muestras, comparando los datos de la en las anteriores figuras, se puede observar que existe una relación entre la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto permeable. Meininger muestra esta relación.

**Ilustración 13.** Relación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión para el concreto permeable



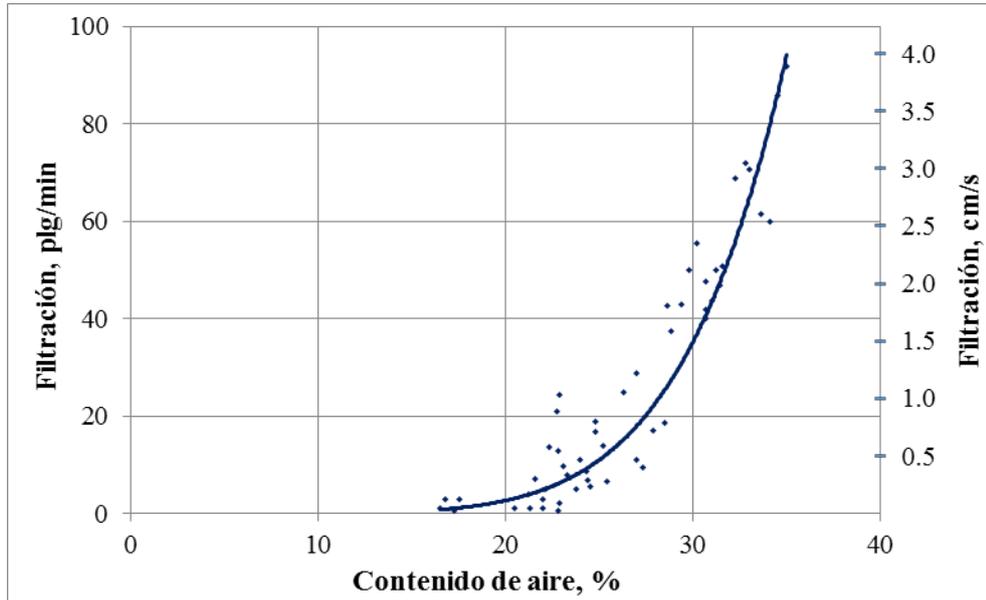
**Fuente:** Flores y Pacompia (2015)

La resistencia a la flexión en concretos permeables generalmente se encuentra en el rango de 10.5 kg/cm<sup>2</sup> y 40 kg/cm<sup>2</sup>. Existen varios factores que influyen en la resistencia a la flexión, principalmente el grado de compactación, porosidad, y la relación agregado-cemento (AG/C).

### **2.2.1.7 Permeabilidad**

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar agua a través de su matriz, y su magnitud es medida por la tasa de filtración. La tasa de filtración del concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de vacíos. Las pruebas han demostrado (Meininger 1988) que se requiere un mínimo contenido de vacíos de aire de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa. (Meininger 1988) muestra la relación entre el contenido de vacíos y la tasa de filtración de una mezcla de concreto permeable. Debido a que las tasas de filtración aumentan a medida que el contenido de vacíos aumenta, y, en consecuencia, la resistencia a la compresión disminuye, el reto en la dosificación de mezcla de concreto permeable es lograr un equilibrio entre una tasa de percolación y una resistencia a la compresión aceptables.

**Ilustración 14.** Relación entre el contenido de aire y la tasa de percolación



**Fuente:** Flores y Pacompia (2015)

La capacidad de filtración del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.2 a 0.54 cm/s). Para que se pueda asegurar el flujo del agua se recomienda al menos el 15% del contenido de vacíos (Meininger, 1988).

#### **2.2.1.8. Durabilidad**

La durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida útil bajo las condiciones ambientales dadas. Los efectos físicos que influyen negativamente en la durabilidad del concreto incluyen la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos, tales como sulfatos y ácidos. No se han realizado investigaciones sobre la resistencia de concreto permeable al ataque agresivo por los sulfatos o agua ácida; la durabilidad del

concreto permeable bajo condiciones de congelación – descongelación, tampoco está bien documentada. (ACI 522R-10, 2010).

#### **2.2.1.9. Resistencia a la congelación y deshielo.**

Se desea que el concreto permeable empleado en pavimentos cumpla con su vida útil y necesite poco mantenimiento. La durabilidad que presente el concreto permeable debería permitirle resistir las condiciones y sollicitaciones tomadas en cuenta al momento de diseñarlos. La influencia de los ciclos de hielo y deshielo mientras el concreto esté saturado, es principalmente el agente más destructivo.

Cuando el agua se congela, se expande en aproximadamente un 9%. El crecimiento de cristales de hielo expandidos desplaza el agua. Si los microporos en la pasta están saturados o casi saturados durante el proceso de congelación, entonces la presión hidrostática se acumula cuando la congelación progresa (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi, 2004).

Las pruebas en condiciones de congelación y descongelación indican poca durabilidad si toda la estructura de vacíos del concreto permeable se encuentra llena con agua. Ciclos de congelación lento (un ciclo por día – ASTM C 666), permiten

que el agua presente en el concreto permeable drene, mejorando la durabilidad del mismo. Se debe tener precaución, cuando se utiliza el concreto permeable en condiciones en las que su estructura esté saturada completamente antes de que pueda producirse una helada. Las pruebas indican que la incorporación de aire en la pasta de cemento puede mejorar la durabilidad del concreto permeable ante la congelación y descongelación. (ACI 522R-10, 2010).

Para que el concreto permeable mejore su resistencia a los procesos y hielo y deshielo el ACI 522R-10 recomienda:

- Utilizar espesores de capa de 20 a 60 cm en bases granulares sin finos, por debajo del concreto permeable.
- El concreto permeable que está parcialmente saturado debería tener suficientes huecos para el desplazamiento del agua, obteniendo así una buena resistencia a la congelación y deshielo.
- Garantizar el rápido drenado del concreto permeable, evitando la saturación.

#### ***2.2.1.10 Componentes del concreto permeable***

Los materiales que intervienen en la fabricación de concreto permeable no difieren de los utilizados para un concreto

convencional, con la salvedad de que la utilización de agregado fino está limitada casi en su totalidad.

#### **2.2.1.10.1 Tipos de cemento**

##### Ventajas

Solano (2009) menciona algunas ventajas que existe al aplicar este tipo de concreto, tales como:

- Mayor permeabilidad que el concreto convencional.
- Posee un porcentaje inferior de peso unitario y una menor insolación térmica.
- Ayuda a reducir las elevadas temperaturas urbanas que se dan cuando la energía solar es absorbida por el asfalto.
- Reduce el calentamiento global.
- Tiende a reflejar entre un 30 y 40% en comparación con una vía pavimentada que solo refleja un 5 y 10%.
- Este material si es aplicado en pavimentos requiere menor iluminación debido a su color más claro de modo que reduce el consumo de la luz artificial.
- Permite el paso del agua al subsuelo haciendo que el agua y el aire puedan tener contacto con las raíces mejorando el área verde.
- Provee una mejor calidad de transitabilidad del peatón cuando existe precipitación de lluvia.

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Escoria.**

Gutierrez (2017) Residuo industrial producto de las fundiciones de minerales, caliza y entre otros para la obtención del hierro; se caracteriza por presentar mayor ventaja respecto a la preparación del cemento portland.

### **2.3.2 Concreto.**

Palbol (1996) citado por Chan, Solis y Moreno (2003) Definen al concreto como un material artificial pétreo, producto de ciertas proporciones de pasta (cemento y agua) y minerales, que al combinarse forman un conglomerante muy parecido al de una roca.

Barahona, Martinez y Zelaya (2015) conceptualizan al concreto como un material que se puede trabajar de forma líquida, adquiriendo así cualquier figura, siendo así un material popular en el mundo de la construcción.

### **2.3.3 Permeable.**

Mattio (2014) mencionado por Corcuera y Vela (2018) Define a la permeabilidad como la capacidad que tiene un material para dejar pasar un líquido debido a su porosidad.

Hermida (2014) mencionada por Corcuera y Vela (2018) refiere que la permeabilidad es la penetración de fluidos en presencia de un gradiente de presión.

### **2.3.4 Pavimentos.**

Astini (2001) Define al pavimento como un conjunto de capas lisas hechas por cemento o asfalto que sirve como base para la buena transpirabilidad de cualquier persona, animal o vehículo.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general.**

- Producir concreto permeable con escoria modifica positivamente la resistencia a la compresión del concreto en los pavimentos urbanos de la Ciudad de Pasco 2019

### **2.4.2 Hipótesis específica.**

- Al establecer el diseño de mezclas óptimo determinamos la mejor resistencia a la compresión del concreto permeable con escoria en los Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco 2018-2019.
- La relación entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto es directamente proporcional al Producir concreto permeable con escoria en los Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco 2019.
- La relación entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto es directamente proporcional al Producir concreto permeable con escoria en los Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco 2019.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Escoria**

#### ***2.5.1.1 Definición conceptual.***

Una de las definiciones con la que mayor identificación se tuvo fue con la de Boza (2011) donde menciona que la escoria es un material secundario obtenido de los procesos de elaboración de los metales, que a su vez está conformado por los siguientes componentes: Silicato de magnesio, Calcio y magnesio.

#### ***2.5.1.2 Definición operacional.***

Es un material residual metálico producto de la fundición en un alto horno que se emplea como componente para la fabricación del concreto permeable.

#### ***Dimensiones.***

Resultados alcanzados

### **2.5.2 Concreto permeable**

#### ***2.5.2.1 Definición conceptual.***

Definida como un material altamente ecologico debido a que permite la filtracion de liquidos al subsuelo logrando asi la restauracion de los mantos acuíferos (Barahona, Martinez y Zelaya, 2015).

### **2.5.2.2 Definición operacional**

Cuenta con características que permiten la permeabilidad debido a su alto índice de porosidad, es fabricado en base a agregado grueso, cemento, agua y aditivos; y en algunos casos la mezcla es realizada con poca cantidad de arena.

### **2.5.3. Variable dependiente**

Resistencia a la compresión

Medición:

- Resultados alcanzados

### **2.5.4. variable Independiente:**

- Diseño de la mezcla
- Permeabilidad
- Trabajabilidad

### **2.5.5 Operacionalización de la variable**

V2: concreto permeable	Es una variable dependiente porque es el resultado de una causa como es la cascara de huevo molido	D1: Diseño de la mezcla	I1: 0.30	¿De qué manera influye la relación a/c: 0.30 en el concreto permeable?
			I2: 0.40	¿De qué manera influye la relación a/c: 0.40 en el concreto permeable?
			I3: 0.50	¿De qué manera influye la relación a/c: 0.50 en el concreto permeable?
	Observando las proporciones granulométrica y su caracterización diversa de esta se verá el resultado producido en las propiedades del concreto.	D2: Permeabilidad	I1: Peso unitario	¿Cuál será el valor numérico del peso unitario del concreto permeable con adición de escoria?
			I2: Resistencia a la Comprensión	¿Cuál será el valor numérico del módulo de rotura del concreto permeable con adición de escoria?
			I3: Permeabilidad del concreto	¿Cuál será el numérico de la permeabilidad del concreto permeable con adición de escoria?
	D3: Trabajabilidad	I1: 5%.	¿Qué sucederá en el concreto permeable con adición de escoria con un 5% de vacíos?	
		I2: 10%.	¿Qué sucederá en el concreto permeable con adición de escoria con un 10% de vacíos?	
		I3: 20%	¿Qué sucederá en el concreto permeable con adición de escoria con un 15% de vacíos?	

## **CAPITULO III: METODOLOGIA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo y nivel de investigación**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

La investigación que se realizara, es de tipo **aplicada** de acuerdo con Sánchez y Reyes (2006, p. 37) quienes expresan que este tipo de investigación se caracteriza por el interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven.

#### **3.1.2 Nivel de investigación**

La investigación corresponde al nivel EXPLICATIVO porque en concordancia con Cohen y Manion haciendo referencia a Kerlinger (1970) menciona que la investigación ex post facto: (...) estudia la variable o variables independientes retrospectivamente, para hallar su posible relación y efectos con la variable o variables independientes (Sic). (1990, p. 224).

#### **3.1.3 Diseño de investigación**

Según, SAMPIERI “El Diseño de la investigación es el procedimiento estandarizado concebido para responder a las preguntas de la investigación”

**O Ma   O Mb   O Mc   O Md   O Me**

Donde:

O = Observación Necesaria

M<sub>Letra</sub>= Muestra de Lugares Diferentes.

### **3.2 Descripción del ámbito de la investigación**

#### **3.3 Población y muestra**

##### **3.3.1 Población**

Según (SAMPIERI, 2014), la población es un conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, bajo este enfoque la población de la presente investigación serán las Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco.

##### **3.3.2 Muestra**

Según (SAMPIERI, 2014), la muestra de la presente investigación es Probabilística la cual será desarrollada entre AV. BOLOGNESI – BARRIO VILLA SOL

#### **3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Según los medios utilizados:

Observación estructurada o sistemática: cuando el investigador estructura un guion que le permite establecer de antemano los aspectos que desee observar. En este tipo de observación, el investigador no solo se vale del guion, sino también podrá poner a su alcance una variedad de instrumentos, escalas, anotaciones, así videogradora, grabador de voz y otros. Orosco y Pomasunco (2014).

### **3.5 Validez y confiabilidad del instrumento**

Para este proyecto de investigación se adjuntará en los anexos los siguientes documentos para dar confiabilidad a los resultados obtenidos:

- Certificados de Calibración de Equipos de Laboratorio:
  - o Para Análisis Granulométrico
  - o Para peso específico de los materiales
  - o Para el Diseño de Mezcla
  - o Para el ensayo a la compresión del concreto

Además, se adjuntará los certificados de laboratorio de resultados, siendo:

- Diseño de mezclas
- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto

### **3.6 Plan de recolección y procesamiento de datos**

#### **3.6.1. Escoria**

Como inicio el trabajo de investigación se ha determinado los componentes de la escoria que pertenece directamente a la empresa Volcán SAC en ciudad de Pasco, siendo:

##### **3.6.1.1. Componentes químicos de la escoria metálica**

Es Necesario conocer los componentes químicos de la Escoria, a fin de estas cumplan lo indicado: “El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de las heladas deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (Ing. Ana Torre) donde

el Sulfato de Sodio y el Sulfato de Magnesio no debe contener mas de 10 y 15% respectivamente.

**Tabla 2.** Composición química – escoria

COMPOCION QUIMICA- ESCORIA	
COMPONENTES	%
SiO <sub>2</sub>	27-40%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-33%
CaO	30-50%
MgO	1-21%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	< 1%
S	< 3%
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003-0,007%
Cl	0.19-0.26%
TiO <sub>2</sub>	< 3%
F	0,09-0,23%
MnO <sub>2</sub>	< 2%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02-0,09%
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	1-3%

Fuente: Propia

### 3.6.2. Características de la escoria metálica

Para determinar las características de la escoria, se ha optado por determinar sus tamaños por una serie de tamices ordenadas de mayor a menor abertura, y luego al expresaremos de dos maneras analíticamente o gráfica, analíticamente a través de tablas, calculando los porcentajes retenidos y los porcentajes que pasa por cada tamiz, siendo

**Muestra N° 1**

**Tabla 3. Granulometría de la escoria de alto horno N°1**

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	7.0	0.4	0.4	99.6
N°8	2.36	161.0	8.6	9.0	91.0
N°16	1.18	180.4	9.7	18.7	81.3
N°30	0.60	1301.4	69.7	88.3	11.7
N°50	0.30	102.6	5.5	93.8	6.2
N°100	0.15	91.2	4.9	98.7	1.3
FONDO		24.1	1.3	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>1867.7</b>			
<b>MODULO DE FINURA</b>		<b>MF</b>	<b>3.089</b>		

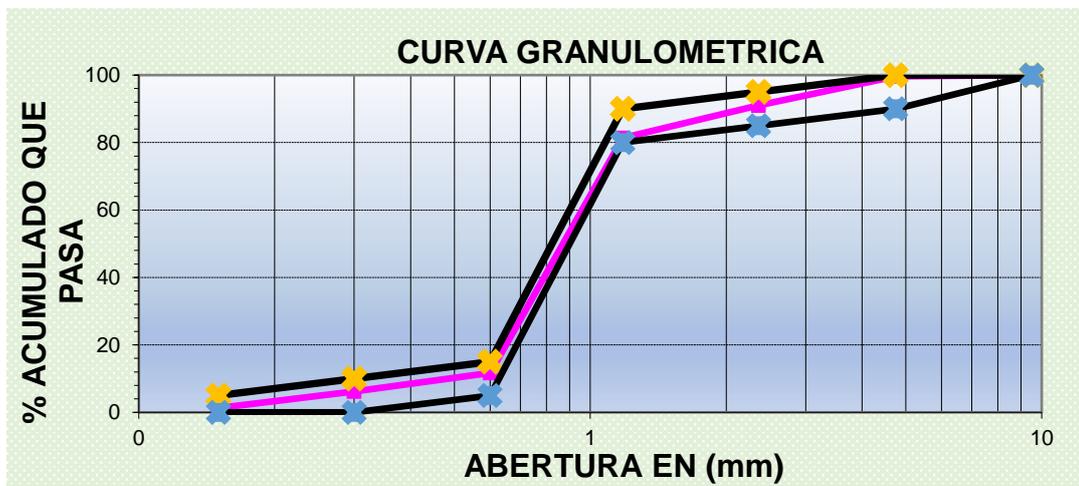
Fuente: Propia

**Tabla 4. Gradación muestra N.º 1**

TAMIZ	% QUE PASA	
3/8"	100	100
N°4	100	90
N°8	95	85
N°16	90	80
N°30	15	5
N°50	10	0
N°100	5	0

Fuente: Propia

**Ilustración 15.** Curva granulométrica muestra N.º 1



Fuente: Propia

**Muestra N° 2:**

**Tabla 5. Granulometría de la escoria de alto horno N°2**

TAMIZ	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	9.6	0.5	0.5	99.5
N°8	2.36	162.4	8.6	9.2	90.8
N°16	1.18	184.2	9.8	19.0	81.0
N°30	0.60	1296.4	69.0	88.0	12.0
N°50	0.30	101.6	5.4	93.4	6.6
N°100	0.15	94.6	5.0	98.5	1.5
FOND O		29.0	1.5	100.0	0.0

**TOTAL 1877.8**

<b>MODULO DE FINURA</b>	<b>MF</b>	<b>3.085</b>
-------------------------	-----------	--------------

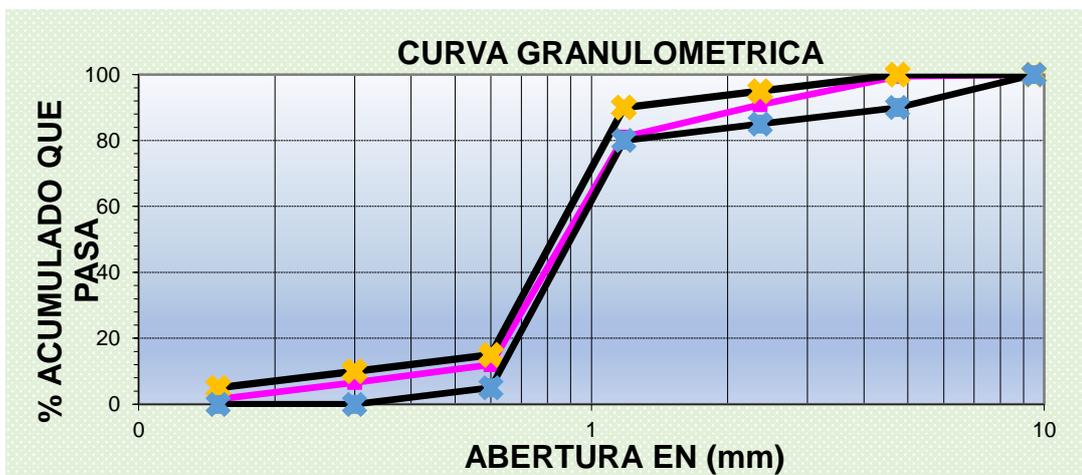
Fuente: Propia

**Tabla 6. Gradación muestra N.º 2**

TAMIZ	% QUE PASA	
3/8"	100	100
N°4	100	90
N°8	95	85
N°16	90	80
N°30	15	5
N°50	10	0
N°100	5	0

Fuente: Propia

**Ilustración 15. Curva granulométrica muestra N.º 2**



Fuente: Propia

**Muestra N° 3:**

**Tabla 7.** Granulometría de la escoria de alto horno N°3

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	4.2	0.2	0.2	99.8
N°8	2.36	162.8	8.7	8.9	91.1
N°16	1.18	184.8	9.8	18.7	81.3
N°30	0.60	1302.4	69.2	87.9	12.1
N°50	0.30	105.2	5.6	93.5	6.5
N°100	0.15	95.0	5.0	98.6	1.4
FONDO		26.8	1.4	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>1881.2</b>			
<b>MODULO DE FINURA</b>		<b>MF</b>	<b>3.078</b>		

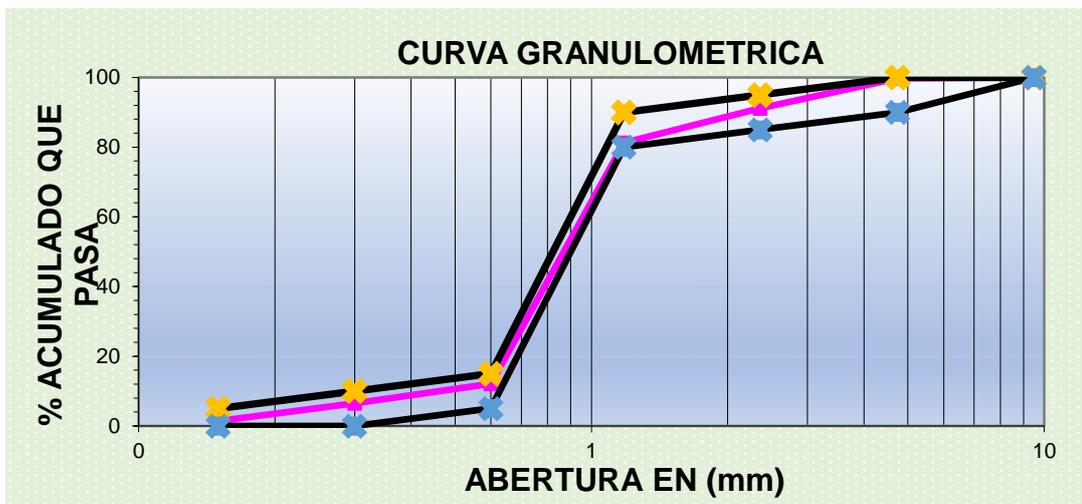
Fuente: Propia

**Tabla 8.** Gradación muestra N.º 3

TAMIZ	% QUE PASA	
3/8"	100	100
N°4	100	90
N°8	95	85
N°16	90	80
N°30	15	5
N°50	10	0
N°100	5	0

Fuente: Propia

**Ilustración 16.** Curva granulométrica muestra N.º 3



Fuente: Propia

### 3.6.3. Granulometría de la escoria metálica promedio

El análisis y determinación de la granulometría de la escoria (Promedio) es con la finalidad de conocer para el diseño de mezclas, determinando así la comparación con el agregado y determinar el Tamaño Máximo Nominal y el concreto que podamos producir sea para utilizar en diferentes estructuras las que también pueden ser incluidos los pavimentos.

#### **Granulometría promedio**

Tabla 9. Granulometría promedio

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	1.7	0.2	0.2	99.8
N°8	2.36	11.6	1.0	1.2	98.8
N°16	1.18	123.1	11.1	12.3	87.7
N°30	0.60	904.0	81.4	93.7	6.3
N°50	0.30	51.3	4.6	98.3	1.7
N°100	0.15	17.6	1.6	99.9	0.1
FONDO		1.5	0.1	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>1110.8</b>			
<b>MODULO DE FINURA</b>		<b>MF</b>	<b>3.054</b>		

Fuente: Propia

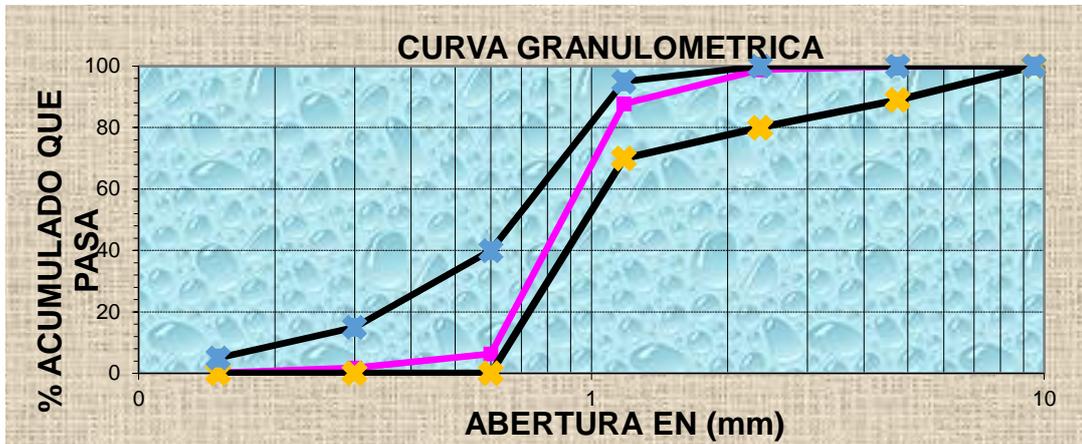
Tabla 10. Gradación promedio

TAMIZ	% QUE PASA	
3/8"	100	100
N°4	89	100
N°8	80	100
N°16	70	95
N°30	0	40
N°50	0	15

N°100	0	5
-------	---	---

Fuente: Propia

Ilustración 17. Curva granulométrica promedio



Fuente: Propia

#### 3.6.4. Peso específico y absorción de la escoria metálica

La finalidad de conocer el peso específico de la masa del agregado (Escoria) es de determinar el valor y ser incluido en los cálculos para el diseño de mezclas. Además, calcular el valor de la absorción ayuda en el diseño de mezclas a determinar la cantidad de agua neta que deberá ser utilizada en la dosificación del concreto.

**Tabla 11. Peso específico fino de la escoria metálica**

I. DATOS		MUESTRA N°	MUESTRA N°	MUESTRA N°
		01	02	03
1	Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon + peso del agua	1022.1	1022.9	1023.7
2	Peso de la arena superficialmente seca + peso del balon	656.9	656.8	656.9
3	Peso del agua ( $W = 1-2$ )	365.2	366.1	366.8
4	Peso de la arena secada al horno + peso del balon	656.4	656.3	656.2
5	Peso del balon	156.9	156.9	156.9
6	Peso de la arena secada al horno ( $A = 4-5$ )	499.5	499.4	499.3
7	Volumen del balon $V = 500$ ml	500	500	500

II. RESULTADOS					PROMEDIO
1	PESO ESPECIFICO DE MASA [ P.E.M. = $A / (V - W)$ ]	3.71	3.73	3.75	<b>3.73</b>
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [ P.E.M.S.S.S. = $500 / (V - W)$ ]	3.71	3.73	3.75	<b>3.73</b>
3	PESO ESPECIFICO APARENTE [ P.E.A. = $A / (V - W) - (500 - A)$ ]	3.72	3.75	3.77	<b>3.74</b>
4	PORCENTAJE DE ABSORCION [ $(500 - A) / A * 100$ ]	0.10	0.12	0.14	<b>0.12</b>

Fuente: Propia

### 3.6.5. Peso unitario de la escoria metálica

La finalidad de determinar el peso unitario de la escoria es de determinar el peso por unidad de volumen compactado seco, para ser incluido en el diseño de mezclas y determinar el peso volumétrico del concreto, que como sugerencia del ACI, esta no debe superar los 2400 Kg/m<sup>3</sup>. Esto se determina cuando los granos del agregado han sido sometidos a compactación así incrementándose el acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria

**Tabla 12. Peso unitario de la escoria metálica**

CANTERA: DOE RUN PERU - LA OROYA - JUNIN

**I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUSS**

	MUESTRA N°01			MUESTRA N°02			MUESTRA N°03			PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASUA (kg)	8.925	8.975	8.930	9.005	8.980	9.020	8.960	9.010	9.015	8.980
PESO DE LA VASUA (kg)	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kg)	5.155	5.205	5.160	5.235	5.210	5.250	5.190	5.240	5.245	5.210
CONSTANTE (1/Vol.molde)	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4
PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m3)	1822	1839	1823	1850	1841	1855	1834	1852	1853	1841
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m3)	1828			1849			1846			1841
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m3)	1827			1848			1846			1840

**II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS**

PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASUA (kg)	9.080	9.094	9.090	9.078	9.089	9.065	9.088	9.097	9.075	9.084
PESO DE LA VASUA (kg)	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770	3.770
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	5.31	5.324	5.320	5.308	5.319	5.295	5.318	5.327	5.305	5.314
CONSTANTE (1/Vol.molde)	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4	353.4
PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m3)	1876	1881	1880	1876	1880	1871	1879	1882	1875	1878
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m3)	1879			1875			1879			1878
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m3)	1878			1875			1878			1877

Fuente: Propia

### 3.6.6. Contenido de Humedad de la escoria

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla, por lo tanto su importancia es necesaria para nuestro trabajo de investigación, siendo:

**Tabla 13. Contenido de humedad de la escoria de alto horno**

	MUESTRA N° 01	MUESTRA N° 02	MUESTRA N° 03	PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr) + TARA	621.3	621.3	621.3	0.04
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (g) + TARA	621.1	621.1	621.1	
PESO DE LA TARA	92.3	92.3	92.3	
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (g)	528.8	528.8	528.8	
CONTENIDO DE AGUA (kg)	0.2	0.2	0.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.04	0.04	0.04	

Fuente: Propia

### 3.6.7. Diseño de mezcla.

#### 3.6.7.1. Diseño de mezcla relación a/c 0.30

Tabla 14. Diseño 0.30 – 5% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	524	3.11	0.168	1.00	524	1.00	42.50
Agua	157	1	0.157	0.30	163	0.31	13.18
Piedra	1655	2.65	0.625	3.16	1684	3.22	136.64
%5 Escoria			0.008		0.008		2.13
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		194.45

Fuente: Propia

Tabla 15. Diseño 0.30 – 5% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	524	3.11	0.168	1.00	524	1.00	42.50
Agua	157	1	0.157	0.30	163	0.31	13.18
Piedra	1655	2.65	0.625	3.16	1684	3.22	136.64
%15 Escoria			0.025		0.025		6.38
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		198.70

Fuente: Propia

Tabla 16. Diseño 0.30 – 5% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	524	3.11	0.168	1.00	524	1.00	42.50
Agua	157	1	0.157	0.30	163	0.31	13.18
Piedra	1655	2.65	0.625	3.16	1684	3.22	136.64
%20 Escoria			0.034		0.034		8.50
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		200.82

Fuente: Propia

Tabla 17. Diseño 0.30 – 10% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	443	3.11	0.142	1.00	443	1.00	42.50
Agua	133	1	0.133	0.30	448	1.01	43.01
Piedra	1655	2.65	0.625	3.74	1684	3.80	161.70
%5 Escoria			0.007		0.007		2.13
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		249.34

Fuente: Propia

Tabla 18. Diseño 0.30 – 10% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	443	3.11	0.142	1.00	443	1.00	42.50
Agua	133	1	0.133	0.30	448	1.01	43.01
Piedra	1655	2.65	0.625	3.74	1684	3.80	161.70
%15 Escoria			0.021		0.021		6.38
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		253.59

Fuente: Propia

**Tabla 19.** Diseño 0.30 – 10% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	443	3.11	0.142	1.00	443	1.00	42.50
Agua	133	1	0.133	0.30	448	1.01	43.01
Piedra	1655	2.65	0.625	3.74	1684	3.80	161.70
%20 Escoria			0.028		0.028		8.50
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		255.71

Fuente: Propia

**Tabla 20.** Diseño 0.30 – 20% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	282	3.11	0.091	1.00	282	1.00	42.50
Agua	84	1	0.084	0.30	90	0.32	13.56
Piedra	1655	2.66	0.622	5.88	1684	5.98	254.26
%5 Escoria			0.005		0.005		2.13
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		312.45

Fuente: Propia

**Tabla 21.** Diseño 0.30 – 20% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	282	3.11	0.091	1.00	282	1.00	42.50
Agua	84	1	0.084	0.30	90	0.32	13.56
Piedra	1655	2.66	0.622	5.88	1684	5.98	254.26
%15 Escoria			0.014		0.014		6.38
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		316.70

Fuente: Propia

Tabla 22. Diseño 0.30 – 20% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	282	3.11	0.091	1.00	282	1.00	42.50
Agua	84	1	0.084	0.30	90	0.32	13.56
Piedra	1655	2.66	0.622	5.88	1684	5.98	254.26
%20 Escoria			0.018		0.018		8.50
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		318.82

Fuente: Propia

Como se observa en las Tablas de la 14 a la 22 se ha realizado el diseño de mezclas con una relacion de Agua Cemento de 0.3 y diferentes valores de la cantidad de Escoria y el Porcentaje de varios para ser considerado como concreto permeable.

En los cuadros presentados se hace referencia a concretos que superan el valor del peso unitarios de los 2400 kg, teniendo en cuenta que uno de los aspectos importantes para elegir el diseño de mezclas optimo es también el peso unitario.

### 3.6.7.2. Diseño de mezcla relación a/c 0.40

Tabla 23. Diseño 0.40 – 5% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	451	3.11	0.145	1.00	451	1.00	42.50
Agua	181	1	0.181	0.40	186	0.41	17.50
Piedra	1655	2.65	0.622	3.67	1684	3.73	158.62
%5 Escoria			0.007		0.007		2.13
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		220.75

Fuente: Propia

Tabla 24. Diseño 0.40 – 5% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	451	3.11	0.145	1.00	451	1.00	42.50
Agua	181	1	0.181	0.40	186	0.41	17.50
Piedra	1655	2.66	0.622	3.67	1684	3.73	158.62
%15 Escoria			0.022		0.022		6.38
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		225.00

Fuente: Propia

Tabla 25. Diseño 0.40 – 5% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	451	3.11	0.145	1.00	451	1.00	42.50
Agua	181	1	0.181	0.40	186	0.41	17.50
Piedra	1655	2.66	0.622	3.67	1684	3.73	158.62
%20 Escoria			0.029		0.029		8.50
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		227.12

Fuente: Propia

**Tabla 26.** Diseño 0.40 – 10% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	382	3.11	0.123	1.00	382	1.00	42.50
Agua	153	1	0.153	0.40	158	0.41	17.60
Piedra	1655	2.66	0.622	4.33	1684	4.41	187.39
%5 Escoria			0.006		0.006		2.13
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		249.62

Fuente: Propia

**Tabla 27.** Diseño 0.40 – 10% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	382	3.11	0.123	1.00	382	1.00	42.50
Agua	153	1	0.153	0.40	158	0.41	17.60
Piedra	1655	2.66	0.622	4.33	1684	4.41	187.39
%15 Escoria			0.018		0.018		6.38
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		253.87

Fuente: Propia

**Tabla 28.** Diseño 0.40 – 10% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	382	3.11	0.123	1.00	382	1.00	42.50
Agua	153	1	0.153	0.40	158	0.41	17.60
Piedra	1655	2.66	0.622	4.33	1684	4.41	187.39
%20 Escoria			0.025		0.025		8.50
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		255.99

Fuente: Propia

**Tabla 29.** Diseño 0.40 – 20% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	243	3.11	0.078	1.00	243	1.00	42.50
Agua	97	1	0.097	0.40	102	0.42	17.94
Piedra	1655	2.66	0.622	6.82	1684	6.95	295.17
%5 Escoria			0.004		0.004		2.13
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		357.74

Fuente: Propia

**Tabla 30.** Diseño 0.40 – 20% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	243	3.11	0.078	1.00	243	1.00	42.50
Agua	97	1	0.097	0.40	102	0.42	17.94
Piedra	1655	2.66	0.622	6.82	1684	6.95	295.17
%15 Escoria			0.012		0.012		6.38
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		361.99

Fuente: Propia

**Tabla 31.** Diseño 0.40 – 20% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m³)	Peso Específico	Volumen Absoluto (m³)	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m3)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	243	3.11	0.078	1.00	243	1.00	42.50
Agua	97	1	0.097	0.40	102	0.42	17.94
Piedra	1655	2.66	0.622	6.82	1684	6.95	295.17
%20 Escoria			0.016		0.016		8.50
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		364.11

Fuente: Propia

Como se observa en las Tablas de la 23 a la 31 se ha realizado el diseño de mezclas con una relacion de Agua Cemento de 0.4 y diferentes valores de la cantidad de Escoria y el Porcentaje de varios para ser considerado como concreto permeable.

En los cuadros presentados se hace referencia a concretos que superan el valor del peso unitarios de los 2400 kg, teniendo en cuenta que uno de los aspectos importantes para elegir el diseño de mezclas optimo es también el peso unitario.

### 3.6.7.3. Diseño de mezcla relación a/c 0.50

**Tabla 32.** Diseño 0.50 – 5% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m³)	Peso Específico	Volumen Absoluto (m³)	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m3)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	396	3.11	0.127	1.00	396	1.00	42.50
Agua	198	1	0.198	0.50	204	0.51	21.82
Piedra	1655	2.66	0.622	4.18	1684	4.25	180.61
%5 Escoria			0.006		0.006		2.13
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		247.06

Fuente: Propia

Tabla 33. Diseño 0.50 – 5% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m³)	Peso Específico	Volumen Absoluto (m³)	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m3)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	396	3.11	0.127	1.00	396	1.00	42.50
Agua	198	1	0.198	0.50	204	0.51	21.82
Piedra	1655	2.66	0.622	4.18	1684	4.25	10.61
%15 Escoria			0.019		0.019		6.38
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		81.31

Fuente: Propia

Tabla 34. Diseño 0.50 – 5% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m³)	Peso Específico	Volumen Absoluto (m³)	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m3)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	396	3.11	0.127	1.00	396	1.00	42.50
Agua	198	1	0.198	0.50	204	0.51	21.82
Piedra	1655	2.66	0.622	4.18	1684	4.25	180.61
%20 Escoria			0.025		0.025		8.50
%Vacíos	-	-	0.05	-	0.05	-	-
TOTAL	2336		1.00		2371		253.43

Fuente: Propia

Tabla 35. Diseño 0.50 – 10% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m³)	Peso Específico	Volumen Absoluto (m³)	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m3)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	336	3.11	0.108	1.00	336	1.00	42.50
Agua	168	1	0.168	0.50	173	0.52	21.93
Piedra	1655	2.66	0.622	4.93	1684	5.02	213.37
%5 Escoria			0.005		0.005		2.13
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		279.93

Fuente: Propia

**Tabla 36.** Diseño 0.50 – 10% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	336	3.11	0.108	1.00	336	1.00	42.50
Agua	168	1	0.168	0.50	173	0.52	21.93
Piedra	1655	2.66	0.622	4.93	1684	5.02	213.37
%15 Escoria			0.016		0.016		6.38
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		284.18

Fuente: Propia

**Tabla 37.** Diseño 0.50 – 10% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	336	3.11	0.108	1.00	336	1.00	42.50
Agua	168	1	0.168	0.50	173	0.52	21.93
Piedra	1655	2.66	0.622	4.93	1684	5.02	213.37
%20 Escoria			0.022		0.022		8.50
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		286.30

Fuente: Propia

**Tabla 38.** Diseño 0.50 – 20% - 5%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	213	3.11	0.068	1.00	213	1.00	42.50
Agua	107	1	0.107	0.50	112	0.53	22.32
Piedra	1655	2.66	0.622	7.77	1684	7.91	336.08
%5 Escoria			0.003		0.003		2.13
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		403.03

Fuente: Propia

**Tabla 39.** Diseño 0.50 – 20% - 15%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	213	3.11	0.068	1.00	213	1.00	42.50
Agua	107	1	0.107	0.50	112	0.53	22.32
Piedra	1655	2.66	0.622	7.77	1684	7.91	336.08
%15 Escoria			0.010		0.010		6.38
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		407.28

Fuente: Propia

**Tabla 40.** Diseño 0.50 – 20% - 20%

Material	DISEÑO ESTÁTICO				DISEÑO DINÁMICO		
	Peso (1m <sup>3</sup> )	Peso Específico	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Peso (1m <sup>3</sup> )	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	213	3.11	0.068	1.00	213	1.00	42.50
Agua	107	1	0.107	0.50	112	0.53	22.32
Piedra	1655	2.66	0.622	7.77	1684	7.91	336.08
%20 Escoria			0.014		0.014		8.50
%Vacíos	-	-	0.10	-	0.1	-	-
TOTAL	2231		1.00		2575		409.40

Fuente: Propia

Como se observa en las Tablas de la 32 a la 40 se ha realizado el diseño de mezclas con una relacion de Agua Cemento de 0.5 y diferentes valores de la cantidad de Escoria y el Porcentaje de vacios para ser considerado como concreto permeable.

En los cuadros presentados se hace referencia a concretos que superan el valor del peso unitarios de los 2400 kg, teniendo en cuenta que uno de los aspectos importantes para elegir el diseño de mezclas optimo es también el peso unitario.

### 3.6.8 Peso unitario del concreto fresco

Tabla 41. Diseño  $a/c=0.30$

DISEÑO DE MEZCLA PATRON	% DE VACIOS	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO kg/m <sup>3</sup>	PROMEDIO
RELACION $a/c = 0.30$	5%	2079	2077
	5%	2071	
	5%	2080	
	10%	1832	1837
	10%	1843	
	10%	1836	
	15%	1785	1791
	15%	1800	
	15%	1789	
	20%	1700	1705
	20%	1709	
	20%	1706	

Fuente: Propia

Tabla 42. Diseño  $a/c=0.40$

DISEÑO DE MEZCLA PATRON	% DE VACIOS	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO kg/m <sup>3</sup>	PROMEDIO
RELACION $a/c = 0.40$	5%	2101	2118
	5%	2136	
	5%	2116	
	10%	2010	2022
	10%	2037	
	10%	2018	
	15%	1963	1957
	15%	1967	
	15%	1941	
	20%	1830	1837
	20%	1845	
	20%	1836	

Fuente: Propia

Tabla 43. Diseño  $a/c=0.50$

DISEÑO DE MEZCLA PATRON	% DE VACIOS	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO kg/m <sup>3</sup>	PROMEDIO
RELACION $a/c = 0.50$	5%	2178	2175
	5%	2170	
	5%	2176	
	10%	2100	2102
	10%	2098	
	10%	2107	
	15%	1994	1990
	15%	1983	
	15%	1992	
	20%	1867	1886
	20%	1899	
	20%	1891	

Fuente: Propia

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo, para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento. En tal sentido se ha evaluado el peso unitario del concreto fresco y en ningún caso a superado los 2400 kg/m<sup>3</sup> por lo tanto todos los diseños pueden ser aceptados por el peso

## **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 descripción del trabajo de campo**

La presente investigación se encuentra enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de Tecnología del Concreto. En cuanto al desarrollo de la investigación, se elaboró una mezcla patrón, con  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y otras mezclas de concreto permeables en base a la relación Agua-Cemento 0.50 ,0.40 y 0.30 con porcentajes de vacíos de 5%,10%,15% y 20%.

Para tal efecto se seguirá las recomendaciones del (ACI-211.3R, 2000) y recomendaciones del comité 522 para el con el fin de evaluar las propiedades del concreto en estado fresco, permeabilidad del concreto y el estado endurecido. Para la fabricación del concreto se utilizará como material cementante la escoria, agregado grueso y agua potable.

#### 4.1.1 Ensayos de compresión

#### 4.1.2 Diseño de mezcla relación a/c 0.30

Tabla 44. Diseño 0.30 – 5% - 5%.

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D)	ALTURA PROMEDIO (H)	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	5%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	148.29	188.8	196.2	10.76	5.49%	10.05
2		5%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	163.78	208.5				
3		5%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	150.16	191.2				
4		5%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	183.60	233.7	237.4	10.37	4.37%	8.31
5		5%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	195.70	249.1				
6		5%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	180.20	229.4				
7		5%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	215.80	274.7	261.8	11.26	4.30%	7.89
8		5%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	199.57	254.1				
9		5%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	201.60	256.7				

Fuente: Propia

**Tabla 45. Diseño 0.30 – 5% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	5%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	147.56	187.9	195.2	10.45	5.35%	9.91
2		5%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	162.75	207.2				
3		5%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	149.75	190.6				
4		5%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	183.78	234.0	237.0	9.44	3.98%	7.66
5		5%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	194.45	247.6				
6		5%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	180.20	229.4				
7		5%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	215.80	272.5	260.2	10.72	4.12%	7.61
8		5%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	198.45	252.6				
9		5%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	200.64	255.4				

Fuente: Propia

**Tabla 46. Diseño 0.30 – 5% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	5%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	146.45	186.4	193.8	10.28	5.30%	9.85
2		5%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	161.45	205.5				
3		5%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	148.78	189.4				
4		5%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	182.45	232.3	236.0	9.41	3.99%	7.49
5		5%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	193.76	246.7				
6		5%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	179.87	229.0				
7		5%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	214.56	273.2	258.8	12.76	4.93%	9.40
8		5%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	195.45	248.8				
9		5%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	199.78	254.3				

Fuente: Propia

**Tabla 47. Diseño 0.30 – 10% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	10%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	145.89	185.7	195.4	8.36	4.28%	5.30
2		10%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	160.78	200.7				
3		10%	5%	09-01-17	16-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	147.65	199.7				
4		10%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	181.89	231.6	234.8	9.40	4.00%	6.45
5		10%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	192.75	245.4				
6		10%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	178.65	227.4				
7		10%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	213.75	272.1	257.5	12.94	5.03%	4.36
8		10%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	194.36	247.4				
9		10%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	198.76	253.0				

Fuente: Propia

**Tabla 48. Diseño 0.30 – 10% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	10%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	145.45	185.2	195.0	8.55	4.39%	7.40
2		10%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	160.75	200.7				
3		10%	15%	09-01-17	16-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	147.32	199.2				
4		10%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	181.12	230.6	233.3	8.19	3.51%	6.73
5		10%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	190.45	242.5				
6		10%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	178.12	226.8				
7		10%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	213.42	271.7	257.2	12.84	4.99%	2.11
8		10%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	194.21	247.3				
9		10%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	198.47	252.7				

Fuente: Propia

**Tabla 49. Diseño 0.30 – 10% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	10%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	143.45	182.6	193.9	9.74	5.02%	4.30
2		10%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	160.14	199.9				
3		10%	20%	09-01-17	16-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	147.21	199.1				
4		10%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	180.89	230.3	230.3	6.92	3.00%	3.01
5		10%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	186.32	237.2				
6		10%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	175.45	223.4				
7		10%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	212.12	270.1	255.4	13.04	5.11%	2.43
8		10%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	192.45	245.0				
9		10%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	197.32	251.2				

Fuente: Propia

**Tabla 50. Diseño 0.30 – 20% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	100.10	127.4	125.1	2.68	2.14%	4.22
2		20%	5%	09-01-17	16-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	92.19	122.2				
3		20%	5%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	98.67	125.6				
4		20%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	109.46	139.4	145.1	6.60	4.55%	8.92
5		20%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	119.62	152.3				
6		20%	5%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	112.78	143.6				
7		20%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	129.17	164.4	170.7	6.13	3.59%	7.18
8		20%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	138.79	176.7				
9		20%	5%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	134.26	170.9				

Fuente: Propia

**Tabla 51. Diseño 0.30 – 20% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION		
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	100.10	127.4	125.1	2.68	2.14%	4.22		
2		20%	15%	09-01-17	16-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	92.19	122.2						
3		20%	15%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	98.67	125.6						
4		RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	109.46	139.4	145.1	6.60	4.55%	8.92	
5			20%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	119.62	152.3					
6			20%	15%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	112.78	143.6					
7			RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	129.17	164.4	170.7	6.13	3.59%	7.18
8				20%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	138.79	176.7				
9				20%	15%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	134.26	170.9				

Fuente: Propia

**Tabla 52. Diseño 0.30 – 20% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION		
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	100.10	127.4	125.1	2.68	2.14%	4.22		
2		20%	20%	09-01-17	16-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	92.19	122.2						
3		20%	20%	09-01-17	16-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	98.67	125.6						
4		RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	109.46	139.4	145.1	6.60	4.55%	8.92	
5			20%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	119.62	152.3					
6			20%	20%	09-01-17	23-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	112.78	143.6					
7			RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.30	20%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	129.17	164.4	170.7	6.13	3.59%	7.18
8				20%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	138.79	176.7				
9				20%	20%	09-01-17	06-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	134.26	170.9				

Fuente: Propia

#### 4.1.2 Diseño de mezcla relación a/c 0.40

Tabla 53. Diseño 0.40 – 5% - 5%

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	5%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	143.80	183.1	186.4	4.19	2.25%	4.30
2		5%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	150.10	191.1				
3		5%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	145.30	185.0				
4		5%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	176.20	224.3	225.4	5.99	2.66%	5.25
5		5%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	182.10	231.8				
6		5%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	172.80	220.0				
7		5%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	215.80	253.3	248.7	6.39	2.57%	0.76
8		5%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	199.57	251.4				
9		5%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	201.60	241.4				

Fuente: Propia

Tabla 54. Diseño 0.40 – 5% - 15%

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	5%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	143.30	182.4	185.7	3.85	2.07%	4.04
2		5%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	149.20	189.9				
3		5%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	145.10	184.7				
4		5%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	173.40	220.8	216.0	6.26	2.90%	4.36
5		5%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	171.50	218.3				
6		5%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	164.10	208.9				
7		5%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	205.40	261.5	246.1	19.64	7.98%	15.26
8		5%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	175.90	223.9				
9		5%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	198.50	252.7				

Fuente: Propia

**Tabla 55. Diseño 0.40 – 5% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	5%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	142.30	181.2	175.0	12.88	7.36%	1.38
2		5%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	144.20	183.6				
3		5%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	125.80	160.2				
4		5%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	171.40	218.2	213.5	6.26	2.93%	4.41
5		5%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	169.50	215.8				
6		5%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	162.10	206.4				
7		5%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	202.40	257.7	241.8	20.36	8.42%	16.06
8		5%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	171.90	218.8				
9		5%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	195.50	248.9				

Fuente: Propia

**Tabla 56. Diseño 0.40 – 10% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	10%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	140.50	178.9	183.1	5.28	2.88%	4.12
2		10%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	145.40	181.5				
3		10%	5%	10-01-17	17-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	139.80	189.0				
4		10%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	172.50	219.6	222.8	6.11	2.74%	3.40
5		10%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	180.50	229.8				
6		10%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	171.90	218.8				
7		10%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	185.40	236.0	222.9	19.51	8.75%	14.25
8		10%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	157.50	200.5				
9		10%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	182.45	232.3				

Fuente: Propia

**Tabla 57. Diseño 0.40 – 10% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	10%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	139.50	177.6	180.9	5.51	3.05%	5.20
2		10%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	142.50	177.9				
3		10%	15%	10-01-17	17-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	138.50	187.3				
4		10%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	171.51	218.4	219.9	4.23	1.92%	2.54
5		10%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	176.50	224.7				
6		10%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	170.20	216.7				
7		10%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	184.50	234.9	220.5	21.07	9.56%	15.41
8		10%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	154.20	196.3				
9		10%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	180.89	230.3				

Fuente: Propia

**Tabla 58. Diseño 0.40 – 10% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	10%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	137.54	175.1	176.6	2.25	1.27%	2.09
2		10%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	140.58	175.5				
3		10%	20%	10-01-17	17-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	132.50	179.2				
4		10%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	170.54	217.1	218.2	3.12	1.43%	5.80
5		10%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	174.20	221.8				
6		10%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	169.54	215.8				
7		10%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	182.40	232.2	217.9	22.03	10.11%	16.70
8		10%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	151.20	192.5				
9		10%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	179.78	228.9				

Fuente: Propia

**Tabla 59. Diseño 0.40 – 20% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	20%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	137.54	175.1	176.7	8.90	5.04%	6.32
2		20%	5%	10-01-17	17-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	140.58	186.3				
3		20%	5%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	152.50	168.7				
4		20%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	170.54	217.1	218.2	3.12	1.43%	2.14
5		20%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	174.20	221.8				
6		20%	5%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	169.54	215.8				
7		20%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	182.40	232.2	217.9	22.03	10.11%	18.23
8		20%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	151.20	192.5				
9		20%	5%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	179.78	228.9				

Fuente: Propia

**Tabla 60. Diseño 0.40 – 20% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	20%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	100.10	127.4	125.1	2.68	2.14%	4.22
2		20%	15%	10-01-17	17-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	92.19	122.2				
3		20%	15%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	98.67	125.6				
4		20%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	109.46	139.4	145.1	6.60	4.55%	8.92
5		20%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	119.62	152.3				
6		20%	15%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	112.78	143.6				
7		20%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	129.17	164.4	170.7	6.13	3.59%	7.18
8		20%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	138.79	176.7				
9		20%	15%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	134.26	170.9				

Fuente: Propia

**Tabla 61. Diseño 0.40 – 20% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.40	20%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	98.32	125.2	121.6	3.09	2.54%	4.73
2		20%	20%	10-01-17	17-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	90.12	119.4				
3		20%	20%	10-01-17	17-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	94.52	120.3				
4		20%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	109.46	139.4	145.1	6.60	4.55%	8.92
5		20%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	119.62	152.3				
6		20%	20%	10-01-17	24-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	112.78	143.6				
7		20%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	129.17	164.4	170.7	6.13	3.59%	7.18
8		20%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	138.79	176.7				
9		20%	20%	10-01-17	07-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	134.26	170.9				

Fuente: Propia

#### 4.1.3 Diseño de mezcla relación a/c 0.50

**Tabla 62. Diseño 0.50 – 5% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	5%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	139.60	177.7	177.1	2.12	1.20%	0.58
2		5%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	140.41	178.8				
3		5%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	137.21	174.7				
4		5%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	172.15	219.2	214.1	4.53	2.12%	1.19
5		5%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	165.23	210.4				
6		5%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	167.24	212.9				
7		5%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	198.54	252.8	236.6	14.42	6.09%	11.73
8		5%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	176.74	225.0				
9		5%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	182.32	232.1				

Fuente: Propia

**Tabla 63. Diseño 0.50 – 5% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	5%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	137.60	175.2	175.8	1.49	0.85%	1.31
2		5%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	139.41	177.5				
3		5%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	137.21	174.7				
4		5%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	170.15	216.6	212.4	3.61	1.70%	1.00
5		5%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	165.23	210.4				
6		5%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	165.24	210.4				
7		5%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	198.54	252.8	235.4	15.16	6.44%	11.79
8		5%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	176.74	225.0				
9		5%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	179.32	228.3				

Fuente: Propia

**Tabla 64. Diseño 0.50 – 5% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	5%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	135.60	172.6	173.2	3.98	2.30%	2.80
2		5%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.10	1.89	80.12	139.41	177.5				
3		5%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.30	1.91	80.12	133.21	169.6				
4		5%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	170.15	216.6	210.8	5.68	2.70%	2.41
5		5%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	165.23	210.4				
6		5%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	161.24	205.3				
7		5%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	198.54	252.8	234.1	16.56	7.08%	13.49
8		5%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	173.74	221.2				
9		5%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.50	1.83	80.12	179.32	228.3				

Fuente: Propia

**Tabla 65. Diseño 0.50 – 10% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	10%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	135.60	172.6	176.5	4.54	2.58%	3.52
2		10%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	140.41	175.3				
3		10%	5%	11-01-17	18-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	134.21	181.5				
4		10%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	172.15	219.2	212.4	5.95	2.80%	5.34
5		10%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	165.23	210.4				
6		10%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	163.24	207.8				
7		10%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	195.41	242.8	230.9	10.60	4.59%	2.25
8		10%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	176.84	222.4				
9		10%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	181.32	227.6				

Fuente: Propia

**Tabla 66. Diseño 0.50 – 10% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	10%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	133.60	170.1	173.8	3.65	2.10%	1.93
2		10%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	139.41	174.0				
3		10%	15%	11-01-17	18-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	131.17	177.4				
4		10%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	172.78	220.0	210.5	8.40	3.99%	5.77
5		10%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	160.12	203.9				
6		10%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	163.24	207.8				
7		10%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	195.41	234.2	227.3	7.59	3.34%	4.09
8		10%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	172.14	219.2				
9		10%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	179.45	228.5				

Fuente: Propia

**Tabla 67. Diseño 0.50 – 10% - 20%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	10%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	19.00	1.88	80.12	131.42	167.3	172.0	4.17	2.42%	0.88
2		10%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.20	19.00	1.86	81.71	139.12	173.7				
3		10%	20%	11-01-17	18-01-17	7	9.80	19.10	1.95	75.43	129.54	175.2				
4		10%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	170.85	217.5	206.9	10.60	5.12%	5.17
5		10%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.90	1.87	80.12	154.20	196.3				
6		10%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	18.80	1.86	80.12	162.45	206.8				
7		10%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	194.75	222.5	223.6	27.53	12.32%	24.50
8		10%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	197.63	251.6				
9		10%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.80	1.86	80.12	154.40	196.6				

Fuente: Propia

**Tabla 68. Diseño 0.50 – 20% - 5%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	20%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	128.75	163.9	171.0	11.46	6.70%	-11.89
2		20%	5%	11-01-17	18-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	139.05	184.3				
3		20%	5%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	129.54	164.9				
4		20%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	169.81	216.2	205.9	9.96	4.84%	9.65
5		20%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	154.20	196.3				
6		20%	5%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	161.12	205.1				
7		20%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	194.75	247.9	220.8	27.63	12.51%	11.80
8		20%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	192.32	221.9				
9		20%	5%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	151.37	192.7				

Fuente: Propia

**Tabla 69. Diseño 0.50 – 20% - 15%**

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	20%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	128.42	163.5	164.7	1.12	0.68%	1.34
2		20%	15%	11-01-17	18-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	125.05	165.7				
3		20%	15%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	129.54	164.9				
4		20%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	169.81	216.2	204.0	11.86	5.81%	11.61
5		20%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	151.20	192.5				
6		20%	15%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	159.74	203.4				
7		20%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	193.41	235.8	219.9	30.70	13.96%	1.65
8		20%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	190.45	239.4				
9		20%	15%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	149.57	184.5				

Fuente: Propia

Tabla 70. Diseño 0.50 – 20% - 20%

MUESTRA N°	IDENTIFICACIÓN	% DE VACIOS	% DE ESCORIA	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD días	DIAMETRO PROMEDIO (D) cm	ALTURA PROMEDIO (H) cm	RELACION H/D	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR (S)	VARIANZA (CV%)	DISPERSION
1	RELACION AGUA CEMENTO a/c = 0.50	20%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	18.30	1.81	80.12	126.45	161.0	163.6	2.23	1.37%	2.32
2		20%	20%	11-01-17	18-01-17	7	9.90	18.90	1.91	76.98	124.36	164.8				
3		20%	20%	11-01-17	18-01-17	7	10.10	18.50	1.83	80.12	129.54	164.9				
4		20%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	168.45	214.5	203.1	11.00	5.42%	10.81
5		20%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.00	1.88	80.12	151.20	192.5				
6		20%	20%	11-01-17	25-01-17	14	10.10	19.20	1.90	80.12	158.96	202.4				
7		20%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.60	1.84	80.12	192.45	235.4	218.1	24.20	11.10%	3.21
8		20%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.70	1.85	80.12	189.23	228.4				
9		20%	20%	11-01-17	08-02-17	28	10.10	18.90	1.87	80.12	149.57	190.4				

Fuente: Propia

Como se observa en las figuras que comprende desde la 44 hasta la 70 se han realizado los ensayos de comprensión al concreto para los diseños de mezcla con relacion de agua cementos de 0.3, 0.4 y 0.5 mostrando los resultados a elegir el mejor a conveniencia, siendo:

#### Relacion Agua Cemento 0.3

- Mejor resistencia a la Comprensión de 261.8 kg/cm<sup>2</sup> con 5% de Vacíos
- Mejor resistencia a la Comprensión de 257.2 kg/cm<sup>2</sup> con 10% de Vacíos

#### Relacion Agua Cemento 0.4

- Mejor resistencia a la Comprensión de 248.7 kg/cm<sup>2</sup> con 5% de Vacíos
- Mejor resistencia a la Comprensión de 222.8 kg/cm<sup>2</sup> con 10% de Vacíos

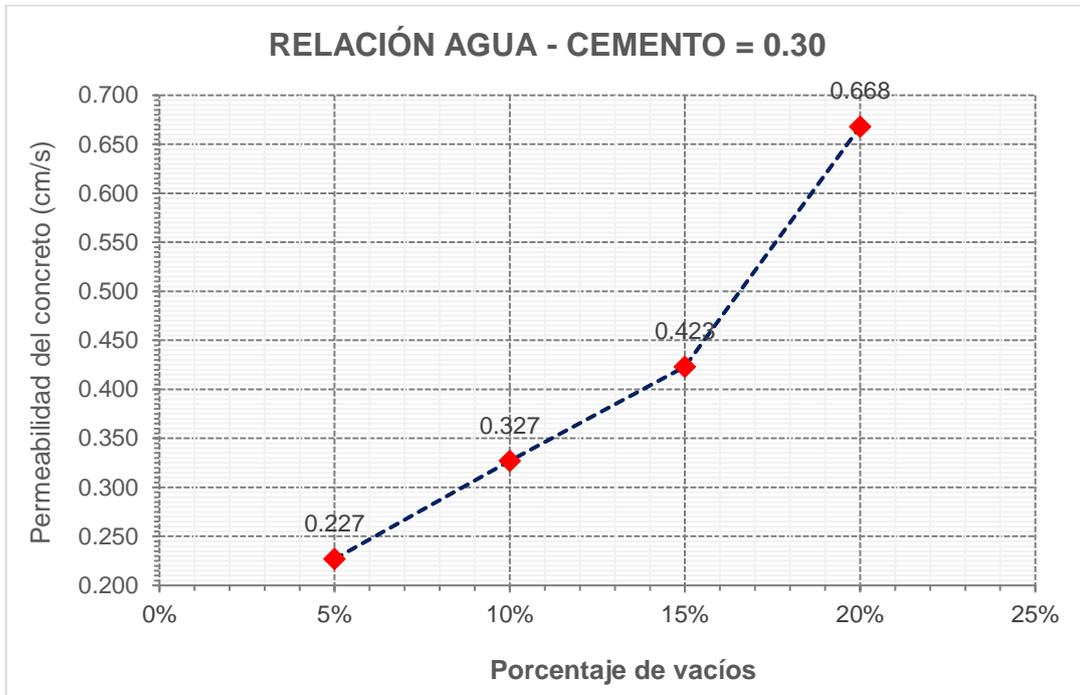
#### Relacion Agua Cemento 0.5

- Mejor resistencia a la Comprensión de 236.6 kg/cm<sup>2</sup> con 5% de Vacíos
- Mejor resistencia a la Comprensión de 230.9 kg/cm<sup>2</sup> con 10% de Vacíos

Considerando que todos los datos seleccionados han superado las solicitudes de la mayoría de especificaciones técnicas para concreto en pavimentos, sin embargo, el propósito de este proyecto de investigación es de concreto permeable, considerando que la mejor resistencia a la Comprensión es aquel concreto con relacion a/c de 0.3 y un 5% de vacíos que resulto una resistencia a la comprensión de 261.8 kg/cm<sup>2</sup>

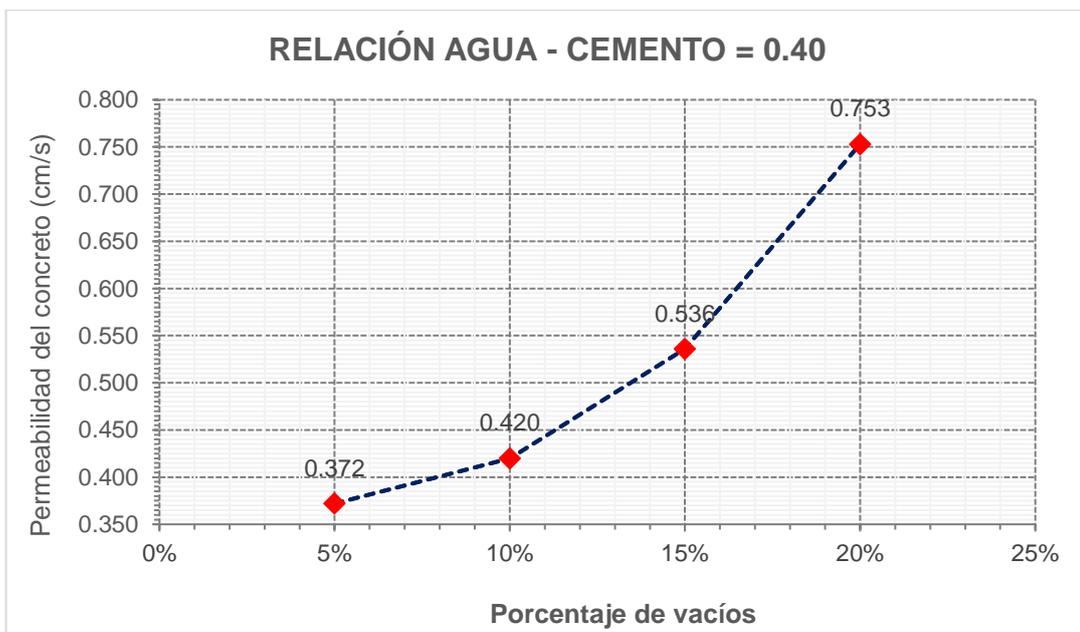
## 4.2. Ensayo de Permeabilidad

Ilustración 18. relación agua/ cemento 0.30



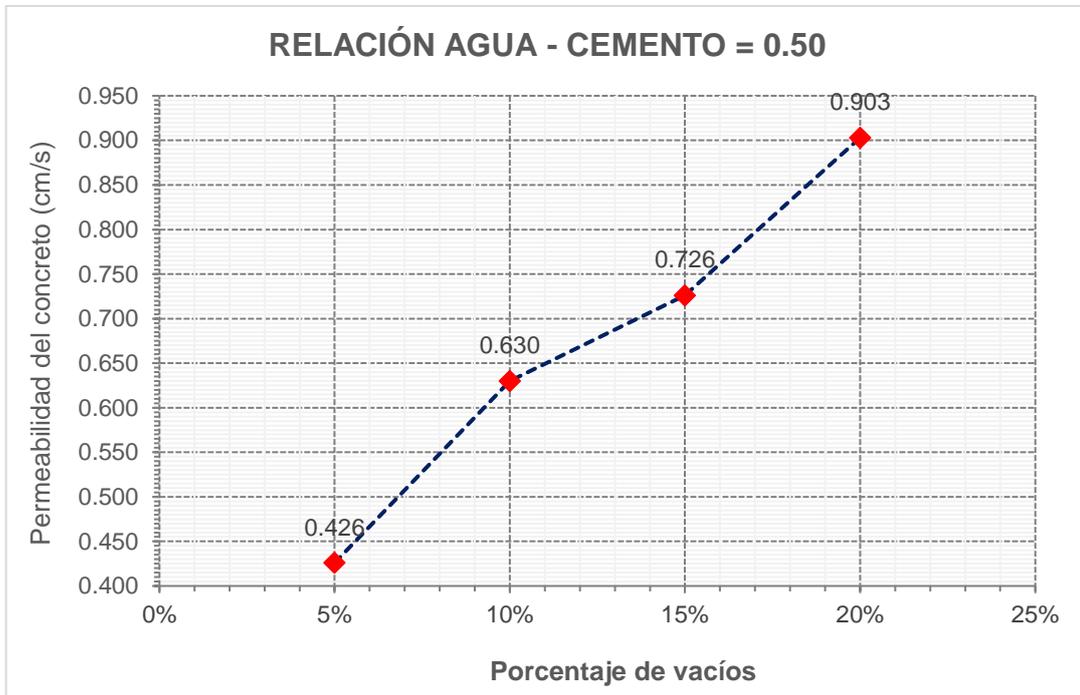
Fuente: Propia

Ilustración 19. relación agua/ cemento 0.40



Fuente: Propia

Ilustración 20. relación agua/ cemento 0.50



Fuente: Propia

En Perú y Latinoamérica el Concreto por la naturaleza de sus principales componentes agregados, es un material poroso y el grado de densidad que logremos alcanzar en el diseño de mezcla, determinará la calidad del concreto; cuando empleamos en la cimentación de estructuras, muchas veces estará, durante su vida útil, expuesto a la agresividad química del mismo suelo y/o del agua subterránea, situación en la que se requiere un diseño que tomé como factor fundamental lograr un concreto muy denso, el que se obtiene dándole una relación agua-cemento del orden de 0.45 a 0.40, sin embargo es necesario que muy aparte de que sea poroso, este concreto puede resistir a cargas a la comprensión.

Se han tenido como promedio en el diseño de mezclas los siguientes resultados:

### Relacion Agua Cemento 0.3

- Permeabilidad de 0.668 cm/s

### Relacion Agua Cemento 0.4

- Permeabilidad de 0.753 cm/s

### Relacion Agua Cemento 0.5

- Permeabilidad de 0.903 cm/s

En tal sentido se observa que los concretos con mayor Relación a/c son más permeable, sin embargo, es necesario mencionar que con mayor relacion a/c son menos resistentes. Eligiendo así los concretos con relacion agua cemento de 0.3

## CONCLUSIONES

A lo largo de la historia, los constructores siempre han buscado perfeccionar los procesos de construcción y utilizar materiales de alta resistencia, siendo el concreto uno de los más preferidos. Como sabemos, el concreto hoy cumple un papel importante en la estructura de casi todas las obras. Justamente, porque una de sus principales propiedades es su alta capacidad para soportar diversas cargas de compresión. El ingeniero usualmente da por hecho que el concreto colocado en la estructura alcanzará la resistencia especificada, pero eso no ocurre siempre. Son varios los factores (forma de preparación, cantidad de materiales utilizados, calidad de los agregados o como en nuestro proyecto de investigación donde utilizamos como parte del agregado: "Escoria") que afectan positiva o negativamente esta importante propiedad del concreto. Por eso en cada proyecto se debe realizar una verificación para estar completamente seguros de su calidad y resistencia del concreto. En nuestro caso, se ha realizado el Ensayo mediante el método de esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto (N.T.P. 339.034) donde el resultado supera los 232.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad del testigo de prueba con un 5 % de porcentaje de escoria, sin embargo, a medida que la cantidad de escoria que se incrementaba en la dosificación del concreto, la resistencia a la compresión del concreto tendía a bajar, por lo tanto como conclusión general podemos mencionar que se Determinó la máxima resistencia a la compresión del concreto 261.8 Kg/cm<sup>2</sup> con una permeabilidad de 0.227 cm/s promedio que cumpla con las especificaciones

técnicas requeridas de la mayoría de proyectos de Pavimento rígido que es un como mínimo de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Del proyecto de investigación, se emanan las siguientes conclusiones secundarias, siendo:

- Es importante saber que se han realizado una gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas de concreto, en buena parte se entiende que el diseño de mezcla es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio, cuando hablamos de diseño de mezclas incorporando nuevos materiales, no existe alguna bibliografía que ayude al estudiante ni a los profesionales de ingeniería civil a seguir unos lineamientos y llegar a una resistencia a la compresión adecuada ni a solicitudes que requiere un proyecto en específico, en tal sentido en este proyecto de investigación se ha Establecido el Diseño de mezclas optimo para determinar la mejor resistencia a la compresión de concreto permeable, siendo Cemento = 1 Bolsa de 42.5 Kg, Agua 13.56 Kg, Piedra 254.26 kg y 20% de Escoria en relación al cemento que equivale a 8.50 kg. Por lo tanto, podemos

concluir que se determinó la mejor resistencia a la comprensión del concreto al establecer el diseño de mezclas óptimo para Producir concreto Permeable con escoria en los pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco 2019

- Normalmente concebimos el Concreto como un elemento totalmente impermeable y en la mayoría de los casos dicha simplificación es totalmente válida. Pero hay casos en que hay que afinar considerado que el hormigón es un medio poroso y por tanto deja pasar, a través suya, líquidos y gases. La tecnología del concreto y el mejoramiento de las condiciones medioambientales se acoplan en el concreto poroso y permeable, material compuesto por una matriz por cemento y un agregado como refuerzo, con la principal característica: permitir la infiltración de agua a través de su superficie y proporcionar un almacenamiento temporal, para su posterior disposición, sin embargo, mientras que incrementa el valor de la permeabilidad disminuye el valor de la resistencia a la comprensión del concreto según los datos que indica nuestros resultados a permeabilidad de 0.227 cm/s y un porcentaje de vacíos de 5% una resistencia a la comprensión de 232.2 kg/cm<sup>2</sup> y a una permeabilidad de 0.423 cm/s y un porcentaje de vacíos de 20% una resistencia a la comprensión de 170.7 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, concluimos que la relación entre la resistencia a la comprensión y la permeabilidad del concreto son inversamente

proporcional al Producir concreto Permeable con escoria en los pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco -2019

- La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportando, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad. Un método Indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de asentamiento con el cono o SLUMP según la norma NTC396. Considerando que en la mayoría de proyectos para la construcción de pavimentos, el concreto sugerido en las especificaciones técnicas debe contener un SLUMP de entre 4 a 6 pulgadas. En nuestro caso se ha determinado el valor del SLUMP para cada muestra de concreto Permeable y cuando el valor del SLUMP es de 4" se ha determinado una resistencia a la compresión de 232.2 kg/cm<sup>2</sup> mientras a un SLUMP de 6" se ha determinado una resistencia a las compresión de 212 kg/cm<sup>2</sup> con las mismas propiedades, en tal sentido podemos concluir que la relación entre la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto es indirectamente proporcional al Producir concreto Permeable con escoria en los pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco -2019

## RECOMENDACIONES

- Ya que el contenido de vacíos depende de distintas variables como la granulometría y la forma del agregado, es importante antes de realizar mezclas definitivas, hacer mezclas de prueba para alcanzar el porcentaje de vacíos que se ha estimado en el diseño
- Se recomienda de tener la Certificación de todos los equipos que serán utilizados en las próximas investigaciones para tener menor margen de error, equipos como el horno para determinar la Humedad, Mallas para el tamizado, prensa para determina la resistencia a la comprensión, y otros.
- Se recomienda Desarrollar estudios investigaciones con los mismos tipos de materiales, pero adicionando distintos aditivos que mejoren la manejabilidad, estabilidad y la resistencia del concreto permeable, se puede recomendar utilizar aditivos plastificantes, superplastificantes, Sílice, Micro sílice o Nano sílice.
- Lo recomendable para el concreto permeable, que cuando se utilicen finos en las mezclas, no se deben abusar de ellos, ya que ocasionaría el taponamiento de los poros interconectados en la estructura del concreto. Para conservar la permeabilidad de este tipo de concreto, se debe diseñar con un alto contenido de vacíos, pavimentar los accesos inmediatos de vehículos y las zonas aledañas y realizar el mantenimiento con máquinas adecuadas, debiendo iniciar ésta a más tardar al año de la construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aranguren Campos, E. R. (2015). Caracterización de una mezcla asfáltica empleando alquitrán, escoria granulada y agregado de caliza. *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/13369>
- Astini, R. (2001). Pavimentos estriados en la Formación Don Braulio y naturaleza de la glaciación hirnantiana (Ordovícico Tardío) en la región andina. *SCIELO*, 8(1). Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-63602001000100001&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-63602001000100001&script=sci_arttext&tlng=en)
- Barahona Aguiluz, R. A., Martínez Guerrero, M. V., & Zelaya Zelaya, S. E. (2015). Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramauca, La Pedrera, de la zona oriental de El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259/>
- Boza Regueira, M. (2011). Utilización de las escorias de acería. *Ciencia y Futuro*, 1(4). Obtenido de [http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista\\_estudiantil/article/view/536/294](http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/536/294)
- Boza Regueira, M. (2011). Utilización de las escorias de acería como material de construcción. *Ciencia Y Futuro*, 1(4). Obtenido de [http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista\\_estudiantil/article/view/536/294](http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/536/294)

- Cabrera, A., Escalante, J., & Castro, P. (2016). Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. Estado del arte re-visitado. *Revista ALCONPAT*, 6(1). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-68352016000100064&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-68352016000100064&script=sci_arttext)
- Calleja, J. (1982). Escorias y cementos siderurgicos. *Materiales de Construccion*, 32(186). Obtenido de <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/articloe/view/1024/1079>
- Callejo, J. (s.f.). Escorias y cementos siderúrgicos. *Materiales de Construccion*.
- Carvajal Vinasco, J. F. (2012). Evaluacion de escorias de Cordoba para su utilizacion en la industria del cemento portland. Obtenido de 2. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/299/digital\\_15954.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/299/digital_15954.pdf?sequence=1)
- Chan Yam, J. L., Solis Carcaño, R., & Moreno, E. I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Sistema de Informacion Cientifica*, 7(2). Obtenido de <https://www.redalyc.org/html/467/46770203/>
- Corcuera Sigüenza, A. E., & Vela Fernandez , J. R. (2018). Impacto en la resistencia a la compresion y permeabilidad del conceto a partir de la sustitucion de la piedra por ecogravilla de escoria de acero, Trujillo-2018.

- Corcuera Sigueza, A. E., & Vela Fernandez, J. R. (2018). Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por ecogavilla de escoria de acero, Trujillo-2018. *UPNBOX Repositorio Institucional*. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13755>
- Cruz Hernandez, R. A., Franco Duran, D. M., & Perez Bustos, L. (2014). Reemplazo del agregado fino por escoria de horno de cubilote para la fabricación de concreto. *Dialnet*, 10(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4888846>
- Cruz Hernández, R. A., Franco Durán, D. M., & Pérez Bustos, L. (2014). Reemplazo del Agregado Fino por escoria de horno de cubilote para la fabricación de concreto. *INGE CUC*, 10(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4888846>.
- Diaz, J. E., Izquierdo, S. R., Mejia, R., & Gordillo, M. (2013). Mezcla ternaria de cemento Portland, escoria de alto horno y piedra caliza: Resistencia mecánica y durabilidad. *Revista de la Construcción*, 12(3). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000300006>
- Flores Quispe, C. E., & Pacompia Calcina, I. A. (2015). Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos f'c 175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno. Obtenido de [https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F11239%2F1%2Fjimenez\\_cm.pdf%3Ffbclid%3DIwAR2gJ9mvkWCVK89A027PdaZPYjClwee6hZSKvTHCEOv7](https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F11239%2F1%2Fjimenez_cm.pdf%3Ffbclid%3DIwAR2gJ9mvkWCVK89A027PdaZPYjClwee6hZSKvTHCEOv7)

VmxdPgimKAHGNDY&h=AT00IjV\_97YO1nx7-\_fmcfiwbXqR1equ37-  
DwWs2o-vnTwEODTkE\_WebiB\_JpNyg0Zr

Gutiérrez Junco, O., Pineda Triana, Y., & Vera Lopez, E. (2015). Efecto de la incorporación de ceniza volante y escoria de horno alto en el comportamiento electroquímico de concretos de cemento comercial. *Revista de Metalurgia*, 51(4). Obtenido de <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1365>

Gutierrez Torres, A. G. (2017). Obtencion y caracterizacion de geopolimeros sintetizados a partir de la escoria granulada de alto horno como uso alternativo del cemento portland.

Lizarazo, J., Salas, A., & Escobar, D. (2016). Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto con Altos Contenidos de Escoria de Hierro. *Informacion Tecnologica*, 27(6). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000600017>

Marcos Adrian, M. S. (2008). Uso de las escorias obtenidas como sub producto de la elaboracion de acero de la planta nº 2 de Aceros Arequipas - Pisco para fines de cimentacion y pavimentos. *Universidad Ricardo Palma*. Obtenido de [repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/121](http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/121)

Mauricio Sanchez, H. (2016). Estado del Arte sobre las Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico y su Aplicaciones en Pavimentos. *Universidad Santo Tomas TUNJA*, 7(1). Obtenido de

<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/136>

7

Mayta Rojas, J. W. (2014). Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TCIV\\_13%20\(1\)](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TCIV_13%20(1))

Navarra, V. (2008). Escorias de horno alto. Obtenido de <http://www.cepco.es/Uploads/docs/Actualizacion%20del%20catalogo%20de%20residuos%20utilizables%20en%20construccion.pdf#page=24>

Pasquel Carbajal, E. (1998). Topico de tecnología del concreto en el Perú. *ACADEMIA*. Obtenido de Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto* (2a ed.). Lima, Perú: Autor.

Robayo Salazar, R. A., Matthey Centeno, P. E., Silvia Urrego, Y. F., & Delvasto Arjona, S. (2014). Comportamiento en estados fresco y endurecido de un concreto autocompactante, adicionado con escoria de carbón, y elaborado con agregado grueso de concreto reciclado. *Dialnet*, 78(2). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5129562>

Sanchez, R., Palacios, M., & Puertas, F. (2011). Cementos petroleros con adición de escoria de horno alto. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/mc.2010.54110>

- Solano Cerdas, C. (2009). Análisis de la flexo tracción del concreto permeable. *Repositorio TEC*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6253>
- Tejada Bedoya , G., Sarmiento Mejía, Z., & Huisa Ccori, C. (2008). Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto. *Ciencia & Desarrollo*(12). Obtenido de <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/CYD/article/view/285>
- Vekl. (s.f.).
- Velez, L. (2010). Permeabilidad y porosidad en concreto. *Tecno Logicas*(25). doi:<https://doi.org/10.22430/22565337.131>
- Villanueva Sánchez, S. (2017). Estilos de aprendizaje y el desarrollo de las habilidades comunicativas en estudiantes de quinto secundaria. *registro nacional de trabajos de investigación*. Obtenido de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/176448>
- Zambrano, J., Arango, L., & Lezcano, M. (2018). Estilos de aprendizaje, estrategias de aprendizaje y su relación con el uso de las TIC en estudiantes de educación secundaria. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 11(21). Obtenido de <http://learningstyles.uvu.edu/index.php/jls/article/view/348>

**ANEXOS**

## ENSAYO DE LABORATORIO



**Ensayo de humedad**



**Ensayo de granulometria**



**Ensayo de peso específico**



**Ensayo de peso unitario**



**Ensayo de diseño de mezcla**



**Ensayo de compresión**

## PREPARACION DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTOS



Extracción de escoria



Escoria granular en deposito de oroya



Preparación de encofrado



materiales: cemento, escoria, agregado



**Materiales y herramientas**



**mezclado de concreto permeable**



**Ensayo de diseño de mezcla**



**Ensayo de compresión**