

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO PERMEABLE  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  EMPLEANDO  
ADITIVO CHEMA MEGAPLAST EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES**

AUTORES: Br. MARTELL CUSQUIPOMA, JAIME ELMO

Br. ROJAS GARCIA, HOLMER WILINTON

ASESOR: Ing. MERINO MARTINEZ, MARCELO EDMUNDO

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## ACREDITACIONES

TITULO: "ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  EMPLEANDO ADITIVO CHEMA MEGAPLAST EN LA CIUDAD DE TRUJILLO"

AUTORES: Br. MARTELL CUSQUIPOMA, JAIME ELMO

Br. ROJAS GARCIA, HOLMER WILINTON

### APROBADO POR:

---

Ing. Jorge Luis, Paredes Estacio

PRESIDENTE

N° CIP: 90402

---

Ing. Vertiz Malabrigo, Manuel Allberto

SECRETARIO

N° CIP: 71188

---

Ing. Jorge Antonio, Vega Benites

VOCAL

N° CIP: 78666

---

Ing. Merino Martínez, Marcelo Edmundo

ASESOR

N° CIP: 77111

## PRESENTACIÓN

### Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  EMPLEANDO ADITIVO CHEMA MEGAPLAST EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Br. MARTELL CUSQUIPOMA, JAIME ELMO

Br. ROJAS GARCIA, HOLMER WILINTON

Trujillo, marzo del 2019

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento al **Ing. Merino Martínez Marcelo Edmundo** por su apoyo y orientación en la realización de este proyecto en su calidad de asesor.

De igual manera hago extensivo este agradecimiento a todos los profesores a la facultad de Ingeniería Civil, de esta facultad por haber contribuido en mi formación académico profesional.

**LOS AUTORES**

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Máximo y segunda con mucho amor y gratitud por su permanente apoyo y sacrificio.

A mis hermanas: Eulalia, Hilda, norma y María. Por su apoyo moral desde el inicio hasta la culminación de mis estudios.

A mi esposa Martha y a mis hijas Estefany y María quien me motivan día a día.

### **Jaime Elmo Martell Cusquipoma**

A mi madre Hilda.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Genaro.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### **Holmer Wilinton Rojas García**

## RESUMEN

En esta investigación, se estudia y analiza la influencia del aditivo Chema Megaplast en concreto permeable con agregados de la cantera El Milagro de la ciudad de Trujillo, con el propósito de aportar más al conocimiento referente al concreto permeable. la técnica que se utilizó para la recolección de datos en esta investigación es la observación directa, los instrumentos utilizados están basados en las Normas Técnicas Peruanas. El tipo de investigación presentada es del tipo experimental cuyos resultados obtenidos referente a la resistencia son fuente directa de la manipulación, calculo y rotura de probetas. Obteniendo como resultado una resistencia a la compresión promedio máxima de  $172 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días con aditivo Chema Megaplast y un coeficiente de permeabilidad promedio de  $0.77 \text{ cm/s}$ , teniendo como muestra 30 probetas ensayadas; llegando a la conclusión de que con 5% de agregado fino y 0.9 % de aditivo Chema Megaplast respecto al cemento, la mezcla posee poca cohesión adecuada entre dichos materiales motivo por el cual no se logró llegar a la resistencia deseada de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , pero se encuentra dentro del rango propuesto por el ACI 522R-10

Los agregados de la cantera del Milagro presentan las siguientes propiedades: Tamaño máximo nominal de  $1/2"$ , peso específico de  $2.60 \text{ gr/cm}^3$ , peso unitario suelto de  $1.27 \text{ gr/cm}^3$  y peso unitario compactado de  $1.31 \text{ gr/cm}^3$ , absorción de 0.76 %.

## ABSTRACT

In this research, the influence of Chema Megaplast additive in pervious concrete with aggregates from El Milagro quarry in the city of Trujillo is studied and analyzed, with the purpose of contributing more to knowledge regarding permeable concrete. The technique used for the data collection in this research is direct observation, the instruments used are based on the Peruvian Technical Standards. The type of research presented is of the experimental type whose results obtained with respect to resistance are a direct source of manipulation, calculation and breakage of specimens. Obtaining as a result a maximum average compressive strength of 172 kg / cm<sup>2</sup>, at 28 days with Chema Megaplast additive and an average permeability coefficient of 0.77cm / s, having 30 specimens tested as a sample; concluding that with 5% of fine aggregate and 0.9% of Chema Megaplast additive with respect to cement, the mixture has little cohesion between these materials, reason why it was not possible to reach the desired resistance of 210 kg / cm<sup>2</sup>, but it is within the range proposed by the ACI 522R-10.

The aggregates of the quarry of the Miracle have the following properties: Maximum nominal size of 1/2 ", specific weight of 2.60 gr / cm<sup>3</sup>, loose unit weight of 1.27 gr / cm<sup>3</sup> and compacted unit weight of 1.31 gr / cm<sup>3</sup>, absorption of 0.76 %.

## ÍNDICE

<b>ACREDITACIONES</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iv
<b>DEDICATORIA</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>CAPÍTULO I</b>	xvii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	18
1.1. Realidad problemática	19
1.1.1. Delimitación del problema	20
1.1.2. Características y análisis del problema.	20
1.2. Formulación del problema	22
1.3. Alcances	22
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.5. Justificación de la investigación	23
<b>CAPITULO II</b>	24
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b>	25
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	25
2.2. MARCO TEÓRICO	27
2.2.1. Diseño de mezcla	27
2.2.2. Materiales	27
2.2.2.1. Cemento Portland	27
2.2.2.2. Agregados (NTP 400.037; Norma ASTM C-33)	29
2.2.2.3. Rendimiento de los agregados (NTP 400.037)	29
2.2.2.4. Agregados Gruesos	29

2.2.2.5.	Agregados Finos	30
2.2.2.6.	Agua	30
2.2.2.7.	Aditivos	30
2.2.3.	Concreto	31
2.2.3.1.	Propiedades del Concreto	32
2.2.3.2.	Trabajabilidad	32
2.2.3.3.	Consistencia	32
2.2.3.4.	Resistencia	32
2.2.3.5.	Resistencia a compresión	32
2.2.3.6.	Durabilidad	33
2.2.3.7.	Hidratación	33
2.2.3.8.	Curado	33
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	33
2.3.1.	Concreto Permeable	33
2.3.1.1.	Propiedades del concreto permeable	34
2.3.1.1.1.	Propiedades en estado fresco	34
2.3.1.1.2.	Propiedades en estado endurecido	35
2.3.1.1.3.	Propiedades mecánicas	36
2.3.1.2.	Ventajas y desventajas (Guaita, 2016)	37
2.3.1.2.1.	Ventajas	37
2.3.1.2.2.	Desventajas	38
2.3.1.3.	Usos (Guaita, 2016)	39
2.3.2.	Permeabilidad	39
2.3.3.	Coefficiente de permeabilidad	39
2.4.	Hipótesis:	39
2.5.	Variables	40
2.5.1.	Variables independientes:	40

2.5.2. Variable interviniente:	40
2.5.3. Variable Dependiente:	40
2.5.4. Operacionalización de variables	40
<b>CAPITULO III:</b>	<b>41</b>
<b>3 METODOLOGÍA</b>	<b>42</b>
3.1 Tipo y nivel de la investigación	42
3.1.1 Tipo de Investigación	42
3.1.2 Nivel de Investigación	42
3.2 Población y muestra	42
3.2.1 Población	42
3.2.1.1 Descripción de la población.	42
3.2.1.2 Cuantificación de la población.	43
3.2.2 Muestra	44
3.2.2.1 Descripción de la muestra	44
3.2.2.2 Cuantificación de la muestra	44
3.2.3 Unidad de análisis	46
3.3 Método de muestreo.	46
3.4 Evaluación de la muestra.	46
3.5 Técnicas e instrumentos de investigación	46
3.5.1 Técnica:	46
3.5.2 Instrumentos	46
3.6 Diseño de la investigación	55
3.6.1 Procedimientos y análisis de datos	55
3.6.1.1 Procedimiento de recolección de datos	55
3.6.1.2 Análisis granulométrico de los agregados	55
3.6.1.3 Contenido de humedad	57
3.6.1.4 Peso unitario de los agregados	58

3.6.1.5	Peso específico y absorción de agregados gruesos	60
3.6.1.6	Gravedad específica y absorción de agregados finos	61
3.6.1.7	Diseño de la mezcla para el concreto permeable.	62
3.6.1.8	Elaboración y ensayo de concreto permeable,	66
3.6.1.9	Temperatura del concreto fresco (ASTM C 1064)	69
3.6.1.10	Peso unitario volumétrico (ASTM C-231)	70
3.6.1.11	Prueba de asentamiento	71
3.6.1.12	Ensayo de resistencia a la compresión.	72
3.6.1.13	Ensayo del coeficiente de permeabilidad	73
3.7	Análisis de Datos	78
<b>CAPITULO IV</b>		79
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	80
4.1	Resultados de los ensayos a los agregados	80
4.1.1	Agregado grueso:	80
4.1.2	Agregado fino	85
4.2	Resultados del diseño de mezcla del concreto permeable	89
4.3	Resultados del concreto endurecido	91
4.3.1	Resistencia a compresión	91
4.3.2	Permeabilidad	98
<b>CAPÍTULO V</b>		102
<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	103
<b>CONCLUSIÓN</b>		106
<b>RECOMENDACIONES</b>		108
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		109
<b>ANEXOS</b>		112
<b>ANEXO N° 01: DISEÑO DE MEZCLAS REALIZADOS</b>		112
<b>ANEXO N°02: DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL DE CILINDROS DE TESTIGOS</b>		118

9.64	%	119
<b>ANEXO N°03: FOTOGRAFÍAS</b>		120
<b>ANEXO N°04: HOJA TECNICA DEL ADITIVO CHEMA MEGAPLAST</b>		124
<b>ANEXO 05: INFORME DE ENSAYOS A COMPRESIÓN</b>		125

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 PESO ESPECÍFICO Y SUPERFICIE ESPECIFICA DE DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO .....	28
TABLA N° 2 TESTIGOS DE CONCRETO PARA LA ROTURA A COMPRESIÓN .....	43
TABLA N° 3 TESTIGOS DE CONCRETO PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD .....	43
TABLA N° 4 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO.....	47
TABLA N° 5 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO .....	47
TABLA N° 6 ANÁLISIS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO ....	48
TABLA N° 7 ANÁLISIS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO .....	49
TABLA N° 8 ANÁLISIS DE PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO.....	50
TABLA N° 9 ANÁLISIS DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO.....	51
TABLA N° 10 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO .....	52
TABLA N° 11 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO .....	52
TABLA N° 12 ANÁLISIS DEL ENSAYO A RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	53
TABLA N° 13 ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.....	54
TABLA N° 14 ESFUERZO PROMEDIO REQUERIDO A COMPRESIÓN F 'CR.....	63
TABLA N° 15 VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA EN L/M <sup>3</sup> , PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADOS.	63
TABLA N° 16 RELACIÓN AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO .....	64
TABLA N° 17 RELACIÓN AGREGADO GRUESO – CEMENTO.....	64
TABLA N° 18 RELACIÓN AF/AG.....	65
TABLA N° 19 FORMATO DE ANÁLISIS DE PESO Y VOLUMEN DE LOS MATERIALES..	65
TABLA N° 20 FORMATO DE CORRECCIÓN POR HUMEDAD, CANTIDAD Y PROPORCIÓN EN PESO Y VOLUMEN.....	66

TABLA N° 21 RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO .....	80
TABLA N° 22 RESULTADO DEL ENSAYO DE ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	82
TABLA N° 23 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO .....	83
TABLA N° 24 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO .....	84
TABLA N° 25 RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	85
TABLA N° 26 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINOS .....	87
TABLA N° 27 PESO UNITARIO SUELTO .....	88
TABLA N° 28 PESO UNITARIO COMPACTO.....	88
TABLA N° 29 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO.....	89
TABLA N° 30 RESUMEN DE DISEÑO DE MEZCLA SIN CORRECCIÓN POR HUMEDAD ...	89
TABLA N° 31 RESUMEN DE DISEÑO DE MEZCLA CON CORRECCIÓN POR HUMEDAD..	90
TABLA N° 32 RESUMEN DE CÁLCULO DE MEZCLA CON CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y % DE DESPERDICIO .....	90
TABLA N° 33 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS CILÍNDRICOS. (NTP 339.034:2008).....	91
TABLA N° 34 RESULTADOS DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD .....	98
TABLA N° 35 RESULTADOS DE COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD CONCRETO PERMEABLE PATRÓN SIN ADITIVO .....	99
TABLA N° 36 RESULTADOS DE COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD CONCRETO PERMEABLE CON ADITIVO CHEMA MEGAPLAST .....	99
TABLA N° 37 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD TESTIGO PATRÓN SIN ADITIVO (L/S/M2).....	100

*TABLA N° 38 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD*

*TESTIGO CON ADITIVO CHEMA MEGAPLAST (L/S/M2) .....100*

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1 CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO .....	81
GRÁFICO N° 2: <i>CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO</i> .....	86
<i>GRÁFICO N° 3 RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS</i> .....	93
<i>GRÁFICO N° 4 RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS</i> .....	94
<i>GRÁFICO N° 5 RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS</i> .....	95
<i>GRÁFICO N° 6 CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO PERMEABLE CON Y SIN ADITIVO CHEMA MEGAPLAST</i> .....	96
GRÁFICO N° 7 COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD .....	101

## **CAPÍTULO I**

## 1. INTRODUCCIÓN

En estos últimos años podemos observar con asombro el cambio climático, esto lo debemos a la contaminación ambiental que el hombre ocasiona en su desarrollo por alcanzar las comodidades deseadas. Estos cambios ocasionan desastres naturales, aluviones, huracanes, sequías etc. El hombre para protegerse de estos desastres naturales construye sus viviendas en lugares apropiados y con las mejores tecnologías y materiales. El concreto es el material más utilizado en las construcciones de viviendas y de grandes obras arquitectónicas, por su propiedad de adquirir cualquier forma y de poseer una resistencia apropiada. Un material que está siendo investigado a nivel internacional en estos tiempos es el llamado concreto permeable el cual posee la propiedad de infiltrar el agua al subsuelo y de esa manera evitar los charcos sobre las pistas. Una de las desventajas de este concreto es su baja resistencia a compresión debido a que este concreto permeable a diferencia del concreto convencional, lleva poco o nada de fino esto hace que su estructura sea porosa, y es ahí donde adquiere su propiedad de infiltrar el agua.

En el Perú no se emplea este tipo de concreto en obras de ingeniería, justamente por presentar poca resistencia a compresión.

Esto nos motivó la realización de esta investigación titulada “Estudio de la resistencia a compresión del concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  empleando aditivo Chema Megaplast en la ciudad de Trujillo”, donde se busca determinar la influencia del aditivo Chema en la resistencia a compresión preservando su permeabilidad, esto nos permitirá la utilización de este tipo de concreto en obras de ingeniería, para ello se elaboraron dos grupos de testigos cilíndricos, un grupo denominado patrón (Concreto poroso sin aditivo), otro grupo experimental con un diseño  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  donde se adicionaron aditivos súper plastificantes Chema Megaplast en porcentajes 0.9 % respecto al peso del cemento. Estos testigos fueron sometidos a ensayos de resistencia a compresión y permeabilidad, luego se compararon con la resistencia y la permeabilidad de los testigos patrón sin aditivos.

## 1.1. Realidad problemática

El concreto permeable es un compuesto de cemento, agregado grueso, o nada de fino, agua y aditivos, que al mezclarse sirve para fabricar pisos y pavimentos totalmente permeables.

La poca presencia de agregado fino hace que el concreto tenga una estructura porosa, permitiendo que el agua pase a través de la estructura, con lo cual se disminuye la acumulación superficial del agua lluvia.

En la actualidad el concreto permeable según (Patiño, 2013) está siendo considerado como aliado de la “construcción verde”, ya que es amigable con el ambiente; porque permite el rápido ingreso del agua al subsuelo inmediatamente luego de la lluvia, y consume menos cantidad de agregados y cemento; además puede ser considerado con un alto potencial estructural para soluciones habitacionales.

Ahora, cuando el concreto es especificado, no sólo por resistencia, sino por características de desempeño, el concreto permeable ha cobrado una posición competitiva, por tanto, es una alternativa con mucho potencial para pavimentos de tráfico ligero, plazas de estacionamientos y residencias familiares de bajo costo, entre otras posibles aplicaciones, esto motiva a investigar a nivel local este tipo de concreto.

Según (Cardenas, Albiter, y Jaimes, 2017) el diseño convencional de pavimentos se observa que está en una condición de divergencia: atiende a la resistencia, pero no a la preservación del agua.

En el Perú se viene realizando varias investigaciones referentes al concreto permeable, el cual ya se está aplicando en grandes proyectos: Obra ejecutada con este tipo de concreto: Revestimiento de las tuberías de la planta de tratamiento de agua en Huachipa (Lima). (UNICON, 2011)

Algo que se observa en la ciudad de Trujillo, es que no cuenta con un sistema sostenible de evacuación de las aguas de lluvia, es decir; no cuenta con un sistema de drenaje (canales, badenes, cunetas, etc), una alternativa sería usar un concreto ecológico que permitan la infiltración del agua hacia el subsuelo.

En este contexto en esta investigación se comprobará si el aditivo Chema Megaplast influye en mejorar a resistencia a compresión del concreto permeable, utilizando agregados de la cantera El Milagro de la Trujillo.

#### 1.1.1. Delimitación del problema

Basado en el tiempo brindado para llevar a cabo este proyecto de investigación, se decidió realizar dos diseños de mezclas uno con el aditivo y el otro sin aditivo, sin variar las relaciones de a/c, energía de compactación y porcentaje de vacíos, las cuales son sus puntos más importantes que afectan la mezcla de concreto permeable. La cantidad de especímenes de concretos elaborados fueron en total 30 las cuales 12 fueron con elaborados con el aditivo y 12 sin aditivo y 6 para ensayos de permeabilidad. No se ha incursionado en temas de durabilidad ni en temas de costos de los materiales.

Delimitación espacial: el estudio se limitará en la ciudad de Trujillo, dados que sus agregados son extraídos de la cantera El Milagro ubicado en dicha ciudad.

Delimitación temporal: cubrirá un periodo de 5 meses, setiembre a enero del año 2019. En el cual se ensayará los materiales y se elaborará los testigos para luego hacer el análisis de los datos en escritorio.

Delimitación temática: el móvil de este trabajo radica en averiguar la influencia del aditivo Chema Megaplast en la resistencia a compresión de un concreto permeable y que mantenga su índice de porosidad aceptable.

#### 1.1.2. Características y análisis del problema.

Los problemas que ocasionan las aguas pluviales a los pavimentos hacen necesario utilizar este tipo de tecnología, por ejemplo:

- Se eliminan los charcos y con ello el hidroplaneo de los vehículos; hace más segura la vía.
- Se disminuye apreciablemente el ruido del motor de los vehículos, disminuyendo la contaminación auditiva.

- Permite la optimización de los drenajes para lluvia; en ocasiones los elimina.
- Las estructuras no requieren de inclinación para la evacuación del agua.
- Adquieren su resistencia de trabajo entre 24 y 72 horas, así mismo su pronta puesta en servicio.
- Permite hacer concretos con diferentes colores y con distintos tipos de agregados, logrando estructuras armoniosas y agradables.
- Se puede elaborar tanto en obra como en plantas de concreto premezclado.
- Su costo es bastante competitivo.
- Reduce la temperatura de la superficie disminuyendo el efecto de “isla de calor urbano”.
- Aporta puntos en la certificación LEED.
- Reduce los picos de caudal de escorrentía, generados por el agua lluvia en áreas urbana impermeables.
- Ayuda a mejorar la recarga del agua subterránea y el crecimiento de árboles y vegetación, además de favorecer la aireación del suelo.

Los beneficios que presenta el concreto permeable en sus diferentes aplicaciones, conlleva a realizar este estudio con el objetivo de averiguar la influencia del aditivo en su resistencia a compresión de un concreto permeable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearse en la ciudad de Trujillo. El diseño de este concreto considera adición del aditivo Chema Megaplast con una proporción de super plastificante 0.9% del peso del cemento especificado en su hoja técnica, además se utilizará agregados de la cantera el Milagro de la ciudad de Trujillo, los cuales serán analizados sus características físicas, esto nos permitirá comprobar si nuestro diseño cumple con los parámetros propuestos en las normas del ACI 522-R10.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el aditivo CHEMA MEGAPLAST en la resistencia a compresión del concreto permeable  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con agregados de la cantera el Milagro en la ciudad de Trujillo?

## 1.3. Alcances

objeto es averiguar la influencia del aditivo Chema Megaplast en la resistencia a compresión de un concreto permeable  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , usando los agregados de la cantera el Milagro de la ciudad de Trujillo, el cual pueda ser usado en sus diferentes aplicaciones como concreto ecológico. Utilizando un concreto permeable se puede implementar un sistema donde el agua sea filtrada y sea reutilizado para regar jardines y parque de la ciudad de Trujillo etc. En ese sentido en este proyecto tiene un alcance local (Trujillo) puesto que los agregados empleados para el diseño del concreto permeable fueron obtenidos de cantera el Milagro ubicado en la ciudad de Trujillo los cuales tendrán sus propias características.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del aditivo Chema Megaplast en la resistencia a la compresión del concreto permeable, empleando agregados de la cantera el Milagro en la ciudad de Trujillo, año 2018.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de los agregados (A. fino y A. grueso), para el diseño de la mezcla.
- Realizar el diseño de la mezcla de concreto permeable sin aditivo y con aditivo.
- Determinar la resistencia a compresión del concreto permeable elaborado sin aditivo CHEMA MEGAPLAST.

- Evaluar en qué medida varía la resistencia a compresión entre el concreto permeable sin aditivo CHEMA MEGAPLAST y el concreto permeable con aditivo CHEMA MEGAPLAST
- Analizar el coeficiente de permeabilidad del concreto elaborado, con y sin adición de aditivo CHEMA MEGA PLAST.

### 1.5. Justificación de la investigación

El empleo de los aditivos en la preparación de cualquier tipo de concreto es optimizar su comportamiento, modificando sus características para sus diferentes usos. En esta investigación se estudió la influencia del aditivo Chema Megaplast en la resistencia a compresión del concreto permeable dado que no existe información en su aplicación a dicho concreto, por ello, en esta investigación se adicionó el aditivo Chema Megaplast en un porcentaje de superplastificante (0.9% del peso del cemento), según su hoja técnica, esperando comprobar si se reduce o aumenta la resistencia a compresión, manteniendo su índice de permeabilidad de un 15% de vacíos.

La realización del concreto permeable tiene por propósito comprobar la influencia del aditivo Chema Megaplast y ver si incrementa la resistencia a la compresión de dicho concreto hasta  $210 \text{ kg/cm}^2$  y que conserve su permeabilidad, con un porcentaje de vacíos del 15% utilizando cemento portland tipo I (cemento Pacasmayo), agregado grueso (1/2") y adicionando aditivo Chema Megaplast en un porcentaje de superplastificante (0.9 % del cemento), de acuerdo con su hoja técnica. Además, al llevar a cabo esta investigación en la ciudad de Trujillo, se conoció el comportamiento de los agregados de la cantera seleccionada (El Milagro) de la ciudad de Trujillo al emplearse como material pétreo en la elaboración del concreto permeable, por otro lado, este concreto permeable puede ser una alternativa de solución al problema de la acumulación de agua producto de las eventuales lluvias en las zonas Trujillo.

## **CAPITULO II**

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Se realizaron investigaciones previas para poder realizar esta investigación tomando como antecedentes tesis locales, nacionales e internacionales.

(Gallo y Murga, 2017) en su investigación *“Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , usando el aditivo sikament-290n con agregados de la cantera del rio chonta de la ciudad de Cajamarca, 2017”*, se propusieron Usar el aditivo Sikament-290N, para estimar la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera del rio Chonta de la ciudad de Cajamarca, para lo cual desarrollo una investigación de tipo experimental cuyos resultados obtenidos son fuente directa de la manipulación, calculo y rotura de probetas en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte. La investigación llego a los siguientes resultados, su diseño alcanzo una resistencia a la compresión promedio máxima de  $107.3 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días con aditivo sikament-290N y un coeficiente de permeabilidad promedio de  $22 \text{ mm/s}$  teniendo como muestra 24 probetas ensayadas. El principal aporte al trabajo de investigación es que uso un aditivo sikament-290N para elaborar un concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

(Choque y Ccana, 2016) en su investigación , *“Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras de Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad  $1.2 \text{ kg/l}$  para una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$ ”*, se propuso evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso, para lo cual elaboró de un concreto poroso de calidad de  $210 \text{ kg/cm}^2$  con permeabilidad según los parámetro de ACI 522-R, obteniendo una resistencia a compresión promedio de  $213.93 \text{ kg/cm}^2$ , con una permeabilidad de  $0.651 \text{ cm/seg}$  en promedio. El principal aporte al trabajo de investigación es el uso aditivo súper plastificante en un porcentaje de 1.5%, utilizando agregado grueso de tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ ".

(Cerdán, 2015) en su investigación, “*Comportamiento del concreto permeable, utilizando agregado de las canteras la Victoria y Roca Fuerte, aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015*”, se propuso determinar el comportamiento de concreto permeable aumentando diferentes porcentajes de vacíos (15%, 18%, 20% y 23%), para lo cual empleo una metodología para la adición de porcentajes de vacíos consistiendo en establecer sus diseños respectivos para cada cantera y porcentaje de vacíos, controlando el asentamiento (0-2 pulg). La investigación llevo a obtener un concreto más resistente con 15% de vacíos con una resistencia promedio de  $155.03 \text{ kg/cm}^2$  con agregados de la cantera La Victoria y el diseño del concreto permeable con mayor permeabilidad resulto la cantera Roca Fuerte con un coeficiente de  $38.03 \text{ mm/s}$  con 23% de vacíos, el cual basándose en los resultados obtenidos, se puede concluir que a menor porcentaje de vacíos, se aumenta la resistencia como el peso volumétrico, pero a su vez se disminuye la permeabilidad. El principal aporte al trabajo de investigación es que utilizaron un agregado grueso de 3/8” sin finos.

(Benites, 2014) en su tesis, “*Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera del Rio Jequetepeque y el Aditivo Chemaplast*”, se propuso comparar si la resistencia y permeabilidad del concreto elaborado con materiales de Cajamarca se encuentran dentro del rango definido por la norma ACI, para lo cual desarrollo ha consistido en diseñar una mezcla utilizando el valor medio del rango recomendado de la relación agua - cemento, con un porcentaje de vacíos del 20% que es adecuado según la literatura y con el valor medio de un aditivo tipo A según su hoja técnica La investigación llevo a los siguientes resultados, la resistencia promedio es de 6.030 MPa, 7.148 MPa y 7.556 MPa respectivamente siendo baja pero que estaba dentro del rango de 2.8 MPa a 28 MPa que especifica la norma ACI 522R-10 y la permeabilidad medida a través de su coeficiente de permeabilidad promedio es de  $0.321 \text{ cm/s}$  que estuvo dentro del rango de  $0.2 \text{ cm/s}$  a  $0.54 \text{ cm/s}$  que también establece la norma antes mencionada. El principal aporte al trabajo de investigación es que se usó el aditivo Chemaplast y en esta

investigación se adicionara el aditivo CHEMA MEGAPLAST el cual tiene otras especificaciones.

(Salis, 2016) en su investigación, “Influencia del contenido de aire en concretos porosos con agregados de la cantera Yanag – Huánuco, 2016”, se propuso analizar el contenido de aire en los concretos porosos y su influencia en dicho concreto, para lo cual empleó diferentes contenidos de aire de 15%, 16%, 17%, 18%, 19% y 20%, relación agua – cemento en 0.38, tamaño máximo nominal de agregado grueso de ½” cuyo peso específico de 2.60 gr/cm<sup>3</sup>, peso unitario suelto de 1.27 gr/cm<sup>3</sup> y peso unitario compactado de 1.31 gr/cm<sup>3</sup>, absorción de 0.76%; porcentaje de desgaste de 18.59%. La investigación llego a obtener un alto coeficiente de permeabilidad que varía entre 0.49 cm/s y 2.32 cm/s. y la resistencia a la compresión promedio a los 28 días varía entre 261.37 kg/cm<sup>2</sup> y 148.63 kg/cm<sup>2</sup> para 15% y 20% de vacíos respectivamente. El principal aporte al trabajo de investigación es que se usó tamaño máximo nominal de agregado grueso de ½” , obteniendo una resistencia de 261.37 kg/cm<sup>2</sup> con un 15% de vacío y en esta investigación se utilizara la misma granulometría de ½” con 15% vacío esperando lograr un concreto que alcance una resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla es la búsqueda de la combinación más práctica y económica de materiales disponibles para producir un concreto que satisfaga sus requerimientos bajo condiciones particulares de uso (Asocreto, 2010).

### 2.2.2. Materiales

#### 2.2.2.1. Cemento Portland

El cemento Portland es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Fue patentado en 1824

por Joseph Aspdin con un proceso que fue perfeccionado algunos años más tarde por Isaac Johnson. Este marial tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación (Asocreto, 2010)

El cemento Portland actual se obtiene al calcinar mezclas de calizas y arcillas; preparadas artificialmente a una temperatura de aproximadamente 1.500 °C. El producto resultante que es el denominado clinker, se muele añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado; que suele ser piedra de yeso natural.(Vidaud, 2013)

Los tipos de cemento según (Torre, 2004):

- ✓ Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo
- ✓ Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- ✓ Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- ✓ Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- ✓ Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Tabla N° 1 Peso específico y superficie específica de diferentes tipos de cemento

Marca	Tipo	Peso específico	Superficie Especifica (cm <sup>2</sup> /gr)
ANDINO	I	3.12	3300
ANDINO	II	3.17	3300
ANDINO	V	3.15	3300
ATLAS	IP	2.97	5000
PACASMAYO	I	3.11	3100
RUMI	IPM	.....	3800
SOL	I	3.11	3500
YURA	IP	3.06	3600
YURA	IPM	3.09	3500

Fuente: (Rivva Lopes, 1992)

#### 2.2.2.2. Agregados (NTP 400.037; Norma ASTM C-33)

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011. los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen de una mezcla típica de concreto; razón por la cual se hará un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados de la zona de Trujillo.

#### 2.2.2.3. Rendimiento de los agregados (NTP 400.037)

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m<sup>3</sup>) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la norma ASTM C-33, así como las especificaciones del proyecto. Los materiales finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del proyectista, el agregado integral denominado “hormigón” deberá cumplir como lo indica en la norma E 0.60.

Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:

- ✓ Que la pérdida de finos sea mínima.
- ✓ Se mantendrá la uniformidad del agregado.
- ✓ No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
- ✓ No se producirá rotura o segregación importante en ellos (NTP 2002)

#### 2.2.2.4. Agregados Gruesos

Con respecto al agregado grueso, este debe estar conformado por fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de textura preferentemente rugosa y libre de material escamoso o partículas blandas, es necesario utilizar agregados con contenido de sales solubles

totales en porcentajes menores del 0.015% en peso del cemento (Torre, 2004).

#### 2.2.2.5. Agregados Finos

Agregado fino está definido por su valor en tamaño que va desde los 4.76 mm a 0.075 mm, el cual se obtiene en un estado natural o se produce chancado el agregado grueso (Asocreto, 2010).

#### 2.2.2.6. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088:2002 y ser, de preferencia potable. Siguiendo las siguientes recomendaciones (Torre, 2004)

- ✓ Si la variación de color es un requisito que se debe controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ión férrico, sería de 1ppm.
- ✓ El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.
- ✓ Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.

#### 2.2.2.7. Aditivos

(Asocreto, 2010), se refiere a los aditivos como ingredientes del concreto o mortero que además del agua, agregados, cemento hidráulico y en algunos casos fibra de refuerzo, son adicionados a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado.

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican, algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto (Campos, 2011).

El Comité 116R del ACI como por la Norma ASTM C 125, lo define a los aditivos como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”. Por otro lado, nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades. Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado.
- Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.
- Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte, y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

En esta investigación se usó el aditivo Chema Megaplast, el cual es un super plastificante para concreto y mortero, como que el concreto permeable por contener poco o nada de finos tiene poca trabajabilidad, es por ello, que se está utilizando este tipo de aditivo con el fin lograr mejor trabajabilidad y a la vez, ver si eso nos permite mejorar las propiedades de resistencia y permeabilidad.

### 2.2.3. Concreto

El concreto es una mezcla de materiales, principalmente cementantes, agregados y agua. Los materiales se mezclan por completo hasta formar una pasta que une los agregados bien gradados llenando los espacios vacíos entre ellos para que la mezcla sea homogéneo y produzca un concreto fresco, denso y uniforme (Harmsen, 2017)

#### 2.2.3.1. Propiedades del Concreto

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, es por ello la importancia de usar un cemento adecuado, agua potable y agregados de calidad (Sensico, 2014).

#### 2.2.3.2. Trabajabilidad

Trabajabilidad es una propiedad, del concreto en estado fresco la cual determina su capacidad para ser mezclado, manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad (Sensico, 2014).

#### 2.2.3.3. Consistencia

Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de esta; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Sensico, 2014).

#### 2.2.3.4. Resistencia

Es definido como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Siendo esta una habilidad para resistir esfuerzos y de allí que se puede considerar de cuatro maneras: compresión, tracción, flexión y corte. El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los de tracción, razón por la cual, la resistencia a la compresión simple es la propiedad a la que se le da mayor importancia (Asocreto, 2010).

#### 2.2.3.5. Resistencia a compresión

La resistencia a compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, tiempo en el cual se obtendrá el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin

romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a formar esfuerzos de compresión (Asocreto, 2010)

#### 2.2.3.6. Durabilidad

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo, aún en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural (Sensico, 2014).

Circunstancias que afectan a la durabilidad (Torre, 2004):

- ✓ Mecánicas: Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
- ✓ Físicas: Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
- ✓ Químicas: Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos.
- ✓ Biológicas: Vegetación o microorganismos.

#### 2.2.3.7. Hidratación

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad condiciones de curado favorables y tiempo (Torre, 2004).

#### 2.2.3.8. Curado

Se define como tiempo de curado al proceso de mantener húmedo el concreto endurecido, con la finalidad de reponer el agua que pierde al medio ambiente (Sensico, 2014).

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.3.1. Concreto Permeable

El ACI-522R define al concreto permeable como un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivos y agua. La combinación de estos

ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el paso de agua.

El contenido de vacíos puede variar de un 15 a un 35 por ciento, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 MPa. (28.55- 285.5 kg/cm<sup>2</sup>).

Su velocidad de drenaje depende del tamaño del agregado y de la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 L/min/m<sup>2</sup>. (0.14 - 1.22 cm/seg). En general, como ya se ha comentado, se emplean los mismos materiales que en el concreto convencional; es decir, materiales cementantes, agregado grueso y fino, aditivo y agua. Sin embargo, el agregado fino está limitado a pequeñas cantidades o se elimina de la composición de la mezcla. Si bien, al añadir agregado fino se incrementa la resistencia puede reducir el contenido de vacíos y por lo tanto la permeabilidad del concreto, la cual es la principal característica de estos concretos. (ACI-522R, 2010)

#### 2.3.1.1. Propiedades del concreto permeable

##### 2.3.1.1.1. Propiedades en estado fresco

Las propiedades del concreto permeable en estado fresco son las siguientes (Guaita, 2016)

##### ➤ Revenimiento.

En general, es cero; sin embargo, se han usado valores en el rango de 20 a 50 mm. La prueba del revenimiento –que se puede realizar de acuerdo con la ASTM C143 no es una prueba que se considera para fines de control de calidad, como en el caso del concreto convencional, sólo se considera como un valor de referencia, debido principalmente a que la mezcla es demasiado rígida y la medición del revenimiento en la mayoría de los casos no es aplicable.

➤ **Peso unitario**

El peso unitario del concreto permeable es del orden del 70% del concreto convencional. Su determinación se hace de acuerdo con lo especificado en la ASTM C1688.

➤ **Tiempo de fraguado:**

El tiempo de fraguado se reduce en el concreto permeable, por lo que en algunos casos se deben usar aditivos químicos para permitir la adecuada colocación.

2.3.1.1.2. **Propiedades en estado endurecido**

Las propiedades del concreto permeable en estado endurecido son las siguientes según (Guaita, 2016)

➤ **Porosidad**

La porosidad es una medida de los espacios vacíos entre los agregados. La condición para que un concreto sea permeable es que el contenido de vacíos sea mayor al 15%.

➤ **Permeabilidad**

La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las propiedades de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una excesiva compactación reducirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua.

➤ **Absorción acústica**

Debido a la presencia de un gran volumen de poros interconectados de tamaños considerables en el material el concreto permeable es altamente eficaz en la absorción acústica. El material puede ser empleado como un medio para reducir el ruido generado por la interacción neumático-pavimento en las aceras de concreto. El

Pavimento Permeable alterar la generación de ruido, reduciendo al mínimo el bombeo de aire entre el neumático y la superficie de carretera. Además, los poros pueden absorber el sonido a través de la fricción interna entre las moléculas de aire y las paredes de los poros.

### 2.3.1.1.3. Propiedades mecánicas

La resistencia a compresión típica es del orden de 17 MPa; sin embargo, se pueden desarrollar resistencias hasta de 28 MPa. La resistencia a compresión está influenciada por los materiales componentes, el esfuerzo de compactación y por el contenido de vacíos (ASTM-C33).

En el siguiente cuadro se presenta el resumen las propiedades típicas del concreto permeable según (Guaita, 2016).

Cuadro N°1 Propiedades típicas del concreto permeable

Propiedades	Rangos
Revenimiento, mm	20
Peso unitario, kg/m <sup>3</sup>	1600-2000
Tiempo de fraguado <sup>1</sup> , horas	1
Porosidad, % (en volumen)	15-35
Permeabilidad <sup>2</sup> , lt/m <sup>2</sup> /min (cm/seg.)	120-320 (0.20-0.54)
Resistencia a la compresión, Mpa	3.5-28
Resistencia a la flexión, Mpa	1-3.8
Contracción	200x10 <sup>-6</sup>
<sup>1</sup> con la adición de químicos se puede extender el tiempo <sup>2</sup> en el laboratorio se han encontrado valores de velocidad de flujo tan altas como 700 lt/m <sup>2</sup> /min.	

Elaboración (ACI 522 R 2010)

## 2.3.1.2. Ventajas y desventajas (Guaita, 2016)

### 2.3.1.2.1. Ventajas

#### ➤ Medio ambientales:

La elevada permeabilidad del concreto permeable, es una solución al problema del escurrimiento superficial proveniente de las aguas pluviales, cuando se usa como sistemas de pavimentos de concreto permeable, evitando los encharcamientos. Otro beneficio asociado a su uso está relacionado con su capacidad de permitir la filtración de los contaminantes de los automóviles, lo que impide la contaminación de áreas adyacentes, como sucede con las superficies impermeables. Además, cuando se usa en combinación con áreas verdes, la estructura porosa permite el ingreso de agua y oxígeno, necesario para el crecimiento de las plantas que dan sombra y calidad al aire. Además, el efecto de isla de calor, que es un fenómeno asociado a las urbanizaciones y que está relacionado a la construcción de estructuras que tienden a retener calor, disminuye por el mayor albedo del concreto permeable, dado que su estructura de poros permite la circulación de aire y por lo tanto menor retención de calor. Asimismo, la luz que refleja el concreto permeable hace que disminuya la temperatura ambiental, especialmente en las zonas urbanas; en la noche, los pavimentos de concreto permeable requieren de menor iluminación debido a la mayor reflexión que tienen a la luz.

#### ➤ Económicos:

El concreto permeable puede usarse como una alternativa en áreas de estacionamiento y reducir la necesidad de construir pozos de retención para almacenar el agua pluvial. El mismo pavimento actuará como área de retención, lo que reducirá el costo de la construcción de pozos de retención, la instalación de bombas, los tubos de drenaje, y su mantenimiento o permitir sistemas de alcantarillado de menor tamaño.

➤ Estructurales

La textura porosa del concreto permeable proporciona la tracción suficiente para los vehículos y reduce el hidroplaneo, aún con lluvia, permitiendo seguridad a los conductores y a los peatones. El concreto permeable es durable y resistente al tiempo, pudiendo durar muchos años (20 a 30 años) con el mantenimiento adecuado.

2.3.1.2.2. Desventajas

El concreto permeable al igual que otros materiales de construcción presenta varias desventajas como:

- Su uso está limitado a calles con transito ligero, porque ofrece poca fortaleza al desgaste de este.
- No se puede emplear a sobre superficies expuestas a aguas negras, debido a que puede contaminar las aguas subterráneas.
- No se recomienda su uso cuando el suelo tenga una pendiente superior al 20%
- En climas gélidos se presentan múltiples inconvenientes, tales como la prohibición de esparcir sal o arena ya que taponarían los poros y trasladarían residuos hacia aguas subterráneas
- Pérdida de permeabilidad en un tiempo prolongado, debido a que se van saturando los espacios vacíos con material fino, por lo que se requiere de un mantenimiento a base de agua a presión.

"Esto no quiere decir que el concreto permeable sea un material de usos limitados, pero su buena funcionalidad radica en una buena instalación." (Guaita, 2016)

### 2.3.1.3. Usos (Guaita, 2016)

- Actualmente su uso es básicamente en pavimentos de bajo tráfico en calles residenciales, parqueaderos, parques, áreas para peatones y bicicletas.
- Rodamientos Vehicular: Estacionamientos, Vialidad, Ciclopistas, Cocheras.
- Peatonal: Explanadas, Andadores, Banquetas
- Otros: Contorno de Albercas, Fuentes

### 2.3.2. Permeabilidad

La permeabilidad es una propiedad que permite la filtración de un fluido, a través de sus espacios interconectados. Un material será permeable cuando contenga espacios vacíos interconectados (porosidad). La circulación de agua a través de una masa (suelo, pasta de cemento, agregado, concreto, etc.) (Blas, 2013).

### 2.3.3. Coeficiente de permeabilidad

Este es uno de los ensayos más significativos, porque nos va a permitir conocer un parámetro muy importante, el coeficiente de permeabilidad, el cual caracteriza al concreto permeable. Para su desarrollo se usa un permeámetro de carga variable recomendado en el reporte (ACI Committee 522, 2006), donde se ensaya probetas que podrían estandarizarse en 10 cm de diámetro por 15 cm de alto (Calderón & Charca, 2013).

## 2.4. Hipótesis:

### Hipótesis General

El aditivo Chema Megaplast influye en la resistencia a la compresión del concreto permeable, usando agregados de la cantera el Milagro de la ciudad de Trujillo, año 2018.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Variables independientes:

- Aditivos Chema Megaplast,

### 2.5.2. Variable interviniente:

- Granulometría del agregado de la cantera El Milagro
- Relación agua cemento (a/c).

### 2.5.3. Variable Dependiente:

- Resistencia del concreto permeable.
- Permeabilidad del concreto permeable.

### 2.5.4. Operacionalización de variables

Cuadro 2: Operacionalización de Variables

Variables	Tipo de variables	Indicadores	Dimensiones	Medición	Instrumento
Aditivo Chema	Independiente	Cantidad de aditivo	a	%	Hoja técnica de aditivo
Permeabilidad y resistencia del concreto permeable	Dependiente	Coefficiente de permeabilidad	k	cm/s	Permeámetro
		Resistencia a compresión	f'c	Kg/cm <sup>2</sup>	Prensa hidráulica
Propiedades físicas y mecánicas	Interviniente	Análisis granulométrico			
		Relación agua cemento	a/c		

Fuente: elaboración propia

### **CAPITULO III:**

### **3 METODOLOGÍA**

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

##### **3.1.1 Tipo de Investigación**

Por el tipo de la investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada-experimental, donde se busca comprobar los efectos del aditivo Chema Megaplast en concreto permeable respecto a su resistencia y permeabilidad los cuales son sus principales características.

##### **3.1.2 Nivel de Investigación**

De acuerdo con la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo experimental, el cual consiste en describir situaciones y eventos, decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014): “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades, o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población**

###### **3.2.1.1 Descripción de la población.**

(Hernández et al., 2014); nos dice que la población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

Bajo esta concepción nuestra población estadísticamente es infinita, puesto que nuestra unidad de estudio son las probetas de concreto permeable, lo cual nuestra población estaría conformada por todas las probetas de concreto permeable que se podrían realizar, lo cual dependerá de factores como el tiempo, presupuesto, disponibilidad de laboratorio.

Por tanto, en la presente investigación la población estará definida por la cantidad de 24 probetas para pruebas a compresión y 6 probetas para ensayos de permeabilidad que serán elaborados con agregados de la cantera el Milagro de la ciudad de Trujillo, además se le adicionara un porcentaje de aditivos Chema Megaplast en peso del cemento a las probetas.

### 3.2.1.2 Cuantificación de la población.

En esta investigación se tendrá un total de 12 probetas sin aditivos las cuales tendrán que ser elaboradas sin incorporación de ningún tipo de aditivo, así mismo se tendrá 12 probetas con aditivos superplastificante en un porcentaje de 0.9 por ciento en peso del cemento tal como se muestra en la siguiente tabla n° 3 y n° 4

*Tabla N° 2 Testigos de concreto para la rotura a compresión*

Muestra	Testigos patrón	Testigos con aditivos Chema Megaplast	Sub-total
A los 7 días	4	4	8
A los 14 días	4	4	8
A los 28 días	4	4	8
TOTAL, DE TESTIGOS			24

Fuente: elaboración propia

*Tabla N° 3 Testigos de concreto para ensayo de permeabilidad*

Muestra	Testigo patrón	Testigos con aditivo Chema Megaplast	Total
Cantidad	3	3	6

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Muestra

#### 3.2.2.1 Descripción de la muestra

El número de muestras ensayadas será toda la población en general, las que no llevan aditivo y las con aditivo las cuales cada una de ellas contendrá un porcentaje determinado de aditivo plastificante Chema y tendrán que ser sometidas al ensayo a compresión para determinar la resistencia y permeabilidad del concreto permeable.

#### 3.2.2.2 Cuantificación de la muestra

(National Ready Mixed Concrete Association, 2003) en el Cip 35 menciona que un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad.

Además, la elección del tamaño de muestra para el diseño experimental por lo general, si se esperan diferencias pequeñas entre tratamientos será necesario un mayor tamaño de muestra, Aunque existen varios métodos para estimar el tamaño muestral, muchas veces tienen poca aplicabilidad por que requieren cierto conocimiento previo sobre la varianza del error experimental. Si recurrimos a la experiencia que el número de réplicas en la mayoría de las situaciones experimentales en las que se involucra un factor varía entre cinco y diez, incluso puede llegar hasta 30. (Gutiérrez & de la Vara, 2008)

Tomando en cuenta las consideraciones antes citadas se tiene:

$$n=15$$

$$N = kn$$

Donde:

➤  $n$ = número de réplicas.

- k=número de tratamientos.
- N=número total de muestras

Finalmente:

- N=15
- K=2
- N=2x15
- N=30 probetas

Por tanto, en esta investigación está enfocada en (08) probetas cilíndricas por edad para 7 días, 14 días, 28 días. Siendo un total de 24 muestras las que serán ensayadas a compresión que representan al 80 % de la población.

Para el ensayo de la permeabilidad se tomará las 6 probetas de las cuales 3 estarán elaboradas con el aditivo Chema y 3 elaboradas sin aditivo, que representan el 20% de la población. En conclusión, la muestra es tomada al 100 % de las probetas elaborada tanto para el ensayo de resistencia a compresión como para el ensayo de permeabilidad.

*Cuadro 3: Tamaño de muestras*

Descripción	Tipo	Resistencia a compresión			Coeficiente de permeabilidad 28 días	Número de muestras
		7 días	14 días	28 días		
Concreto permeable sin aditivo	S/A 0 %	4	4	4	3	15
Concreto permeable con aditivo	C/A 0.9%	4	4	4	3	15
total		8	8	8	6	30

Fuente: elaboración propia

### 3.2.3 Unidad de análisis

Las probetas de concreto permeable para una resistencia  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, con aditivo Chema Megaplast, empleado agregados de la cantera el Milagro, de la ciudad de Trujillo.

### 3.3 Método de muestreo.

En esta investigación se utilizará el método no probabilístico ya que se evaluará a toda la población. La obtención de las muestras de testigos de Concreto Permeable se hizo tomando en cuenta investigaciones y el criterio de los propios investigadores.

### 3.4 Evaluación de la muestra.

Para la evaluación de las muestras se consideraron los siguientes criterios que fueron medidos como se indica a continuación:

- Resistencia a la compresión del concreto: Máquina de resistencia a compresión.
- Permeabilidad: Permeámetro casero.

### 3.5 Técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.5.1 Técnica:

La técnica que se utilizara para la recolección de datos en esta investigación es la de Observación directa.

#### 3.5.2 Instrumentos

Se utilizarán como instrumentos de recolección de datos, formatos realizados de fuente propia basados en las normas actuales, en donde se anotarán todos los datos obtenidos en cada ensayo que se realice para luego ser analizados.

Los formatos utilizados serán:

- Formato de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (NTP 400.012:2013)

*Tabla N° 4 Análisis granulométrico para agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8 "	9.5				
# 4	4.75				
# 8	2.36				
# 16	1.18				
# 30	0.6				
# 50	0.3				
# 100	0.15				
# 200	0.075				
CAZUELA	0.00				

*Tabla N° 5 Análisis granulométrico para agregado grueso*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
1 1/2"	37.5				
1 "	25				
3/4 "	19				
1/2 "	12.5				
3/8 "	9.5				
# 4	4.75				
# 8	2.36				
# 16	1.18				
CAZUELA	0				

- Formato de peso específico y absorción de agregado grueso (NTP 00.021:2013)

*Tabla N° 6 Análisis de peso específico y absorción de agregado grueso*

ID	Descripción	UND	1	2	3	Resultados
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en aire	gr				
B	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en agua	gr				
C	Volumen de masa + volumen de vacío, $C = A - B$	gr				
D	Peso seco del suelo (en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ )	gr				
E	Volumen de masa, $E = C - (A - D)$	cm <sup>3</sup>				
F	Peso específico bulk (base seca), $F = D / C$	gr/cm <sup>3</sup>				
G	Peso específico (base saturada), $G = A / C$	gr/cm <sup>3</sup>				
H	Peso específico aparente (base seca), $H = D / E$	gr/cm <sup>3</sup>				
I	Absorción, $K = (A - D / D) * 100$	%				

- Formato de análisis de gravedad específica y absorción de agregado fino (NTP 400.022:2013)

*Tabla N° 7 Análisis de peso específico y absorción de agregado fino*

ID	Descripción	UND	1	2	3	Resultado
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo (P <sub>ss</sub> )	gr				
B	Peso del frasco + agua hasta marca de 500ml	gr				
C	Peso del frasco + agua + P <sub>ss</sub> , C = A + B	gr				
D	Peso del frasco + P <sub>ss</sub> + agua hasta la marca de 500ml	gr				
E	Volumen de masa + volumen de vacío, E = C – D	cm <sup>3</sup>				
F	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr				
G	Volumen de masa, G = E – (A - F)	cm <sup>3</sup>				
H	Peso específico bulk (base seca), H = F / E	gr/cm <sup>3</sup>				
I	Peso específico (base saturada), I = A / E	gr/cm <sup>3</sup>				
J	Peso específico aparente (base seca), J = F / G	gr/cm <sup>3</sup>				
K	Absorción, K = (A – F / F) * 100	%				

- Formato de peso unitario de los agregados fino y grueso (NTP 400.017:2011)

*Tabla N° 8 Análisis de peso unitario de agregado fino*

Peso unitario del agregado fino		Tamaño Max. nominal	Volumen molde			
D	Descripción	UND	1	2	3	Resultado
A	Peso del Molde + AF compactado	kg				
B	Peso del molde	kg				
C	Peso del AF compactado $C = A - B$	kg				
D	Peso unitario compactado $D = C / \text{Vol. Molde}$	kg/m <sup>3</sup>				
E	Peso del Molde + AF suelto	kg				
F	Peso del AF Suelto, $F = E - B$	kg				
G	Peso unitario suelto $G = F / \text{Vol. Molde}$	kg/m <sup>3</sup>				

Tabla N° 9 Análisis de peso unitario de agregado grueso

Peso unitario del agregado grueso		Tamaño Max. nominal			Volumen en molde	
D	Descripción	UND	1	2	3	Resultados
A	Peso del Molde + AG compactado	kg				
B	Peso del molde	kg				
C	Peso del AG compactado $C = A - B$	kg				
D	Peso unitario compactado $D = C / \text{Vol. Molde}$	kg/m <sup>3</sup>				
E	Peso del Molde + AG suelto	kg				
F	Peso del AG Suelto, $F = E - B$	kg				
G	Peso unitario suelto $G = F / \text{Vol. Molde}$	kg/m <sup>3</sup>				

- Formato de contenido de humedad de agregado fino y grueso (NTP 339.185:2002)

*Tabla N° 10 Análisis del contenido de humedad de agregado grueso*

ID	Descripción	UND	TOTAL
W	Masa de la muestra humedad original	gr	
D	Masa de la muestra seca	gr	
p	Contenido total de humedad total evaporable de la muestra	%	

$$p = \frac{100(W - D)}{D}$$

*Tabla N° 11 Análisis del contenido de humedad de agregado fino*

ID	Descripción	UND	TOTAL
W	Masa de la muestra humedad original	gr	
D	Masa de la muestra seca	gr	
p	Contenido total de humedad total evaporable de la muestra	%	

$$p = \frac{100(W - D)}{D}$$

- Formato de ensayo a resistencia a la compresión (NTP 339.034:2008)

Tabla N° 12 Análisis del ensayo a resistencia a la compresión

N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro (cm)	Área cm <sup>2</sup>	Lectura kg	Resistencia a kg/cm <sup>2</sup>	% Alcanzado
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

- Formato de coeficiente de permeabilidad.

*Tabla N° 13 Análisis del coeficiente de permeabilidad*

Cod. Especimen	Altura de agua (mm)	Tiempo (s)				K (mm/s)
		Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	$\bar{x}$ (promedio de tiempo)	
Promedio						
Cod. Especimen	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (l)	Tiempo (s)	Q(l/s)	l/s/m <sup>2</sup>
				Promedio		

### 3.6 Diseño de la investigación

La investigación experimental es el proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o pruebas de laboratorio (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente). (Hernández et al., 2014); define a la investigación experimental como la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. Por otro lado, Creswell (2013) y Riechardt (2004) llaman a los experimentos estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. De acuerdo con las definiciones planteadas por los autores, nuestra investigación propuesta cumple con las características planteadas, por lo que se puede definir como una investigación de tipo experimental.

#### 3.6.1 Procedimientos y análisis de datos

##### 3.6.1.1 Procedimiento de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos de la investigación se realizó de la siguiente de la manera:

Ensayos de los agregados en laboratorio, siguiendo las normas técnicas peruanas

##### 3.6.1.2 Análisis granulométrico de los agregados

Según la norma (NTP 400.012:2013/ ASTM C-136)

###### a) Objeto

Esta norma establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

b) Materiales y Equipos:

- Agregado grueso: Piedra zarandeada de ½" de la cantera el Milagro de la ciudad de Trujillo.
- Agregado fino: Procedente de la cantera el Milagro.
- Tamices de: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200, Los que se encuentran normalizados según NTP 400.012.
- Balanza con aproximación 0.1 gr.
- Horno de 110° C +- 5°C.

c) Procedimiento agregado grueso

- Se seleccionó una muestra de agregado, la cual fue secada al horno 110°C.
- Se obtuvo una muestra de 5050 gr.
- Se procedió a elegir los tamices.
- Se colocó el agregado en los tamices ordenados de mayor a menor.
- Se procedió a mover los tamices para obtener el agregado retenido en cada tamiz.
- Se pesó en material retenido en cada tamiz (¾", ½", 3/8", #4, #8).
- Los datos obtenidos se apuntaron en la hoja de datos para luego ser trabajados en gabinete y así poder calcular los porcentajes retenidos, porcentajes retenidos acumulados y los porcentajes que pasan.

d) Procedimiento agregado fino

- Se seleccionó una muestra de agregado, la cual fue secada al horno 110°C.
- Se obtuvo una muestra de 500 gr.
- Se procedió a elegir los tamices.
- Se colocó el agregado en los tamices ordenados de mayor a menor.

- Se procedió a mover manualmente los tamices para obtener el agregado retenido en cada tamiz.
- Se pesó en material retenido en cada tamiz (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, cazuela).
- Los datos obtenidos se apuntaron en la hoja de datos para luego ser trabajados en gabinete y así poder calcular los porcentajes retenidos, porcentajes retenidos acumulados y los porcentajes que pasan.

### 3.6.1.3 Contenido de humedad

Según las normas (NTP 339.185:2002/ ASTM C-566)

Para determinar el porcentaje total de humedad de los agregados se utilizó la siguiente formula:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

P: Contenido de humedad

W: Peso de la muestra húmeda en gramos

D: Peso de muestra seca en gramos

#### a) Materiales y Equipos

- Agregado grueso (muestra húmeda).
- Agregado fino (muestra húmeda).
- Balanza con aproximación 0.1 gr.
- Horno de 110° C +- 5°C.
- Taras.

#### b) Procedimientos agregado grueso

- Se procede a pesar las taras en donde será colocada la muestra del agregado.
- Se pesó la muestra humedad + la tara.
- Se colocó la muestra al horno 110°C por un tiempo de 24 horas.
- Los datos obtenidos se apuntaron en la hoja de datos para

luego ser trabajados en gabinete y así poder calcular el contenido de humedad del agregado.

c) Procedimiento agregado fino

- Se procede a pesar las taras en donde será colocada la muestra del agregado.
- Se pesó la muestra humedad + la tara.
- Se colocó la muestra al horno 110°C por un tiempo de 24 horas.
- Los datos obtenidos se apuntaron en la hoja de datos para luego ser trabajados en gabinete y así poder calcular el contenido de humedad del agregado.

3.6.1.4 Peso unitario de los agregados

Según la norma (NTP 400.017:2011/ASTM C-29), se procedió a realizar el peso unitario suelto y compactados de los agregados.

a) Materiales y equipos

- Recipiente cilíndrico de metal.
- Agregados muestras secas.
- Balanza.
- Barra compactadora de acero liso 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Cucharón.

b) Procedimiento peso unitario suelto agregado grueso

- Se pesó el recipiente cilíndrico vacío.
- Se procede a medir el recipiente cilíndrico.
- Se llenó el recipiente cilíndrico con el cucharón, por encima de la parte superior, para luego ser enrasado con la varilla de acero liso.
- Se pesó el recipiente más su contenido, y se registraron los

pesos.

- Los pasos anteriores se repitieron tres (03) veces, para después realizar el promedio del peso unitario suelto.

c) Procedimiento peso unitario compactado para agregado grueso

- Se pesó el recipiente cilíndrico vacío.
- Se procede a medir el recipiente cilíndrico.
- Se llenó el recipiente hasta la tercera parte, se procedió a apisonar la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes.
- Se llenó el recipiente hasta las dos terceras partes, se procedió a apisonar la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes.
- Se llenó el recipiente hasta rebosar, se procedió a apisonar la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes,
- Se procedió a enrasar con la barra compactadora.
- Se procedió a pesar el recipiente incluido el agregado, para luego ser registrado su peso.
- Los pasos anteriores se repitieron tres (03) veces, para después realizar el promedio del peso unitario compactado.

d) Procedimiento peso unitario suelto agregado fino

- Se pesó el recipiente cilíndrico vacío.
- Se procede a medir el recipiente cilíndrico.
- Se llenó el recipiente cilíndrico con el cucharón, por encima de la parte superior, para luego ser enrasado con la varilla de acero liso.
- Se pesó el recipiente más su contenido, y se registraron los pesos.
- Los pasos anteriores se repitieron tres (03) veces, para después realizar el promedio del peso unitario suelto.

- e) Procedimiento peso unitario compactado para agregado fino
- Se pesó el recipiente cilíndrico vacío.
  - Se procede a medir el recipiente cilíndrico.
  - Se llenó el recipiente hasta la tercera parte, se procedió a apisonar la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes.
  - Se llenó el recipiente hasta las dos terceras partes, se procedió a apisonar la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes.
  - Se llenó el recipiente hasta rebosar, se procedió a apisonar la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes,
  - Se procedió a enrasar con la barra compactadora.
  - Se procedió a pesar el recipiente incluido el agregado, para luego ser registrado su peso.
  - Los pasos anteriores se repitieron tres (03) veces, para después realizar el promedio del peso unitario compactado.

#### 3.6.1.5 Peso específico y absorción de agregados gruesos

Según la norma (NTP 400.021:2013/ASTM C-127), se procedió a realizar el peso específico y absorción del agregado grueso.

- a) Materiales y equipos
- Muestra de agregado grueso.
  - Balanza.
  - Agua.
  - Tara.
  - Cesta con malla de alambre.
  - Tamices N°4.
  - Horno 110°C.

b) Procedimiento peso específico y absorción para agregado grueso

- Se secó la muestra a una temperatura de 110°C.
- Se sumergió la muestra en agua por 24 horas.
- Se procedió a retirar toda el agua de la muestra, para luego ser secada al aire y proceder a secar el agua de la superficie de las partículas y se obtuvo el peso.
- Se pesó la muestra sumergida en agua.
- Luego la muestra fue secada al horno y se vuelve a pesar.
- Una vez teniendo los pesos se procedió a calcular el peso específico de masa, peso específico de masa saturada con superficie seca, peso específico aparente y absorción.

3.6.1.6 Gravedad específica y absorción de agregados finos

según la norma (NTP 400.022:2013), se procedió a realizar el peso específico y absorción del agregado fino (arena gruesa).

a) Materiales y equipos

- Muestra de agregado fino.
- Balanza.
- Agua.
- Molde cónico metálico.
- Varilla compactadora de 340 gr.
- Horno 110°C.
- Frasco volumétrico de 500 ml de capacidad.

b) Procedimiento peso específico y absorción para agregado fino (arena gruesa)

- Se secó la muestra a una temperatura de 110°C.
- Se colocó la muestra en un recipiente que se cubre con agua, dejando reposar durante 24 horas.
- Se procedió a secar la muestra en una superficie plana expuesta a una corriente de aire, para un secado uniforme.

- Se colocó en el molde cónico, la muestra y se apisono 2 veces con la varilla de metal.
- Luego se levantó el molde verticalmente desintegrándose el molde.
- Se introdujo en el frasco 500 gr de la muestra y se añadió agua hasta el 90% de la capacidad del frasco, se agito constantemente para eliminar el aire atrapado.
- Se procedió a llenar el frasco hasta la marca de 500 ml y se determinó su peso total.
- Se sacó el agregado del frasco, se procedió a secar a secar a una temperatura de 110°C, luego se seca a una temperatura ambiente mediante 1 ½ hora y luego se pesó la muestra.
- Una vez teniendo los pesos se procedió a calcular el peso específico de masa, peso específico de masa saturada con superficie seca, peso específico aparente y absorción.

#### 3.6.1.7 Diseño de la mezcla para el concreto permeable.

Se diseño la mezcla con un 15% de vacío con y sin aditivo Chema Megaplast. El diseño de mezcla del concreto permeable se realizará usando como guía el método del ACI y algunas investigaciones. Para obtener un diseño de mezcla adecuado necesitamos diferentes datos tales como:

- ✓ Resistencia de diseño
- ✓ Peso específico del cemento Pacasmayo tipo I
- ✓ Tamaño máximo nominal del agregado grueso
- ✓ Peso específico de los agregados
- ✓ Contenido de humedad %
- ✓ Contenido de absorción %
- ✓ Peso unitario suelto y compactado de los agregados
- ✓ Relación agua cemento
- ✓ Asentamiento
- ✓ Volumen por m<sup>3</sup> de la cantidad de probetas utilizadas

### Procedimiento de diseño de mezcla

Se utilizó la tabla del Comité del ACI 211.1 (2002) para encontrar la resistencia a compresión promedio.

Tabla N° 14 Esfuerzo promedio requerido a compresión  $f'_{cr}$

$f'_{c}$ especificado	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
< 210	$f'_{c} + 70$
210 a 350	$f'_{c} + 84$
> 350	$f'_{c} + 98$

Fuente: Comité ACI 211.1 (2002)

La investigación está centrada en agregado grueso (grava) con tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ " (TMN =  $\frac{1}{2}$ " )

Por tanto, en la siguiente tabla N° 16, Se seleccionó el volumen de agua para un tamaño máximo nominal de agregado grueso de  $\frac{1}{2}$ " con un asentamiento de 1" para un concreto sin aire incorporado.

Tabla N° 15 Volumen unitario del agua en l/m<sup>3</sup>, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados

Concreto sin aire incorporado								
Asentamiento	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concreto con aire incorporado								
Asentamiento	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	113
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	124
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: Comité ACI 211.1 (2002)

De la tabla N° 16 se eligió la relación agua/cemento para  $f'_{cr}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

*Tabla N° 16 Relación agua - cemento de diseño en peso*

$f'_{cr}$ (28 días)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	....
450	0.38	....

Fuente: Comité ACI 211.1 (2002)

Luego se procedió a calcular el contenido de cemento utilizando la siguiente formula.

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{agua mezclado}}{\text{relacion agua/cemento}}$$

Para elegir la relación agregado grueso (grava) cemento, nos basamos en la investigación de Mulligan (2005), empleando la tabla N° 18

*Tabla N° 17 Relación agregado grueso – cemento*

N°	AG	C
1	4	1
2	5	1
3	6	1
4	7	1
5	8	1

Fuente: Mulligan (2005)

Finalmente, se procedió a escoger la relación agregado fino con respecto al agregado grueso (grava), el cual son basamos en la investigación de Fernández (2001). Para ello se usó la tabla N° 19

Tabla N° 18 Relación AF/AG

Mínimo	5%
Máximo	30%

Fuente: Fernández (1998)

Luego de haber elegido y obtenido los resultados anteriores se procedió a calcular en peso y volumen los materiales del diseño de mezcla.

Tabla N° 19 Formato de análisis de peso y volumen de los materiales

Material	Peso	Volumen
Cemento (kg)		
Agua (lts)		
Agregado Grueso (kg)		
Agregado Fino (kg)		
Vacíos (%)		

En seguida, se procedió a realizar la corrección por humedad, y se determinó la proporción en kilogramos, litro, por una bolsa de cemento.

Tabla N° 20 Formato de corrección por humedad, cantidad y proporción en peso y volumen

Material	Peso /m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Por bolsa de cemento	Proporción en peso
Cemento (kg)				
Agua (lts)				
Agregado Grueso (kg)				
Agregado Fino (kg)				
Vacíos (%)				
Chema Megaplast				

#### 3.6.1.8 Elaboración y ensayo de concreto permeable,

Se ensayaron a resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable.

La elaboración de los cilindros de concreto está bajo la norma NTP 339.033 donde están especificadas las características de las probetas las cuales serán usadas en los ensayos de resistencia a la compresión.

Las probetas de concreto (concreto permeable) son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizarán 30 especímenes (24 para resistencia a la compresión y 6 para la permeabilidad) en moldes de polietileno cilíndricos de 4" de diámetro y 8" de alto. las cuales fueron ensayadas a los 7 días, 14 días y 28 días, respectivamente.

Para obtener una resistencia representativa, la norma INTINTEC determina los procedimientos a seguir en cada etapa de la preparación de las probetas; y el reglamento nacional de construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo.

Los materiales y los aparatos utilizados fueron:

a) Materiales

- Cemento portland tipo I.
- Agregados de la cantera el Milagro.
- Agua potable utilizada para preparar la mezcla de concreto.
- Aditivo Chema Megaplast

b) Aparatos

- Moldes de las probetas (4" por 8").
- Varilla compactadora.
- Martillo con cabeza de goma.
- Pala, espátula, plancha de albañil.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento.
- Batea de metal.
- Mezcladora de concreto.

c) Procedimiento:

- Lo primero lavar los cilindros con agua del laboratorio también hay que colocarles lubricante con una esponja esto permitirá el desmolde de la probeta, tener cuidado con el lubricante al colocarlo en la base del cilindro debido a que no puede combinarse con el concreto. En nuestro caso solo se lavó bien las probetas.
- Antes de colocar el concreto en los cilindros hay que ubicarlos de manera correcta en un lugar plano para no tener inconvenientes a la hora de compactar.
- Teniendo la mezcla lista se procede al llenado de los cilindros, los cuales serán llenados en tres tiempos a un 1/3 del cilindro compactando con una varilla 25 golpes desde el borde hacia adentro, como estamos elaborando concreto poroso la

energía de compactación no tiene que ser tal que se pierda su propiedad de permeabilidad.

- Luego llenar el concreto a 2/3 nuevamente con 25 golpes y al finalizar de la misma manera logrando tener en la cara final una uniformidad de material, es decir tatar de logra que el enrasado final quede liza, tipo tarrajeo, por ello que se recomienda un agregado no tan grueso, en esta investigación se utilizó 1/2" pulgada.
- Esto es recomendable debido a que cuando el concreto endurezca podamos desencofrar de manera adecuada y al colocarlo en la máquina de ensayo pueda encajar correctamente en los apoyos.
- Por último, se esperan 24 horas para que el concreto pueda endurecer y se procede a la poza de curado que significa colocarlos en agua hasta el día de rotura.

**NOTA:** Se debe tener en cuenta que el agua debe estar limpia con una temperatura inicial entre 20C ° y 26 C°



Ilustración 1: Equipo mezclador



Ilustración 2: Cilindros para elaborar las probetas del concreto permeable



Ilustración 3: Mezcla de concreto permeable

#### 3.6.1.9 Temperatura del concreto fresco (ASTM C 1064)

Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento pórtland.

Puede usarse para verificar que el hormigón satisfaga requerimientos específicos de temperatura.



Ilustración 4: temperatura del concreto permeable

#### 3.6.1.10 Peso unitario volumétrico (ASTM C-231)

La prueba del peso unitario es una herramienta importante utilizada para controlar la calidad del concreto recién mezclado. Después de que se ha establecido un proporcionamiento para la mezcla de concreto, un cambio en el peso unitario indicará un cambio en uno o más de los otros requisitos del desempeño del concreto.

Un peso unitario bajó puede indicar:

- ✓ Que los materiales han cambiado
- ✓ Un mayor contenido de aire
- ✓ Un mayor contenido de agua
- ✓ Un cambio en las proporciones de los ingredientes
- ✓ Un menor contenido de cemento.



Ilustración 5: Peso unitario del concreto permeable

#### 3.6.1.11 Prueba de asentamiento

Según la norma (NTP 339.035:2009/ ASTM C-143), se procedió a realizar el ensayo del slump, utilizando el cono de Abrams, en donde se colocó el concreto en 3 capas, dando 25 golpes por cada capa con la barra compactadora, luego se procedió a enrasar y levantar el cono verticalmente para poder medir el asentamiento con una wincha. Como lo habríamos previsto, se obtuvo un Slump cero, para el concreto sin aditivo y con aditivo su slump fue de 1" aproximadamente para el concreto con aditivo.



Ilustración 6: Ensayo de asentamiento, prueba de slump.

### 3.6.1.12 Ensayo de resistencia a la compresión.

Según las normas (NTP 339.034:2008 / ASTM C-39)

- Los moldes son retirados de la poza de curado para ser ensayados.
- Los moldes son ensayados en la máquina de compresión axial a la edad de 7 días, 14 días y 28 días para llevar un control cronológico y obtener los datos de la resistencia a la compresión.
- Se procedió a colocar los moldes en la máquina de compresión axial.
- La carga se aplicó de manera que se fue tomando los datos de la carga aplicada.
- Finalmente se anotó la carga de rotura de las probetas.
- Luego se calculó la resistencia a la compresión con la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Resistencia a la compresión

$P_{m\acute{a}x}$  = Carga ultima de rotura

$A$  = Área de la sección



Ilustración 7: Rotura de probeta, ensayo de resistencia a compresión

### 3.6.1.13 Ensayo del coeficiente de permeabilidad

Para llevar a cabo la prueba de permeabilidad, por tanda se realizó 3 probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, las cuales se ajustan a las recomendaciones del ACI. El permeámetro fue construido tomando como base la recomendación dada por el ACI 522R-10. Según la ley de Darcy.

Antes de iniciar las pruebas los cilindros fueron envueltos en plásticos para que encajara de mejor manera en el permeámetro, además de evitar que durante la prueba el agua se moviera entre el tubo y la probeta.



Ilustración 8: Elaboración del permeámetro.



Ilustración 9: Permeámetro casero

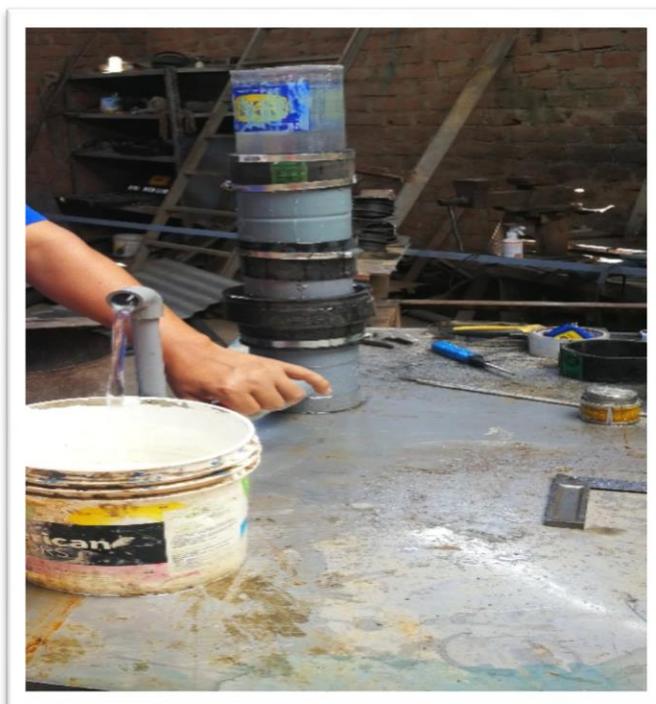


Ilustración 10: ensayando las probetas

El cálculo del coeficiente de permeabilidad se realizó utilizando la siguiente ley de Darcy.

$$K = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde

- ✓ k: Coeficiente de permeabilidad (cm/s).
- ✓ L: Longitud de la muestra (cm).
- ✓ A: Área de la muestra (cm<sup>2</sup>).
- ✓ a: Área de la tubería de carga (cm<sup>2</sup>).
- ✓ t: Tiempo en demora en pasar de h<sub>1</sub> a h<sub>2</sub> (s).
- ✓ h<sub>1</sub>: Altura de la columna de agua medida del nivel de referencia (cm).
- ✓ h<sub>2</sub>: Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (cm).



Ilustración 11: Permeámetro ACI-522R-10

## Esquema estructurado para la realización de la investigación

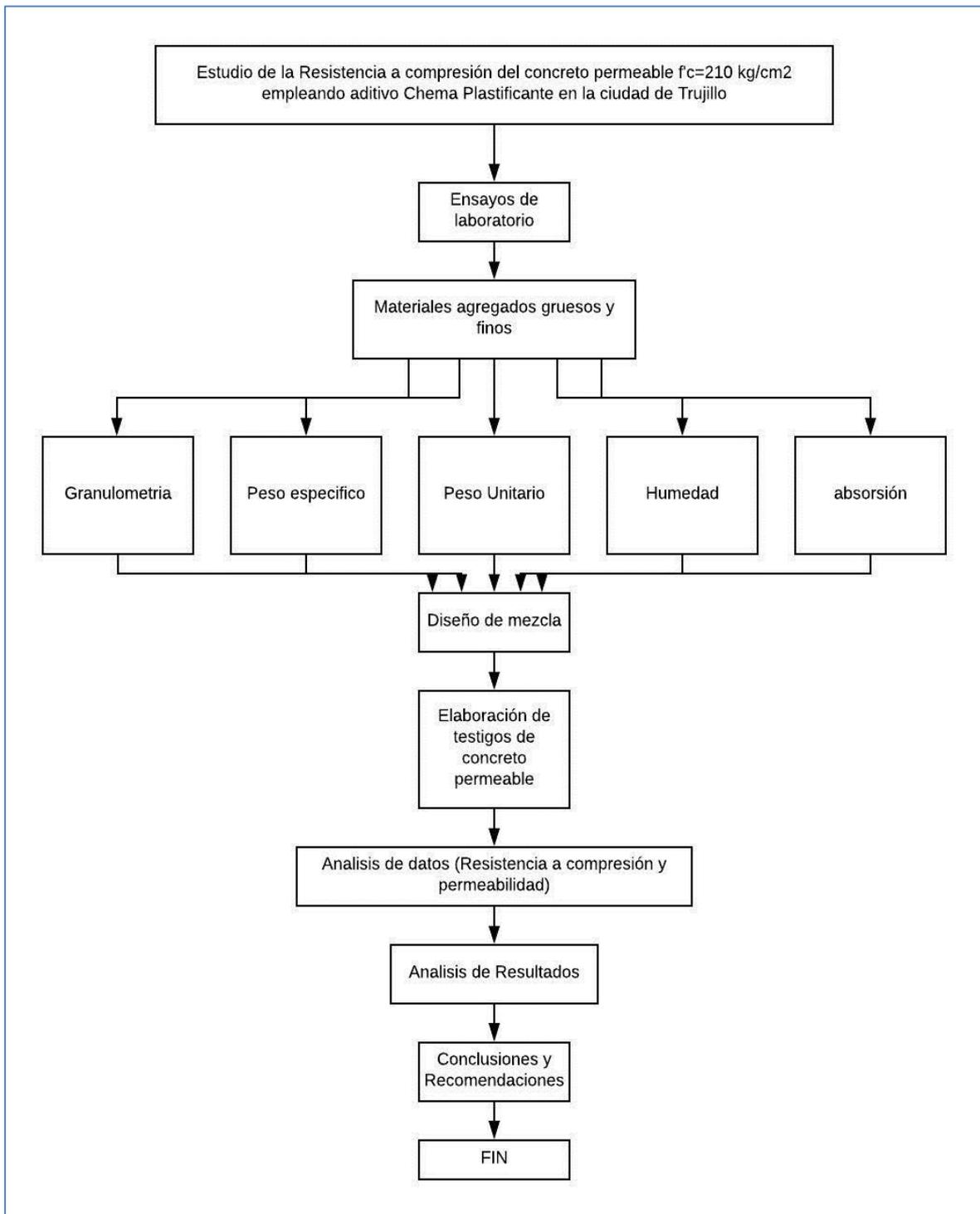


Ilustración 12: Diagrama del proyecto

### 3.7 Análisis de Datos

Luego de haber realizado todos los ensayos, lo trabajamos en gabinete, mediante hojas de cálculo, cuadros y gráficos estadísticos las cuales nos permitieron analizar cómo varía el coeficiente de permeabilidad y la resistencia a compresión del concreto permeable, para después determinar si nuestro diseño de mezcla propuesto es factible aplicar a la elaboración de dicho concreto permeable.

## **CAPITULO IV**

## 4 RESULTADOS

Analizamos todos los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio de tecnología del concreto para los agregados de la cantera El Milagro de la ciudad de Trujillo, también analizamos los resultados de los ensayos realizados al concreto.

### 4.1 Resultados de los ensayos a los agregados

Los resultados de los ensayos a los agregados de la cantera El milagro de la ciudad de Trujillo.

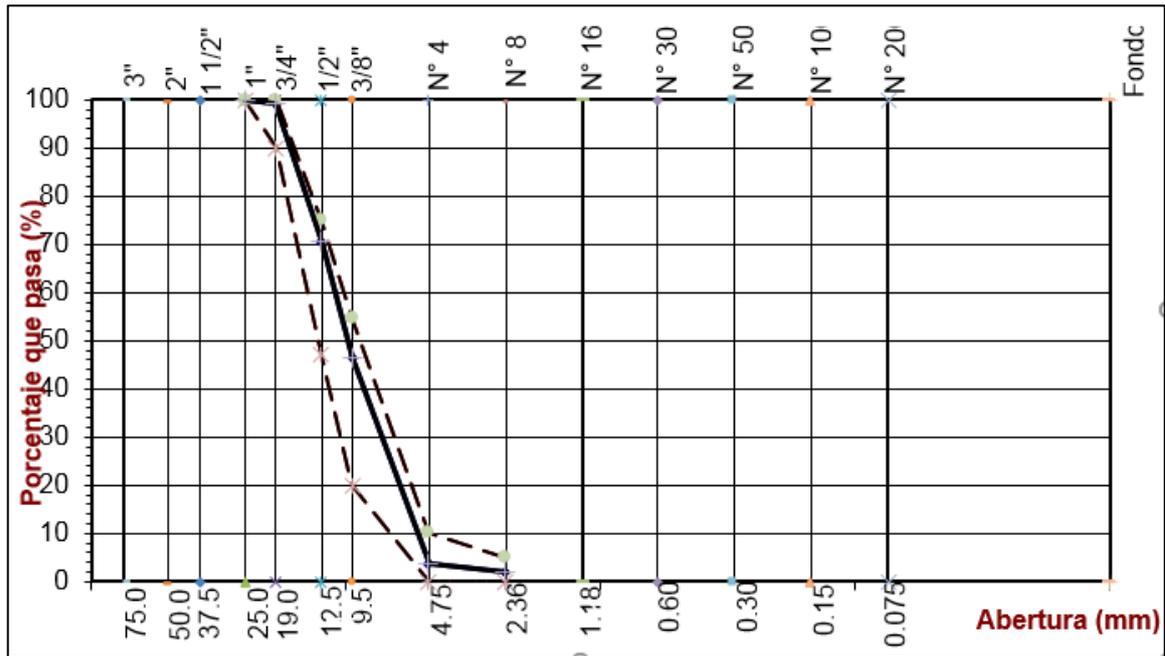
#### 4.1.1 Agregado grueso:

Según el formato de análisis granulométrico de agregados gruesos (NTP 400.012:2013)

Tabla N° 21 Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	Limites (huso 67)	
						mínimo	máximo
1"	25	0	0	0	100	100	100
3/4 "	19	34.0	0.7	0.7	99.3	90	100
1/2 "	12.5	1456.0	28.9	29.6	70.4	--	--
3/8 "	9.5	1215.0	24.1	53.6	46.4	20	55
# 4	4.75	2149.0	42.6	96.3	3.7	0	10
# 8	2.36	87.0	1.7	98.0	2.0	0	5
# 16	1.18						
TOTAL		5042.0	100.00				

Gráfico N° 1 Curva Granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia, 2018

Como se puede apreciar en la tabla N° 21 y el gráfico N°1 la curva granulométrica del agregado grueso se encuentra dentro del límite superior y límite inferior, podemos decir que nuestro material se encuentra en el huso 67. Por lo que se hará uso de este material para la elaboración de nuestras probetas.

Tabla N° 22 Resultado del ensayo de análisis del peso específico y absorción del agregado grueso

ID	Descripción	UND	1	2	3	Resultado
A	Peso saturado superficialmente seco del suelo en aire	gr	3008	2800	3001	
B	Peso saturado superficialmente seco del suelo en agua	gr	1903	1775	1905	
C	Volumen de masa + volumen de vacío. C=A-B	gr	1105	1025	1096	
D	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	2970	2765	2960	
E	Volumen de masa, E = C – (A – D)	cm3	1067	990	1055	
F	Peso específico bulk (base seca), F = D / C	gr/cm3	2.69	2.70	2.70	2.69
G	Peso específico (base saturada), G = A/C	gr/cm3	2.72	2.73	2.74	2.73
H	Peso específico aparente (base seca), H = D / E	gr/cm3	2.78	2.79	2.81	2.79
I	Absorción, K = (A – D / D) * 100	%	1.36	1.27	1.39	1.34

En la tabla N° 22 podemos apreciar que los valores de pesos específicos del agregado grueso se encuentran por encima de 2.40 gr/cm<sup>3</sup>, el cual es un indicador de que el agregado grueso tiene un mejor comportamiento. En cuanto a la absorción del agregado grueso es de 1.3%, dicho valor está dentro del rango adecuado para el agregado grueso que es de 0.20 a 4.00 %.

Tabla N° 23 Resultado del análisis del peso unitario del agregado grueso

Peso unitario del agregado grueso		Tamaño máx. nominal			Volumen molde	0.007
ID	Descripción	UND	1	2	3	Resultado
A	Peso del molde + Ag compactado	Kg	14.977	14.896	15.148	
B	Peso del molde	Kg	3.442	3.442	3.442	
C	Peso Ag compactado C=A-B	kg	11.535	11.454	11.706	
D	Peso unitario compactado D=C/Vol. molde	gr	1, 648	1, 636	1, 672	1, 652
E	Peso del molde + Ag suelta	cm3	13.865	13.922	13.821	
F	Peso Ag suelta F=E-B	gr/cm3	10.423	10.48	10.379	
G	Peso unitario suelta G=F/Vol. molde	gr/cm3	1,489	1, 497	1, 483	1, 490

En la tabla N° 23 observamos que el valor del peso unitario compactado es de 1,652 kg/m<sup>3</sup>, valor que se encuentra dentro de los rangos establecidos que son de 1500 a 1900 kg/m<sup>3</sup>, por tanto, el peso unitario compactado es aceptable para la utilización de este material. Además, en la misma tabla se aprecia el valor del peso unitario suelta es de 1490 kg/m<sup>3</sup>, valor que no se encuentra dentro de los rangos establecidos que son de 1500 a 1900 kg/m<sup>3</sup>, pero como la diferencia no es muy extensa se aceptó dicho agregado como parte de nuestro material de ensayo.

*Tabla N° 24 Resultado del análisis del contenido de humedad del agregado grueso*

ID	Descripción	UND	Resultados
W	Masa de la muestra humedad original	gr	3000
D	Masa de la muestra seca	gr	2977
p	Contenido total de humedad total evaporable de la muestra	%	0.8

$$p = \frac{100(W - D)}{D}$$

En la tabla N° 24 nos muestra el contenido de humedad del agregado grueso el cual es de 0.8%, el cual se encuentra dentro del rango de 0.20 a 4.00 % de humedad.

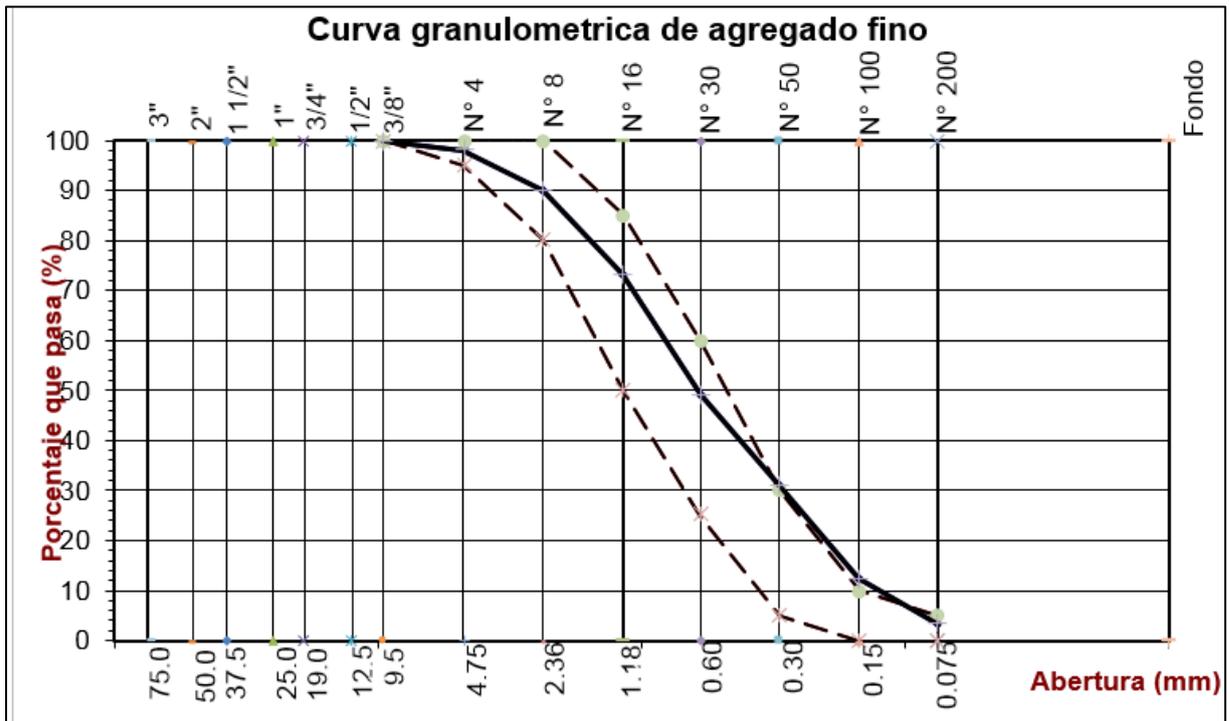
#### 4.1.2 Agregado fino

Según el formato de análisis granulométrico de agregados fino (NTP 400.012:2013)

*Tabla N° 25 resultados del análisis granulométrico del agregado fino*

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Rango	
						Mínimo	Máximo
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 4	4.750	23.0	1.9	1.9	98.1	95	100
Nº 8	2.360	95.0	7.9	9.9	90.1	80	100
Nº 16	1.180	203.0	17.0	26.8	73.2	50	85
Nº 30	0.600	286.0	23.9	50.7	49.3	25	60
Nº 50	0.300	219.0	18.3	69.0	31.0	5	30
Nº 100	0.150	222.0	18.5	87.6	12.4	0	10
Nº 200	0.075	109.0	9.1	96.7	3.3	0	5
Fondo	-	40.0	3.3	100.0	0.0		
		1197.0	100.0				

Gráfico N° 2: Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 25 y el gráfico N° 2 la curva granulométrica del agregado fino (arena gruesa) se encuentra dentro del límite superior y límite inferior. Con un módulo de finura de 2.8 el cual se encuentra en el rango aceptable para realizar concreto.

Tabla N° 26 Resultado del análisis de la gravedad específica y absorción de agregado finos

ID	Descripción	UND	1	2	3	Resultado
A	Peso de la fiola	gr	175.3	175.3	175.3	175.3
B	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo (P <sub>sss</sub> )	gr	500	500	500	500
C	Peso de la arena superficialmente seca + fiola	gr	675.3	675.3	675.3	675.3
D	Peso de la arena superficialmente seca+ fiola+peso del agua hasta los 500ml	gr	982.5	982.4	982.8	982.6
E	Peso del agua (w): D-C	gr	307.2	307.1	307.5	307.3
F	Peso seco del suelo (horno a 105°C ±5°C)	cm <sup>3</sup>	495.9	496.1	495.8	496
G	Volumen de la fiola	ml	500	500	500	500
H	Peso específico de masa F/(G-E)	gr/cm <sup>3</sup>	2.572	2.572	2.576	2.57
I	Peso específico de masa saturada: B/(G-E)	gr/cm <sup>3</sup>	2.593	2.592	2.597	2.5947
J	Peso específico aparente: F/[(G-E)-(B-F)]	gr/cm <sup>3</sup>	2.628	2.625	2.633	2.62851
K	Porcentaje de absorción: (B-F)	%	0.79%	0.79%	0.85%	0.80645

En la tabla N° 26 podemos apreciar que los valores de pesos específicos del agregado fino se encuentran por encima de 2.40 gr/cm<sup>3</sup>, el cual es un indicador de que el agregado grueso tiene un mejor comportamiento. En cuanto a la absorción del agregado grueso es de 0.80 %, dicho valor está dentro del rango adecuado para el agregado grueso que es de 0.20 a 4.00 %.

## Análisis del peso unitario del agregado fino

Tabla N° 27 Peso unitario suelto

Peso unitario suelto			
Descripción	Símbolo	Cantidad	unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente		6.3	Kg
Peso del recipiente		1.75	Kg
Peso de la muestra suelta	Ws	4.55	Kg
Peso del agua + recipiente		4.53	Kg
Peso del agua	Wa	2.78	Kg
factor de calibración del recipiente	$f = 1000/Wa$	359.71	m <sup>-3</sup>
Peso unitario suelto	$PUS = f * Wa$	1637	Kg/m <sup>-3</sup>

Tabla N° 28 Peso unitario compacto

Peso unitario compacto			
Descripción	Símbolo	Cantidad	unidad
Peso de la muestra compactada + recipiente		6.86	Kg
Peso del recipiente		1.75	Kg
Peso de la muestra compactada	Wc	5.11	Kg
Peso del agua + recipiente		4.53	Kg
Peso del agua	Wa	2.78	Kg
factor de calibración del recipiente	$f = 1000/Wa$	359.71	m <sup>-3</sup>
Peso unitario compactado	$PUC = f * Wa$	1838	Kg/m <sup>-3</sup>

En la tabla N°27 observamos que el valor del peso unitario suelto es de 1637 kg/m<sup>3</sup>, cuyo valor se encuentra dentro de los rangos establecidos que son de 1500 a 1900 kg/m<sup>3</sup>, por tanto, el peso unitario suelto es aceptable para la utilización de este material. En la tabla N°28 se aprecia el valor del peso unitario compacto es de 1831 kg/m<sup>3</sup>, cuyo valor se encuentra dentro de los rangos establecidos que son de 1500 a 1900 kg/m<sup>3</sup>, por tanto, el peso unitario compacto es aceptable para la utilización de este material de ensayo.

*Tabla N° 29 Resultado del análisis del contenido de humedad del agregado*

ID	Descripción	UND	Resultados
W	Masa de la muestra humedad original	gr	500
D	Masa de la muestra seca	gr	490
W-D	Contenido de agua	gr	10
p	Contenido total de humedad total evaporable de la muestra	%	2.04

$$p = \frac{100(W - D)}{D}$$

En la tabla N°29 nuestro contenido de humedad del agregado fino es de 2.04 %, el cual se encuentra dentro del rango de 0.20 a 4.00 % de humedad.

#### 4.2 Resultados del diseño de mezcla del concreto permeable

*Tabla N° 30 Resumen de diseño de mezcla sin corrección por humedad*

Material	Peso /m3	Volumen probeta	Peso/ probeta
Cemento (kg)	356.38	0.00157	0.56
Agua (lts)	199	0.00157	0.31
Agregado grueso (kg)	1425.5	0.00157	2.24
Agregado fino (kg)	71.28	0.00157	0.11
Vacios (%)	15	0.00157	
Aditivo Chema Megaplast	0.9%	0.00157	0.005

*Tabla N° 31 Resumen de diseño de mezcla con corrección por humedad*

Material	Peso /m3	Volumen probeta	Peso/ probeta
Cemento (kg)	356.38	0.00157	0.56
Agua (lts)	205.25	0.00157	0.32
Agregado grueso (kg)	1436.92	0.00157	2.26
Agregado fino (kg)	72.73	0.00157	0.11
Vacios (%)	15	0.00157	
Aditivo	0.9%	0.00157	0.005

*Tabla N° 32 Resumen de cálculo de mezcla con corrección por humedad y % de desperdicio*

Material	Peso /m3	Volumen probeta	% Desperdicio	Peso/ probeta
Cemento (kg)	356.38	0.00157	10%	0.62
Agua (lts)	205.25	0.00157	10%	0.35
Agregado grueso (kg)	1436.92	0.00157	10%	2.49
Agregado fino (kg)	72.73	0.00157	10%	0.12
Vacios (%)	15	0.00157		
Aditivo	0.9%	0.00157	10%	0.0055

Las tablas N° 30, N° 31, N° 32 muestran los resultados obtenidos de nuestro análisis de diseño de mezcla, en el tabla N° 32, nos muestra la cantidad por materiales que hemos utilizado para la elaboración de nuestras probetas.

#### 4.3 Resultados del concreto endurecido

Se presenta los resultados de resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable.

##### 4.3.1 Resistencia a compresión

*Tabla N° 33 Resultados del análisis de resistencia a compresión de los testigos cilíndricos. (NTP 339.034:2008)*

N°	Descripción	Fecha vaciada	Fecha rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Carga máxima kg	Resistencia a kg/cm <sup>2</sup>	% Alcanzado
1	MCP-SA 15%	7/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	8629	108	51%
2	MCP-SA 15%	7/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	9002	112	53%
3	MCP-SA 15%	7/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	7343	92	44%
4	MCP-SA 15%	7/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	7900	99	47%
5	MCP-SA 15%	7/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	11575	144	69%
6	MCP-SA 15%	7/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	12297	153	73%
7	MCP-SA 15%	7/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	12385	155	74%
8	MCP-SA 15%	7/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	10060	126	60%
9	MCP-SA 15%	7/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	15711	196	93%
10	MCP-SA 15%	7/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	14161	177	84%

11	MCP-SA 15%	7/12/2018	04/01/201 9	28	10.1	80.12	12670	158	75%
12	MCP-SA 15%	7/12/2018	04/01/201 9	28	10.1	80.12	13156	164	78%
13	MCP-CA 15%	7/12/2018	14/12/201 8	7	10.1	80.12	8120	101	48%
14	MCP-CA 15%	7/12/2018	14/12/201 8	7	10.1	80.12	7946	99	47%
15	MCP-CA 15%	7/12/2018	14/12/201 8	7	10.1	80.12	9124	114	54%
16	MCP-CA 15%	7/12/2018	14/12/201 8	7	10.1	80.12	9858	123	59%
17	MCP-CA 15%	7/12/2018	21/12/201 8	14	10.1	80.12	11250	140	67%
18	MCP-CA 15%	7/12/2018	21/12/201 8	14	10.1	80.12	17167	214	102%
19	MCP-CA 15%	7/12/2018	21/12/201 8	14	10.1	80.12	10736	134	64%
20	MCP-CA 15%	7/12/2018	21/12/201 8	14	10.1	80.12	9796	122	58%
21	MCP-CA 15%	7/12/2018	04/01/201 9	28	10.1	80.12	13721	171	81%
22	MCP-CA 15%	7/12/2018	04/01/201 9	28	10.1	80.12	12700	159	76%
23	MCP-CA 15%	7/12/2018	04/01/201 9	28	10.1	80.12	15709	196	93%
24	MCP-CA 15%	7/12/2018	04/01/201 9	28	10.1	80.12	13052	163	78%

Gráficos de las resistencias a compresión de los testigos de concreto permeable sin y con aditivo Chema Megaplast a los 7, 14 y 28 días

Gráfico N° 3 Resistencia a compresión a los 7 días



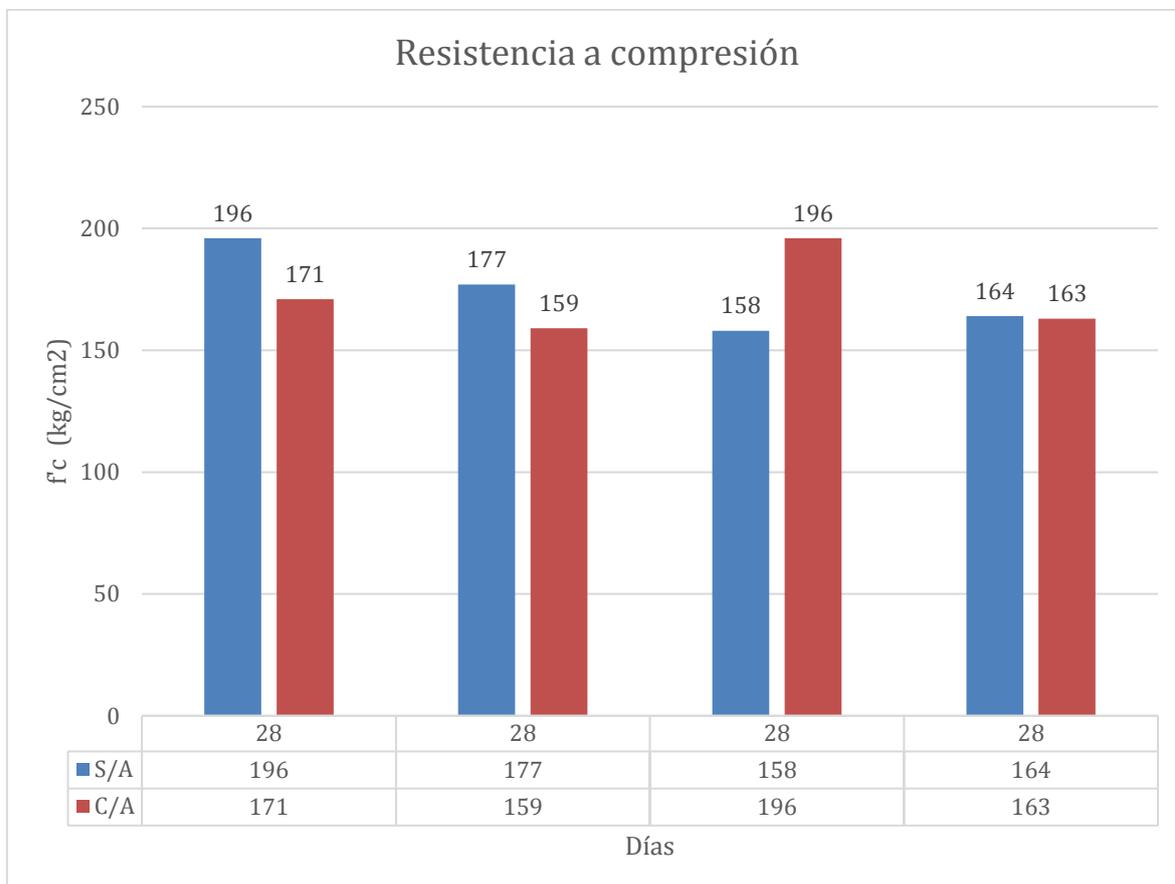
Fuente: elaboración propia, 2018

Gráfico N° 4 Resistencia a compresión a los 14 días



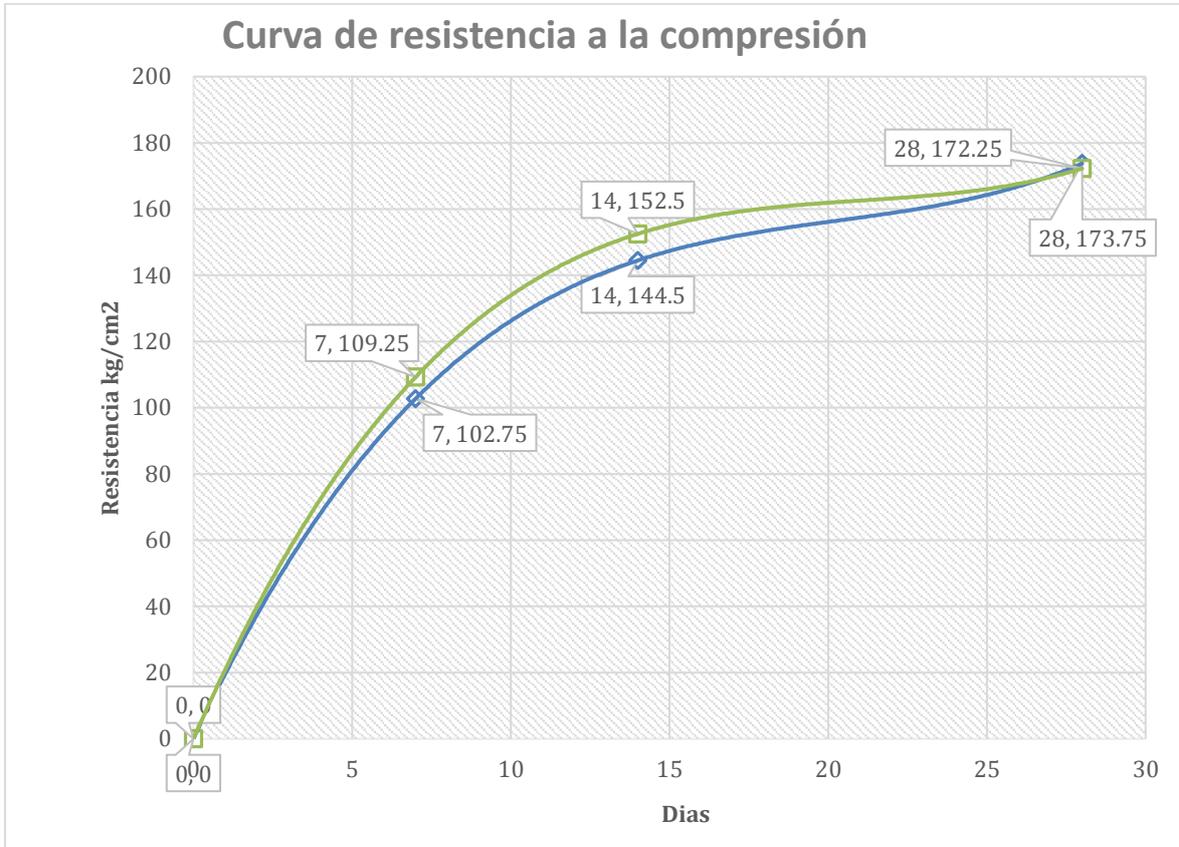
Fuente: elaboración propia, 2018

Gráfico N° 5 Resistencia a compresión a los 28 días



Fuente: elaboración propia, 2018

Gráfico N° 6 Curva de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días del concreto permeable con y sin aditivo Chema Megaplast



Fuente: Elaboración propia, 2018

Análisis de los gráficos de las resistencias a compresión de los testigos de concreto permeable sin y con aditivo Chema Megaplast a los 7, 14 y 28 días

La tabla N°33 y las gráficas N° 01, N° 02, N° 03, N° 04 observamos nuestros datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión.

En la gráfica N° 01, nos muestra los resultados a los 7 días, donde se ha obtenido una resistencia a compresión máxima de 123 kg/cm<sup>2</sup> con aditivo y 108 kg/cm<sup>2</sup> sin aditivo,

En la gráfica N° 02, nos muestra los resultados a 14 días en donde se ha obtenido una resistencia a compresión máxima de 214 kg/cm<sup>2</sup> con aditivo y 155 kg/cm<sup>2</sup> sin aditivo.

En la gráfica N° 03, nos muestra los resultados a 28 días en donde se ha obtenido una resistencia a compresión máxima de 196 kg/cm<sup>2</sup> con aditivo y 196 kg/cm<sup>2</sup> sin aditivo.

En la gráfica N° 04, nos muestra el promedio del resultado a 7, 14, 28 días en donde hemos obtenido una resistencia a compresión promedio de 109.25 kg/cm<sup>2</sup>, 152.5 kg/cm<sup>2</sup>, 172.25 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente con aditivo y 102.75 kg/cm<sup>2</sup>, 144.75 kg/cm<sup>2</sup>, 173.75 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente sin aditivo.

### 4.3.2 Permeabilidad

Tabla N° 34 Resultados de ensayos de permeabilidad

Diseño		Descripción						
mezcla	muestra	t (seg)	a (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	K (cm /seg)
SIN ADITIVO	S/A 1	66	80.1	83.3	20	30	4	0.63
	S/A 1	58	80.1	83.3	20	30	4	0.72
	S/A 1	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
	S/A 1	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
	S/A 2	63	80.1	83.3	20	30	4	0.67
	S/A 2	58	80.1	83.3	20	30	4	0.72
	S/A 2	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
	S/A 2	56	80.1	83.3	20	30	4	0.75
	S/A 3	64	80.1	83.3	20	30	4	0.65
	S/A 3	52	80.1	83.3	20	30	4	0.81
	S/A 3	56	80.1	83.3	20	30	4	0.75
	S/A 3	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
CON ADITIVO	C/A 1	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
	C/A 1	50	80.1	83.3	20	30	4	0.84
	C/A 1	54	80.1	83.3	20	30	4	0.78
	C/A 1	56	80.1	83.3	20	30	4	0.75
	C/A 2	50	80.1	83.3	20	30	4	0.84
	C/A 2	58	80.1	83.3	20	30	4	0.72
	C/A 2	53	80.1	83.3	20	30	4	0.79
	C/A 2	55	80.1	83.3	20	30	4	0.76
	C/A 3	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
	C/A 3	57	80.1	83.3	20	30	4	0.74
	C/A 3	53	80.1	83.3	20	30	4	0.79
	C/A 3	55	80.1	83.3	20	30	4	0.76

*Tabla N° 35 Resultados de coeficientes de permeabilidad concreto permeable patrón sin aditivo*

Cod. Espécimen	Altura del agua cm	Tiempo 1 (seg)	Tiempo 2 (seg)	Tiempo 3 (seg)	Tiempo 4 (seg)	Tiempo prom. (seg)	Coeficiente de permeabilidad K (cm/s)
S/A 1	26	66	58	57	57	59.50	0.71
S/A 2	26	63	58	57	56	58.50	0.72
S/A 3	26	64	52	56	57	57.25	0.74
Promedio							0.72

*Tabla N° 36 Resultados de coeficientes de permeabilidad concreto permeable con aditivo Chema Megaplast*

Cod. Espécimen	Altura del agua cm	Tiempo 1 (seg)	Tiempo 2 (seg)	Tiempo 3 (seg)	Tiempo 4 (seg)	Tiempo prom. (seg)	Coeficiente de permeabilidad K (cm/s)
C/A 1	26	57	50	54	56	54.25	0.77
C/A 2	26	50	57	53	55	53.75	0.78
C/A 3	26	57	57	53	55	55.50	0.76
Promedio							0.77

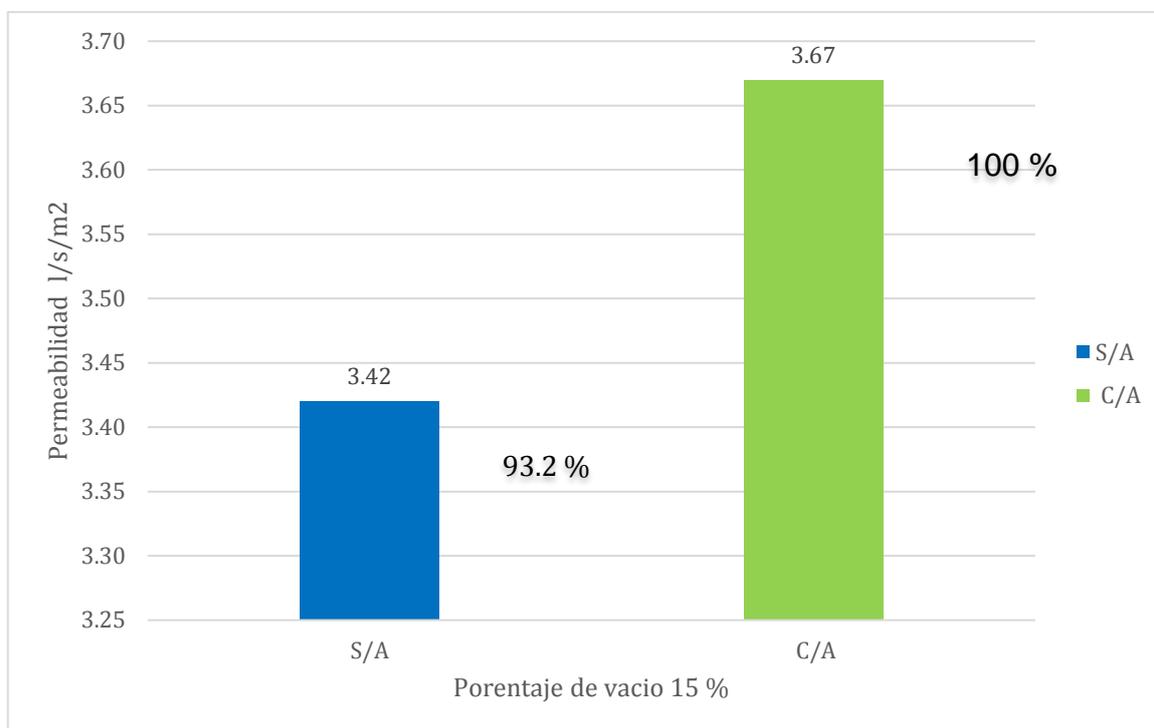
*Tabla N° 37 Resultado del análisis del coeficiente de permeabilidad testigo patrón sin aditivo (l/s/m<sup>2</sup>)*

Cod. Espécimen	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (l)	Tiempo (s)	Q (l/s)	l/s/m <sup>2</sup>
S/A 1	0.101	0.00801	1.602	59.5	0.0269	3.36
S/A 2	0.101	0.00801	1.602	58.5	0.0274	3.42
S/A 3	0.101	0.00801	1.602	57.3	0.0280	3.49
Promedio						3.42

*Tabla N° 38 Resultado del análisis del coeficiente de permeabilidad testigo con aditivo Chema Megaplast (l/s/m<sup>2</sup>)*

Cod. Espécimen	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (l)	Tiempo (s)	Q (l/s)	l/s/m <sup>2</sup>
C/A 1	0.101	0.00801	1.602	54.25	0.0295	3.69
C/A 2	0.101	0.00801	1.602	53.75	0.0298	3.72
C/A 3	0.101	0.00801	1.602	55.5	0.0289	3.60
Promedio						3.67

Gráfico N° 7 Coeficiente de permeabilidad



En las tablas N° 35, 36, 37 y 38 y la gráfica N° 5 se muestran los coeficientes de permeabilidad obtenidos del concreto permeable con aditivo y sin aditivo, donde podemos apreciar los promedios de dicho coeficientes de permeabilidad del concreto sin y con aditivo.

## **CAPÍTULO V**

## 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- ✓ Se analizaron los resultados de las características físicas y mecánicas de los Agregados de la cantera El Milagro de la ciudad de Trujillo.
- ✓ Se analizaron los resultados de los ensayos de permeabilidad al concreto permeable en estado endurecido.
- ✓ Se evaluó la resistencia a la compresión de los diseños de concreto sin aditivo y con aditivo Chema Megaplast,

### 5.1 Discusión de resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera “El Milagro”

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados de las canteras El milagro se muestra según las especificaciones de las normas técnicas peruanas ya antes mencionadas.

#### 5.1.1 Agregado Grueso

La curva granulométrica se muestra en la gráfica N° 01, donde observamos que el agregado grueso cumple con los límites del HUSO #67, teniendo un tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ ”, por tanto, ha sido empleado en el diseño de mezcla de concreto con y sin aditivo.

Los resultados de los ensayos de los agregados de la cantera El Milagro, mostrados en los cuadros N° 21, 22, 23, 24, son las características propias del agregado grueso, las cuales nos sirvieron para el diseño de mezclas.

### 5.2 Discusión de resultados concreto fresco

#### 5.2.1 Discusión diseño de mezcla

Se observa en los cuadros N° 30 y 31 que el ajuste del contenido de humedad para el diseño de mezcla va desde los 199 lts hasta los 205.25

Its siendo este último la cantidad de agua necesaria para el diseño de mezcla.

### 5.3 Discusión de resultados concreto endurecido

5.3.1 Discusión a la resistencia a la compresión de testigos de cilindros. Según el gráfico N° 06, la resistencia a los siete, catorce y veintiocho días los testigos de concreto con aditivo presentan una mejor resistencia en tanto que los testigos sin aditivo consiguen resistencias bajas.

El porcentaje de resistencia de los testigos con aditivo son 6.33% mayor al de los testigos sin aditivo para las muestras de siete días.

La resistencia de testigos a los 14 días, con aditivo presentan un aumento en su resistencia respecto a los que no tienen aditivo en un 5.54%.

La resistencia de los testigos a los 28 días, los testigos con aditivo presentan una disminución en su resistencia respecto a los que no tienen aditivo en un 0.86%.

De lo anterior, a la resistencia a compresión obtenida son bajos en comparación con los resultados obtenidos por Choque y Ccana (2016) en su investigación de tesis, *Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras de Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>*; en donde llegaron a una resistencia máxima de 218.22 kg/cm<sup>2</sup>, en donde utiliza una combinación de agregados finos en un porcentaje de 5%, sin embargo, si comparamos con los resultados obtenidos por Gallo y Murga (2017) en su investigación de tesis, *Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable f'c =210 kg/cm<sup>2</sup>, usando el aditivo sikament-290n con agregados de la cantera del rio chonta de la ciudad de Cajamarca, 2017*” obtuvieron resultados de resistencia a la compresión promedio máxima de 107.3

kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días con aditivo sikament-290N y un coeficiente de permeabilidad promedio de 22 mm/s.

Esto nos hace ver que nuestra mezcla con resistencia promedio es 172.31 kg/cm<sup>2</sup> es mayor y se aproxima más a los 210 kg/cm<sup>2</sup> pero que todavía tiene poca cohesión motivo por el cual no permite una buena adherencia de partículas y de esa manera alcanzar y superar a 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 5.3.2 Discusión de resultados coeficiente de permeabilidad

Analizando los resultados obtenidos del ensayo de permeabilidad realizado a las probetas de prueba tanto con aditivo y sin aditivo, se muestra en la gráfica N°07, en donde observamos que nuestras probetas si cuenta con una permeabilidad adecuada, manteniendo la permeabilidad en un en 0.77 cm/s y la probeta patrón (sin aditivo) logra un coeficiente de permeabilidad de 0.72 cm/s y hace ver que se mantiene a un 6.94% respecto a la probeta con aditivo. Podemos ver que las dos mezclas poseen un rango de permeabilidad es alto, esto quiere decir que podemos agregar más agregado fino, mayor al 5% y ver si aumenta la resistencia y que se siga mantenido una permeabilidad adecuada.

## CONCLUSIÓN

- Al usar el aditivo Chema Megaplast y ver su influencia en la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con agregados de la cantera el Milagro de la ciudad de Trujillo, 2018; se puede decir que, no fue posible llegar a dicha resistencia con 5% de agregado fino, ya que no posee una adecuada cohesión entre los materiales, obteniendo como resultado un 81.9% ( $172 \text{ kg/cm}^2$ ) de la resistencia a la compresión requerido; en cuanto a la permeabilidad se logró obtener un coeficiente de permeabilidad de  $0.77 \text{ cm/s}$ , resultado que se encuentran en el rango del concreto permeable ( $0.14 \text{ cm/s}$  a  $1.22 \text{ cm/s}$ ) según el ACI 522R-10.
- Se concluye que el agregado grueso cumple con las características granulométricas deseadas según nuestros antecedentes, como se puede observar el gráfico N° 01; también se concluye que el agregado fino si cumple el protocolo descrito ya que en el gráfico N° 02, se puede observar que se encuentra aproximadamente por dentro de los límites.
- Según los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al diseño de concreto permeable con una cantidad de vacíos del 15% sin la adición del aditivo Chema Megaplast, se obtuvo una resistencia a la compresión promedio  $102.8 \text{ kg/cm}^2$ ,  $144.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $173.75 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7 días, 14 días y 28 días respectivamente, estando en el rango de concreto permeable según la norma ACI 522R:2010 cuyo rango es de  $28 \text{ kg/cm}^2$  a  $280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Según los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al diseño de concreto permeable con una cantidad de vacíos del 15% con la adición del aditivo Chema Megaplast, se obtuvo una resistencia a la compresión de  $109.25 \text{ kg/cm}^2$ ,  $152.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $172.25 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7 días, 14 días y 28 días respectivamente, estando en el rango de concreto permeable según la norma ACI 522R:210 cuyo rango es de  $28 \text{ kg/cm}^2$  a  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

- Llegamos a la conclusión de que la resistencia a la compresión entre el concreto permeable sin aditivo Chema Megaplast y con aditivo Chema Megaplast, varia levemente como se puede apreciar en el grafico N° 6, y que solo en los primeros días hay una pequeña diferencia en la resistencia, sin aditivo presenta mayor resistencia a los 28 días, las resistencias son aproximadamente iguales eso quiere decir que el aditivo no ha mejorado la resistencia a la compresión, ya que una de las propiedades del aditivo es incrementar la resistencia de las propiedades mecánicas, sin embargo es útil porque a la mezcla le dota de una mejor trabajabilidad en estado fresco.
  
- Para poder decir, que el concreto es permeable, debe presenta un coeficiente de permeabilidad entre el rango de 0.14 a 1.22 cm/s, según el ACI 522R-10. En nuestra investigación los resultados se encuentran en un promedio de 0.72 cm/s sin aditivo Chema Megaplast y 0.77cm/s con aditivo Chema Megaplast, lo cual dichos valores cumplen con los de la permeabilidad requeridos para el concreto sea denominado permeable.

## RECOMENDACIONES

- Seguir investigando el uso y las propiedades del concreto permeable, ya que es un material que brinda una alternativa sostenible a la acumulación pluvial en las diferentes zonas de Trujillo y del Perú, ya que posee una permeabilidad conveniente para la evacuación del agua pluvial y así tener un concreto acorde con el cuidado del medio ambiente.
- Estudiar al concreto permeable con diferentes porcentajes de agregado fino para obtener mayores resistencias a compresión, teniendo en cuenta que el porcentaje de vacíos de la mezcla debe ser igual o mayor a 15%
- Controlar el contenido de vacíos de la mezcla, ya que si este no tiene un adecuado control va a reducir la resistencia a la compresión, a la vez que al aumentar los vacíos en la mezcla se irá reduciendo la resistencia a la compresión.
- Usar diferentes porcentajes de aditivo CHEMA MEGAPLAST y así verificar como varían sus características así también otros factores que influyan positivamente al aumento de la resistencia a la compresión y mantener la permeabilidad dentro del rango adecuado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asocreto, A. C. de P. de C. (2010). *Tecnología Del Concreto Tomo 1*. (J. ing. Niño, Ed.) (Tercera ed). Colombia. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/234779446/Tecnologia-Del-Concreto-Tomo-1>
- Benites, J. (2014). *Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera Río Jequetepeque y el Aditivo Chemaplast*. Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/522>
- Blas, J. (2013). *Materiales de Construcción*. Ancash-Perú. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/284688692/Permeabilidad-Del-Concreto>
- Campos, E. (2011). *Aditivos - Tecnología Del Concreto*. Lima-Perú. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/97942194/Aditivos-Tecnologia-Del-Concreto>
- Cardenas, E., Albiter, Á., & Jaimes, J. (2017). Pavimentos Permeables. una aproximación Convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua. *Espacio Del Divulgador*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10450491009/10450491009.pdf>
- Cerdán, L. (2015, June 1). *Comportamiento del concreto permeable, utilizando agregado de las Canteras la Victoria y roca fuerte, aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015*. Universidad Privada del Norte. Universidad Privada del Norte. Retrieved from <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11017>
- Choque, S., & Ccana, J. (2016). *Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregados de las canteras Vicho y Zurite, Adicionando aditivo SÚPER PLASTI*. Retrieved from [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/710/3/Juan\\_Hubert\\_Tesis\\_ba\\_chiller\\_2016\\_P\\_1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/710/3/Juan_Hubert_Tesis_ba_chiller_2016_P_1.pdf)
- Gallo, F., & Murga, C. (2017). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO PERMEABLE  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, USANDO EL ADITIVO SIKAMENT-290N CON AGREGADOS DE LA CANTERA DEL RIO CHONTA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2017*

ÍNDICE DE CONTENIDOS Contenido. Retrieved from [http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13317/Gallo Sanchez Freddy Edinson - Murga Tirado Christian Edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13317/Gallo_Sanchez_Freddy_Edinson_-_Murga_Tirado_Christian_Edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guaita, S. (2016). Concreto Permeable(Ecocreto). Retrieved January 15, 2019, from <http://concretopermeablestalinguaita.blogspot.com/2016/06/concreto-permeableecocreto.html>

Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Retrieved from [www.FreeLibros.org](http://www.FreeLibros.org)

Harmsen, T. E. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado* (5° edición). Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial. Retrieved from <http://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/ingenieria/613-diseno-de-estructuras-de-concreto-armado-.html#.W7NsVHtKjIU>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

National Ready Mixed Concrete Association. (2003). *Informe técnico prueba de resistencia a la compresión del concreto. NRMCA cip 35*.

Patiño, O. (2013). El concreto permeable : uso y estándares, 2010–2011.

Salis, B. (2016). *Influencia del contenido de aire en concretos porosos con agregados de la cantera Yanag - Huánuco, 2016. Universidad Nacional Hermilio Valdizán*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Retrieved from <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1532>

Sensico, S. N. de C. para la I. de la C. (2014). *Preparación colocación y cuidados del concreto*. Lima-Perú. Retrieved from [https://issuu.com/engcaos/docs/preparacion\\_colocacion\\_y\\_cuidados\\_d](https://issuu.com/engcaos/docs/preparacion_colocacion_y_cuidados_d)

Torre, C. (2004). *CURSOS BÁSICO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO*. Lima-Perú. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/45897173/curso-basico-concreto-1>

UNICON, union de concreteras. (2011). *Ficha tecnica concreto permeable Unicon*. Lima, Perú. Retrieved from [www.unicon.com.pe](http://www.unicon.com.pe)

Vidaud, E. (2013). *Construcción y tecnología en concreto*. Retrieved from [www.yucatan-holidays.com/es/los-5-mejores-sitios-](http://www.yucatan-holidays.com/es/los-5-mejores-sitios-)

## ANEXOS

### ANEXO N° 01: DISEÑO DE MEZCLAS REALIZADOS

#### DISEÑO DE MEZCLA PARA EL CONCRETO PERMEABLE PARA UNA RESISTENCIA DE 210 KG/CM<sup>2</sup>, CON ADITIVO 0,9% DEL PESO DEL CEMENTO, Y SIN ADITIVO COMO PATRÓN COMPARABLE

Elaborado:

Martell Cusquipoma, Jaime Elmo

Rojas García, Holmer Wilinton

Porcentaje de vacíos: 15% Resistencia a la compresión promedio: 210 kg/cm<sup>2</sup>

Cuadro N° 1: Datos de los agregados para el diseño de mezcla

Material	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Tamaño del agregado (pulg)	Peso unitario suelto kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario compactado kg/m <sup>3</sup>	Absorción %	Humedad %
Agregado Fino	2570.00	-	1637.00	1838.00	0.81	2.04
Agregado Grueso	2700.00	1/2"	1490.0	1652.00	1.3	0.8

Fuente: Datos obtenidos de los ensayos, 2017

Tabla N° 2: Densidad del cemento portland tipo 1

Cemento	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Tipo
Pacasmayo	3110	1

Fuente: Rivva, 1992

Tabla N° 3: Densidad del agua

Agua	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Potable	1000

Fuente: Asocreto, 2010

Tabla N° 4: Características del aditivo

Aditivo	Chema Megaplast
Densidad	1.06-1.08 kg/L
Norma	ASTM C494, Tipo F
Dosificación	0.9% del peso del cemento

Fuente: Chema-Perú, 2017

Cuadro N° 5: Asentamiento

Slump	1"
-------	----

Se determina la resistencia a la compresión requerida  $f'c$

Se determinó utilizando la tabla del A.C.I 211.1 (2002), dato de la tabla N° 05:

$$f'_{cr} = f'c + 84$$

Donde:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{luego, } f'_{cr} = 210 + 84$$

$$\text{por tanto, } f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

a) Se determina el volumen unitario del agua

Se determina utilizando la tabla del A.C.I 211.1 (2002), y el tamaño máximo del agregado grueso 1/2" dato de la tabla N° 06.

Volumen unitario del agua=199 lts

**b) Se determina la relación agua/cemento**

Se determina utilizando la tabla del A.C.I 211.1 (2002), y la resistencia a la compresión requerida, datos de la tabla N° 07, luego se procedió a interpolar

Datos:

<i>f'cr</i>	<i>a/c</i>
250	0.62
294	x
300	0.55

Interpolación:  $x = 0.5584$

**c) Se determina la cantidad cemento**

Mediante la siguiente formula:

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{agua de mezclado}}{\text{relacion agua/cemento}}$$

$$\text{Contenido de cemento} = 199/0.5584$$

$$\text{Contenido de cemento} = 356.38\text{kg}$$

**d) Se determina la cantidad de agregado grueso**

Se determina la cantidad de agregado grueso, utilizando la tabla N°08

De tabla N°08; AG/C = 4/1

Agregado Grueso =  $4 \times 356.3$

Agregado Grueso = 1425.52 kg

**e) Se determina la cantidad de agregado fino**

Se determina la cantidad de agregado fino, utilizando la tabla N°09

De tabla N°09; AF/AG = 5%

Agregado Fino =  $5\% \times 1425.52$

Agregado Fino = 71.28 kg

*Resultados de las cantidades de la mezcla para un metro cúbico sin aditivo*

Cantidad de cemento = 356.38 kg

Cantidad de agregado grueso =1425.52 kg

Cantidad de agregado fino =71.28 kg

Cantidad de vacíos = 15%

Cantidad de agua =199 lts

Resultados de las cantidades de la mezcla para un metro cúbico corregidos por humedad sin aditivo

Cantidad de cemento =356.38 kg

Cantidad de agregado grueso = 1436.92 kg

Cantidad de agregado fino =72.73 kg

Cantidad de vacíos =15%

Cantidad de agua =205.25 lts

Resultados de las cantidades de la mezcla para un metro cúbico corregidos por humedad con aditivo

Cantidad de cemento =356.38 kg

Cantidad de agregado grueso =1436.92 kg

Cantidad de agregado fino =72.73 kg

Cantidad de vacíos = 15%

Cantidad de agua =205.25 lts

Cantidad de aditivo (0.9%) =3.21lts

Resultado de la cantidad de la mezcla para 3 probeta estándar

Volumen de la probeta estándar

Diámetro =0.15 m

Altura =0.3 m

Volumen =0.0053 m<sup>3</sup>

Cantidad de materiales de la mezcla para 3 probeta

Cantidad de cemento =5.67 kg

Cantidad de agregado grueso =22.84 kg

Cantidad de agregado fino =1. 16kg

Cantidad de vacíos =15%

Cantidad de agua =3.26 lts

Cantidad de aditivo (0.9%) = 0.05 lts

Cantidad de materiales de la mezcla para 30 probetas de dimensiones 10. cm de diámetro y alto de 20. cm

Volumen de la probeta

Diámetro =0.10 m

Altura =0.20 m

Volumen =0.00157 m<sup>3</sup>

Cantidad de cemento =16.78 kg

Cantidad de agregado grueso =67.68 kg

Cantidad de agregado fino =3.43 kg

Cantidad de vacíos =15%

Cantidad de agua= 9.67 lts

Cantidad de aditivo (0.9%) = 0.6 lts

Cantidad de materiales de mezclas para 30 probetas con 10% de desperdicio.

Cantidad de cemento = 18.458

Cantidad de agregado grueso = 74.45 kg

Cantidad de agregado fino = 3.78 kg

Cantidad de vacíos = 15%

Cantidad de agua = 10.64 lts

Cantidad de aditivo (0.9%) = 0.76 lts

**ANEXO N°02: DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DE CILINDROS DE TESTIGOS**

a) Testigos patrón

Falla a compresión a 7 días (testigos patrón)		
1	108	kg/cm <sup>2</sup>
2	112	kg/cm <sup>2</sup>
3	92	kg/cm <sup>2</sup>
4	99	kg/cm <sup>2</sup>
promedio	102.75	kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación	8.75 %	

Falla a compresión a 14 días (testigos patrón)		
1	144	kg/cm <sup>2</sup>
2	153	kg/cm <sup>2</sup>
3	155	kg/cm <sup>2</sup>
4	126	kg/cm <sup>2</sup>
promedio	144.5	kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación	9.15 %	

Falla a compresión a 28 días (testigos patrón)		
1	196	kg/cm <sup>2</sup>
2	177	kg/cm <sup>2</sup>
3	158	kg/cm <sup>2</sup>
4	164	kg/cm <sup>2</sup>
promedio	173.75	kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación	9.68 %	

b) Testigos con adición del aditivo Chema Megaplast

Falla a compresión a 7 días (Aditivo Chema)		
1	101	kg/cm <sup>2</sup>
2	99	kg/cm <sup>2</sup>
3	114	kg/cm <sup>2</sup>
4	123	kg/cm <sup>2</sup>
promedio	109.25	kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación	10.37 %	

Falla a compresión a 14 días (Aditivo Chema)		
1	140	kg/cm <sup>2</sup>
2	214	kg/cm <sup>2</sup>
3	134	kg/cm <sup>2</sup>
4	122	kg/cm <sup>2</sup>
promedio	152.5	kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación	27.33 %	

Falla a compresión a 28 días (Aditivo Chema)		
1	171	kg/cm <sup>2</sup>
2	159	kg/cm <sup>2</sup>
3	196	kg/cm <sup>2</sup>
4	163	kg/cm <sup>2</sup>
promedio	172.25	kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación	1.64 %	

## ANEXO N°03: FOTOGRAFÍAS

*Fotografía N° 1 Cantera el Milagro- Trujillo*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 2: Tamices para el análisis granulométrico*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 3 Muestra para el ensayo del peso específico del agregado grueso*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 4: colocando al horno la muestra por 24 horas*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 5: Muestra del agregado fino para el ensayo del peso específico*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 6 Peso del recipiente*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 7 colocando a horno el agregado fino*



Fuente: Elaboración propia, 2018

*Fotografía N° 8 peso unitario del agregado grueso*



## ANEXO N°04: HOJA TECNICA DEL ADITIVO CHEMA MEGAPLAST



Hoja Técnica

# CHEMA MEGAPLAST

Aditivo súper plastificante para concreto.

VERSION: 01  
FECHA: 22/10/2017

---

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<p>CHEMA MEGAPLAST es un súper plastificante para concreto y mortero, a base de polycarboxilatos. Su formulación genera un amplio efecto dispersante sobre el cemento. Ideal para concretos autocompactantes, shotcrete y altas reducciones de agua. No contiene cloruros.</p> <p>Cumple con la norma ASTM C494 tipo F.</p>
--------------------	---

---

<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alta capacidad dispersante.</li><li>- Permite optimizar del contenido de cemento</li><li>- Facilita la colocación de concreto en espacios de alto contenido de elementos de refuerzo.</li><li>- Permite obtener diseños de concreto con relación agua/cemento baja.</li><li>- Muy baja permeabilidad.</li><li>- Aumenta la durabilidad del concreto.</li><li>- Reduce la exudación y segregación.</li><li>- Mejora la cohesividad</li><li>- Mejora la adherencia del concreto sobre el acero.</li><li>- Mejora la superficie del concreto</li><li>- Reduce la carbonatación del concreto.</li></ul>
-----------------	---

---

<b>USOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elaboración de concreto autocompactante.</li><li>- Concreto fluido de altas resistencias a la compresión a edades tempranas.</li><li>- Concreto plastificado de mediano y alto rango.</li><li>- Concreto que requiere altas reducciones de agua.</li><li>- Concreto para estructuras prefabricadas.</li><li>- Concreto lanzado (shotcrete).</li></ul>
-------------	---

---

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Apariencia : Líquido.</li><li>- Color : Marrón a marrón claro.</li><li>- Densidad : 1.06 -1.08kg/L.</li><li>- pH : 6.0 – 7.0</li><li>- VOC : 0 g/L</li></ul>
-----------------------	--

---

<b>PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Adicionar CHEMA MEGAPLAST al agua de la mezcla o a la mezcla húmeda de requerirse. En ningún caso adicionar CHEMA MEGAPLAST sobre la mezcla seca.</li><li>2. Se deben preparar mezclas a nivel laboratorio para definir la dosis, de acuerdo al asentamiento/reducción de agua deseado. La dosis podría variar por influencia de las características de los componentes del concreto.</li><li>3. El concreto elaborado con CHEMA MEGAPLAST, puede ser manejado bajo proceso constructivo convencional.</li><li>4. Se debe vigilar el correcto proceso de curado a fin de asegurar el desarrollo de propiedades mecánicas en el tiempo.</li></ol>
--	---

**ATENCIÓN AL CLIENTE**  
(511) 338-8407

Página 1 de 2

## ANEXO 05: INFORME DE ENSAYOS A COMPRESIÓN



QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Mz. G Lt. 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo  
(044) 705879 / 951441959

### INFORME DE ENSAYO N° 1175-2018-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 14/12/2018

#### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE	ROJAS GARCIA HOLMER WILINTON / MARTELL CUSQUIPOMA JAIME ELMO
PROYECTO	TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN	TRUJILLO - TRUJILLO -LA LIBERTAD
ID MUESTRA	CONCRETO LIVIANO 210 KG/CM2

#### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

#### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210-01	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	8629	108	51%	2
CP210-02	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	9002	112	53%	1
CP210-03	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	7343	92	44%	2
CP210-04	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	7900	99	47%	2
Promedio								103	49%	

#### NOTAS

1. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
2. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-012-2018, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
3. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889



QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Mz. G.LI. 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo  
(044) 705879 / 951441959

## INFORME DE ENSAYO N° 1176-2018-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 14/12/2018

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE	ROJAS GARCIA HOLMER WILINTON / MARTELL CUSQUIPOMA JAIME ELMO
PROYECTO	TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN	TRUJILLO - TRUJILLO -LA LIBERTAD
ID MUESTRA	CONCRETO LIVIANO 210 KG/CM2 + ADITIVO CHEMAPLAST (0.9%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CHE(0.9)-01	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	8120	101	48%	4
210CHE(0.9)-02	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	7946	99	47%	2
210CHE(0.9)-03	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	9124	114	54%	1
210CHE(0.9)-04	210	07/12/2018	14/12/2018	7	10.1	80.12	9858	123	59%	1
Promedio								109	52%	

#### NOTAS

1. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
2. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-012-2018, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
3. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889



QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Mz. G Lt. 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo  
(044) 705879 / 951441959

## INFORME DE ENSAYO N° 1213-2018-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 21/12/2018

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE	ROJAS GARCIA HOLMER WILINTON / MARTELL CUSQUIPOMA JAIME ELMO
PROYECTO	TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN	TRUJILLO - TRUJILLO -LA LIBERTAD
ID MUESTRA	CONCRETO LIVIANO 210 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:

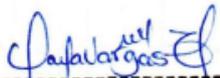
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210-05	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	11575	144	69%	3
CP210-06	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	12297	153	73%	1
CP210-07	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	12385	155	74%	2
CP210-08	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	10060	126	60%	2
Promedio								145	69%	

#### NOTAS

1. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
2. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCDI2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-012-2018, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
3. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889



QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Mz. G 11, 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo  
(044) 705879 / 951441959

## INFORME DE ENSAYO N° 1214-2018-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 21/12/2018

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE	ROJAS GARCIA HOLMER WILINTON / MARTELL CUSQUIPOMA JAIME ELMO
PROYECTO	TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN	TRUJILLO - TRUJILLO -LA LIBERTAD
ID MUESTRA	CONCRETO LIVIANO 210 KG/CM2 + ADITIVO CHEMAPLAST (0.9%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CHE(0.9)-05	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	11250	140	67%	2
210CHE(0.9)-06	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	17167	214	102%	1
210CHE(0.9)-07	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	10736	134	64%	1
210CHE(0.9)-08	210	07/12/2018	21/12/2018	14	10.1	80.12	9796	122	58%	3
Promedio								153	73%	

#### NOTAS

- La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-012-2018, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889



QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Mz. G.LL. 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo  
(044) 705879 / 951441959

## INFORME DE ENSAYO N° 0002-2019-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 04/01/2019

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE	ROJAS GARCIA HOLMER WILINTON / MARTELL CUSQUIPOMA JAIME ELMO
PROYECTO	TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN	TRUJILLO - TRUJILLO -LA LIBERTAD
ID MUESTRA	CONCRETO LIVIANO 210 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:

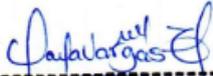
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210-09	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	15711	196	93%	1
CP210-10	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	14161	177	84%	1
CP210-11	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	12670	158	75%	2
CP210-12	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	13156	164	78%	1
Promedio								174	83%	

#### NOTAS

- La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-012-2018, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889



QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Mz. G.LI. 16 Dpto. 208 Urb. Vista Hermosa - Trujillo  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés - Trujillo  
(044) 705879 / 951441959

## INFORME DE ENSAYO N° 0003-2019-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 04/01/2019

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE	ROJAS GARCIA HOLMER WILINTON / MARTELL CUSQUIPOMA JAIME ELMO
PROYECTO	TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
UBICACIÓN	TRUJILLO - TRUJILLO -LA LIBERTAD
ID MUESTRA	CONCRETO LIVIANO 210 KG/CM2 + ADITIVO CHEMAPLAST (0.9%)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CHE(0.9)-09	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	13721	171	81%	1
210CHE(0.9)-10	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	12700	159	76%	3
210CHE(0.9)-11	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	15709	196	93%	1
210CHE(0.9)-12	210	07/12/2018	04/01/2019	28	10.1	80.12	13052	163	78%	4
Promedio								172	82%	

#### NOTAS

- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-012-2018, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889