

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO MODIFICADO CON
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA PAVIMENTOS
RIGIDOS EN JULIACA, 2016**

PRESENTADO POR:

BACH. MILTON PARISUAÑA YAGUNO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

JULIACA-PERU

2016



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ACTA DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En Juliaca, siendo las 13:30 Hrs. del 19 de noviembre del 2016, bajo la presidencia del catedrático:

Ing. GILMER SALAS MADERA

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**, bajo la modalidad de Sistema de Tesis (Resolución 3175-2003-R-UAP), en la que:

PARISUAÑA YAGUNO, MILTON

Sustento la Tesis titulada:

"COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON ADITIVO INCORPORADO DE AIRE PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN JULIACA, 2016"

Ante el Jurado integrado por los señores catedráticos:

Ing. GILMER SALAS MADERA	(Presidente)
Ing. EDWIN RENE PARI PARI	(Miembro/Secretario)
Ing. WILHEM ROGGER LIMACHI VIAMONTE	(Miembro)

Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

APROBADO POR UNANIMIDAD

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el Señor Presidente y los demás miembros del Jurado.

.....
Ing. EDWIN RENE PARI PARI
Miembro/Secretario

.....
Ing. WILHEM ROGGER LIMACHI VIAMONTE
Miembro

.....
Ing. GILMER SALAS MADERA
Presidente

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DEL INVESTIGACIÓN	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
CAPITULO II	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.2 SUSTENTO TEÓRICO	23
2.2.1 PAVIMENTOS	23
2.2.1.1 PAVIMENTOS RIGIDOS	23
2.2.1.2 CONCRETO	24
2.2.1.3 CARACTERISTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO	25
2.2.1.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO	26
2.2.1.5 RESISTENCIA A COMPRESIÓN	30
2.2.1.6 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO	32
2.2.2 MATERIALES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO	34
2.2.2.1 CEMENTO	34
2.2.2.2 TIPOS DE CEMENTO	35
2.2.2.3 AGREGADOS	36
2.2.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	36
2.2.2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS	37
2.2.2.6 PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS	38
2.2.2.7 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS AGREGADOS	40
2.2.2.8 NORMAS Y REQUISITOS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO	41
2.2.2.9 AGUA PARA EL CONCRETO	44

2.2.2.10	ADITIVOS.....	45
2.2.3	ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA EL CONCRETO	48
2.2.3.1	MECANISMOS DE ACCION DE INCOPORADOR DE AIRE	49
2.2.4	NORMATIVA DE ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE.....	54
2.2.4.1	ASPECTOS GENERALES	54
2.2.5	ENSAYOS DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO.....	56
2.2.5.1	ENSAYO DE CONSISTENCIA CON CONO DE ABRAMS	56
2.2.5.2	ELABORACIÓN PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO ..	57
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	61
CAPITULO III.....		65
3.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	65
3.1	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.1.1	HIPÓTESIS GENERAL.....	65
3.1.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	65
3.2	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.2.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	65
3.2.2	VARIABLE DEPENDIENTE	65
CAPITULO IV.....		67
4.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	67
4.1	TIPO y nivel DE la INVESTIGACIÓN	67
4.2	METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	67
4.2.1	POBLACIÓN Y MUESTRA	68
4.2.1.1	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	68
CAPITULO V.....		69
5.	PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	77
5.1	CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	77
5.1.1	PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	77
5.2	ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS	78
5.2.1	AGREGADOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO.....	78
5.2.2	ANALISIS GRANULOMETRICO.....	79
5.2.2.1	LIMITES DE ATTERBERG.....	83
5.2.2.2	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION AGREGADO GRUESO..	85
5.2.2.3	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO...	86
5.3	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	87
5.3.1	PROCEDIMIENTO.....	87
5.3.2	DESCRIPCIÓN DE LAS MEZCLAS	89
5.3.3	DISEÑO DE MEZCLAS	90
5.3.4	DOSIFICACION DE LAS MEZCLAS	91
5.3.4.1	PROPORCIONES QUE SE UTILIZARON	92

5.3.5	CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO.....	95
5.3.5.1	PROPORCIONES QUE SE UTILIZARON	95
5.3.6	ENSAYO EN LABORATORIO	100
5.3.6.1	ANALISIS DE RESULTADOS	100
CAPITULO VI.....		104
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
6.1	CONCLUSIONES.....	104
6.2	RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFIA.....		107
ANEXOS.....		109

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de módulos elásticos	41
Tabla 2 Requisitos granulométricos ASTM C-33 para agregado grueso.....	42
Tabla 3 Requisitos granulométricos para el agregado fino.....	42
Tabla 4 Contenido de aire recomendado para el concreto	52
Tabla 5 Requisitos exigidos para aditivos incorporadores de aire	55
Tabla 6 Ensayos de agregado grueso y fino	79
Tabla 7 Análisis granulométrico de piedra chancada de ¾”	80
Tabla 8 Análisis granulométrico de arena chancada de 3/8”	81
Tabla 9 Análisis granulométrico de arena natural.....	81
Tabla 10 Dosificación de agregados	82
Tabla 11 Gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	86
Tabla 12 Gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	87
Tabla 13 Cantidad de materiales a usarse por 1M3 de concreto	92
Tabla 14 Resumen del diseño de mezcla con relación A/C = 0.45.....	93
Tabla 15 Volumen de materiales y peso total a emplearse	94
Tabla 16 Porcentaje de aditivo Incorporador de aire que se ha empleado.....	94
Tabla 17 Resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión	101
Tabla 18 Cuadro comparativo de un concreto normal y un concreto con aditivo Incorporador de Aire.....	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección transversal de un pavimento rígido	24
Figura 2 Concreto en estado fresco	25
Figura 3 Ensayo de la Resistencia a la compresión del concreto.....	31
Figura 4 Composición típica del concreto.....	33
Figura 5 Presentación de una bolsa de cemento RUMI, contenida con 42.5 kg de peso.....	34
Figura 6 Identificación de agregados finos y gruesos.....	36
Figura 7 Ensayo de consistencia o Slump mediante el cono de Abrams	57
Figura 8 Elaboración de probetas cilíndricas de concreto	59
Figura 9 Planta de procesamiento de piedra chancada de Cabanillas	77
Figura 10 Recolección de agregado fino y grueso de la planta chancadora de Cabanillas.....	78
Figura 11 Proceso de análisis granulométrico por tamizado	80
Figura 12 Curva granulométrica de la mezcla de agregados	83
Figura 13 Recta de porcentaje de humedad con número de golpes límite líquido	84
Figura 14 Proceso de secado de muestra	85
Figura 15 Proceso de secado de muestra de arena natural	87
Figura 16 Preparación de los cilindros para el vaciado de concreto.....	96
Figura 17 Compactación de concreto con una varilla lisa de 5/8"	97
Figura 18 Consistencia del concreto mediante prueba de Slump.....	98
Figura 19 Curado de concreto en posas contenidos de agua	99

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los seres que me dieron la vida, a mi padre y a mi madre, que hicieron de mí un hombre de valores.

A mis todos mis hermanos, quienes me apoyaron moralmente en los momentos difíciles, para salir adelante en la vida. Gracias por la confianza y amistad que siempre me han brindado.

Agradezco a la Universidad Alas Peruanas por guiarme en esta nueva carrera.

Agradezco a los Docentes de la Universidad Alas Peruanas por su guía académica.

Agradezco a los jurados, que con sus sabios consejos e indicaciones hicieron posible la culminación de la presente tesis.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y acompañarme en cada uno de mis pasos.

A mis queridos padres Ceferino y Florentina quienes me enseñaron a luchar por alcanzar mis metas para seguir adelante, a mis hermanos y sobrinos, por sus palabras que siempre me llenaron de fortaleza, a ellos mi eterna gratitud.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis de investigación se tiene como objetivo principal determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire en un pavimento rígido.

La investigación es experimental de carácter práctico aplicativo que consiste en las siguientes fases: Revisión bibliográfica, ensayos de laboratorio, gabinete e informe de la investigación.

Se realizaron diseño de mezclas de concreto con modificados cuyos componentes son: Aditivo Incorporador de Aire, agregados grueso, agregado fino, cemento Portland tipo IP y agua. La relación agua/cemento es de $A/C = 0.45$, conservando un Slump constante para cada ensayo (3" a 4"). Como resultado del proceso de análisis se obtuvieron las funciones que nos muestran una variación de la resistencia del concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire.

La mezcla de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire tiene mejores características físico mecánicas, la técnica de elaboración es similar que una mezcla convencional y tiene mejores ventajas que la mezcla de concreto convencional en la ciudad de Juliaca.

ABSTRACT

In the present work of research thesis has as main objective to determine the behavior of the compressive strength of the modified concrete with Air Additive Additive in a rigid pavement.

The research is an experimental practical application consisting of the following phases: Bibliographic review, laboratory tests, cabinet and research report.

Design of concrete mixtures with modifications whose components are: Air Additive Additive, coarse aggregate, fine aggregate, Portland type IP cement and water. The water / cement ratio is $A / C = 0.45$, keeping a constant Slump for each test (3 "to 4"). As a result of the analysis process we obtained the functions that show us a variation of the resistance of the modified concrete with Air Intake Additive.

The modified concrete mix with Air Incorporating Additive has better physical and mechanical characteristics, the processing technique is similar to a conventional blend and has better advantages than the conventional concrete mix in the city of Juliaca.

INTRODUCCIÓN

Los pavimentos en la ciudad de Juliaca ocupan un lugar muy importante dentro de su infraestructura debido a que contribuyen al desarrollo de la ciudad, por ello es necesario darles el mantenimiento adecuado para alargar su vida útil, puesto que están pavimentando con pavimentos convencionales, es por ello se encuentra en un estado crítico, ya que se ven cada vez más exigidas debido al desarrollo de la ciudad y su aumento progresivo y acelerado del parque automotor.

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de ver el comportamiento de las características físico-mecánicas de los pavimentos modificados con aditivo incorporador de aire y se realizaron una comparación de resistencia con los pavimentos convencionales; se compararon sus características físicas por medio de ensayos de Laboratorio, como son la resistencia a compresión.

La importancia de la modificación de los pavimentos rígidos; Mejora las propiedades físico mecánicos del concreto modificado en la trabajabilidad, resistencia, impermeabilidad, durabilidad y otras propiedades ya sea en estado fresco y en estado endurecido.

Para el desarrollo de la presente tesis, se contó con una parte práctica llevada a cabo en laboratorio, para el control de calidad de agregados, y control de calidad del concreto modificado, dichos ensayos fueron llevados a cabo en la Provincia de San Román - Juliaca.

Para efectos de análisis de laboratorio y su respectivo control de calidad de agregados se ubicó la cantera Cabanillas, cuenca del Río Ramis-Samán.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DEL INVESTIGACIÓN

En las ciudades altiplánicas caso como Juliaca en los ciclos de temperaturas bajas pueden provocar severos deterioros en el concreto. El uso cada vez más difundido del concreto en ciudades con clima híbrido (cambios de temperatura), ha puesto en evidencia el hecho de que el cambio brusco de temperatura agravan las propiedades del concreto generando su posterior falla. En su mayoría de concretos expuestos a cambios de temperaturas, los pavimentos rígidos son más vulnerables debido a su exposición al medio ambiente.

En todas las obras de infraestructura, que se encuentran ubicadas a nivel del Lago Titicaca (3825 msnm) donde se viene empleando el concreto de cemento Portland Tipo IP, específicamente en la ciudad de Juliaca; se vienen presentando problemas de fisuras en la elaboración del concreto, debido básicamente a temperaturas bajas producido por las heladas, lo que comúnmente se le conoce como invierno altiplánico comprendidos entre los meses Abril a Agosto, inclusive con el uso de aditivos incorporadores de aire que por un mal empleo no se logra el objetivo de contrarrestar el efecto nocivo de las heladas en el concreto.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ante las situaciones mencionadas, además de apelar a nuevas tecnologías constructivas y del resto de los materiales, una solución evidente es modificar el concreto, tal es el caso del uso de aditivo

incorporador de aire, logrando de esta manera mejorar el comportamiento de los pavimentos con el consecuente beneficio al obtener periodos de diseño y de vida útil mayores que el de los pavimentos convencionales.

De lo expuesto líneas arriba se desprende nuestro trabajo de investigación “Comportamiento del Concreto Modificado con Aditivo Incorporador de Aire para Pavimentos Rígidos en Juliaca”.

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye el Aditivo Incorporador de Aire en el comportamiento de la resistencia del concreto modificado para pavimentos rígidos en Juliaca?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuál es la influencia del Aditivo Incorporador de Aire para el diseño de mezclas de concreto modificado para pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca?

¿Cuál es el comportamiento de la mezcla diseñada utilizando ensayos para evaluar la resistencia a compresión del concreto modificado en la ciudad de Juliaca?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento de la resistencia del concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire para pavimentos rígidos en Juliaca.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseño de mezclas de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire para pavimentos rígidos, en la ciudad de Juliaca.

Evaluar el comportamiento de la mezcla diseñada utilizando ensayos para determinar la resistencia de concreto modificado a compresión, en la ciudad de Juliaca.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Justificación de la presente investigación tiene como fundamento que mediante la elección de la mejor proporción de Aditivo Incorporador de Aire y el diseño de mezclas de concreto modificado, se podrá plantear un diseño de mezclas para la carpeta del pavimento modificado que tendrá una durabilidad, permeabilidad y superficie resistente a las cargas de tráfico y a la climatología en la ciudad de Juliaca.

Ante la necesidad creciente de contar con productos que tengan un mejor comportamiento bajo la acción del tránsito vehicular y de los distintos factores ambientales, se han desarrollado procesos y fórmulas que permiten la fabricación de pavimentos de mayor durabilidad, mediante la adición de aditivos. Lamentablemente las obras viales en su conjunto, el funcionamiento de las mismas y particularmente las capas de rodadura, presentan problemas recurrentes y críticas generalizadas de los usuarios por las dificultades que ocasiona el tráfico vehicular, desembocando en frecuentes reparaciones, daños prematuros de calzadas y el uso de altos presupuestos para el mantenimiento y conservación vial.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

a) Antecedentes internacionales

Hoy en día el concreto es uno de los más importantes materiales de construcción de nuestro tiempo y su tecnología está muy avanzada, por lo que es posible hacer construcciones de las cuales el 90 al 95% de ellas está construida de hormigón, y si a esto sumamos el aporte que significan los aditivos, podemos obtener, construcciones de importancia cumpliendo al máximo los requisitos exigidos para la época.

El hormigón se prepara uniendo un aglomerante inorgánico, materiales desmenuzados llamados áridos hasta formar un aglomerado artificial, los cuales se amasan con agua hasta formar una pasta que recibe el nombre de hormigón fresco o sin fraguar. El cemento que fragua con el agua, consolida y endurece la masa, adquiere así una consistencia pétreo conocida como hormigón endurecido.

A primera vista parece una cosa muy sencilla, pero el caso es muy distinto cuando el hormigón que hay que preparar debe poseer cualidades determinadas y garantías de seguridad, debido a que se ve expuesto a un sin número de factores que intervienen tanto en los materiales como en su elaboración.

Una propiedad particular del hormigón es que puede dársele cualquier forma; la mezcla húmeda se coloca en estado plástico en moldes, donde endurece. El hormigón adecuadamente proporcionado es un material duro y durable; es resistente bajo esfuerzos de compresión, pero

quebradizo y casi inútil para resistir esfuerzos de tensión (Monsalve, 2007).

La presente tesis pretende una investigación de las propiedades físicas de los paneles de hormigón liviano con agregado de origen volcánico tales como: el comportamiento mecánico del elemento, aislamiento térmico, resistencia al fuego, resistencia acústica aceptable y durabilidad. Mediante el uso de herramientas teóricas y experimentales. Los hormigones livianos vienen siendo usados desde hace muchísimo tiempo, conjuntamente con el hormigón convencional cuando inicia el “boom” de las construcciones con concreto en todo el mundo, pero a partir de la segunda mitad del siglo XX tienen su mayor utilización y desarrollo. Cabe destacar que a lo largo del continente americano hasta en el mismo EE.UU., los hormigones livianos han tenido poca utilización, a diferencia de Europa especialmente y Asia, donde su uso es bastante importante en la mayoría de construcciones.

Existe una innumerable gama de hormigones livianos, que por lo general, se diferencian entre sí solamente por los materiales utilizados en su elaboración, teniendo solamente en común la utilización de cemento y agua.

Para cualquier agregado liviano, la investigación de sus características físicas, la adición de aditivos químicos dosificación en el laboratorio, la metodología para efectuar la mezcla y el tipo de curado, es primordial. Además se debe tener suficientes y apropiados resultados de las cualidades del hormigón resultante, es importante considerar

que también va a influir los diferentes procesos que intervinieron en la fabricación del agregado y la temperatura a la que se le sometió esto es en el caso exclusivo para los agregados livianos artificiales.

Los aditivos inclusores de aire (incorporadores de aire) se usan para introducir y estabilizar, de propósito, burbujas microscópicas de aire distribuidas uniformemente por toda la mezcla en el concreto. La eficiencia de un aditivo depende de los factores como: tipo, marca y cantidad del material cementante; contenido de agua; forma, granulometría, y proporción de los agregados; tiempo de mezclado y temperatura del concreto.

El aire incorporado mejora la trabajabilidad del concreto fresco y se reducen o eliminan tanto la segregación como el sangrado (exudación). La razón principal de este aditivo inclusor de aire es la reducción del costo de la construcción de hormigón liviano. Buena calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y acabado (Iza, 2010).

En el presente estudio se prepararon una serie de cerámicos avanzados base cemento Portland, partiendo de polvos precursores comerciales de cemento y otros agregados minerales, con mayor valor adquisitivo que la simple mezcla del polvo precursor. Manipulando la reología de las partículas de los agregados finos seleccionados y mediante la utilización técnica de molienda de alta energía y la adición de súperplastificantes órgano-químicos a la mezcla resultante se ha logrado la conversión de un cemento Portland compuesto CPC en otro cemento compuesto del alto desempeño del tipo reactivo (cemento de polvo reactivo CPR), dotado de

una resistencia mecánica de por lo menos 3 veces mayor; es decir 100 MPa, a la resistencia típica mostrada por los cementos/concretos convencionales de Portland ordinario (CPO) y/o compuesto (CPC) con resistencias de moderada-baja.

El resultado se divide en varias partes. En la primera, se trabajó en la optimización de los parámetros de molienda en seco para el cemento comercial y se seleccionaron varios tipos de arenas (base SiO₂) para establecer una adecuada distribución del tamaño de partícula DTP. En una segunda parte se trabajó en la selección del tipo de aditivos químicos comerciales que pudieran permitir la manipulación de la reología del tipo de las pastas o mezclas de cemento y con ello preparar cubos de prueba a la compresión a los 1, 7 y 28 días de fraguado en cámara de curado convencional (25°). En una tercera parte se trabajó con el estudio del comportamiento reológico de la pasta, es decir, en el análisis del efecto de los aditivos, tales como su fluidez y/o revenimiento (viscosidad de la pasta), manteniendo relaciones agua/cemento de 0.4 y 0.5, dado que el proceso de fraguado del cemento o concreto es un evento exotérmico y en virtud de que se conoce que la magnitud del calor liberado durante su hidratación es función de la reactividad del mismo, en otra etapa del trabajo se realizaron estudios calorimétricos de modo isotérmico (25°), mediante los cuales se monitoreo el calor liberado de las pastas con diferente composición, porcentaje y tipo de aditivo al momento de añadir agua. La optimización de la marcha experimental en la síntesis del tipo de cemento de polvo reactivo CPR obtenido es uno de los principales productos del presente estudio (Mondragon, 2013).

b) Antecedentes nacionales

El objetivo principal de esta tesis es analizar y evaluar el comportamiento del concreto con el uso del aditivo EUCO WR 51, el cual es un aditivo plastificante- reductor de agua y retardante de fragua. Se ha estudiado solamente en su propiedad de plastificar y retardar la fragua de la mezcla. Primero se hizo una breve introducción teórica acerca de la naturaleza y composición del concreto así como de la participación de los aditivos y adiciones en el mismo.

La metodología empleada fue la de tomar muestras de concreto con y sin aditivo en forma inmediata, así como después de varias horas de haberse realizado el concreto. Obteniendo así medidas de asentamiento y resistencia a compresión, que nos daban información acerca del comportamiento del concreto con respecto al tiempo.

Analizando los resultados, concluimos que el uso del aditivo EUCO WR51 es fundamental para los despachos de concreto en mixer pues mejora la trabajabilidad y la resistencia a la compresión. También se expone una serie de recomendaciones para la Planta de Cementos Pacasmayo-Piura y para el público en general acerca del uso del aditivo y de los componentes principales del concreto (Gonzalo A., 2002).

En la presente investigación se desarrolló la evaluación del concreto modificado con poliestireno y aditivo incorporador de aire para pavimentos rígidos sometidos a clima híbrido en la ciudad de Puno.

En la presente investigación se realizó la elección de la cantera (cutimbo) de la cual se extrajo el material para someterlo a los ensayos.

Luego se realizó un diseño de mezclas para una resistencia de 210 kg/cm², para el concreto normal, concreto con polímero y concreto con aditivo incorporador de aire.

Se procedió a realizar el vaciado de los testigos de concreto para su posterior evaluación al comportamiento de la resistencia a la compresión y la resistencia al congelamiento y deshielo.

También se realizó un control de temperatura durante y después del vaciado de los testigos de concreto.

Luego se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos en el análisis de temperatura, comportamiento de la resistencia a la compresión y la resistencia al congelamiento y deshielo.

Posteriormente se diseñó los espesores del pavimento con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de los testigos de concreto mediante los métodos de diseño PCA y AASHTO.

Esta investigación se ha realizado con el motivo de aportar el uso de nuevos materiales de construcción en pavimentos, determinando características importantes que favorecen el buen comportamiento del concreto al clima característico de la ciudad de Puno (Chipana J. C. y Capa Y. J., 2012).

En la presente tesis de investigación se tiene como objetivo principal determinar la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días, logrando expresar mediante una ecuación el comportamiento del concreto en su etapa de fraguado.

Para llegar a cumplir con este objetivo, se tomó como material de esta investigación las probetas cilíndricas, cuyas dimensiones son de 15 cm. x 30 cm. Se llevó a cabo la mezcla de los concreto utilizando 3 tipos de cementos comercializados en el medio (cementos Pacasmayo): Cemento portland Tipo Ico, Cemento portland Tipo V y Cemento portland Tipo Ms.

Se efectuó tres (3) muestras de probetas o testigos de concreto a diferentes relaciones de agua- cemento en las cuales se ensayaron a las edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días.

Como resultado del proceso de análisis se obtuvieron las funciones que nos muestran una variación de la resistencia del concreto de acuerdo a cada tipo de cemento ensayado, encontrando así para el cemento portland tipo ICo tres ecuaciones; para el cemento portland tipo MS se encontraron una ecuación; para el cemento portland tipo V se encontraron tres ecuaciones, todas estas ecuaciones en función de:

$$R_{28} = R/(aT^b \pm c)$$

DONDE:

R : Resistencia obtenida a los T días de edad

T : Edad en días del concreto

R₂₈ : Resistencia obtenida a los 28 días de edad

Se llevó diferentes diseños de mezcla de concreto para cada tipo de cemento portland, ya que cada uno presenta diferentes condiciones químicas y físicas, pero manteniendo la misma relación de agua- cemento

y conservando un Slump constante para cada tipo de concreto (Slump: 3” – 4”) (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.2 SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1 PAVIMENTOS

2.2.1.1 PAVIMENTOS RIGIDOS

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas (Vivar G., 1995)

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasa juntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables (Ordoñez y Gonzales, 2005).

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Es te punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculos de pavimentos rígidos, sistemas que

combinan el espesor y la resistencia de hormigón de las losas, para una carga y suelos dados (Miranda R., 2010).

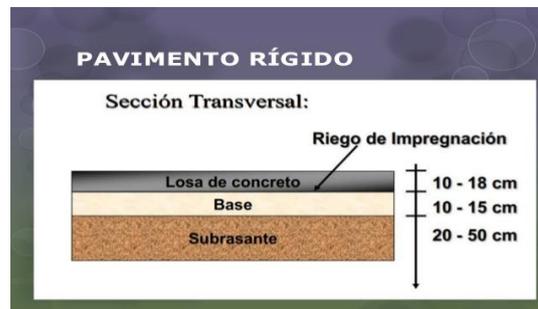


Figura 1. Sección transversal de un pavimento rígido

2.2.1.2 CONCRETO

El concreto es un material durable y resistente pero, dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción tan popular (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire (Salazar., 2009)

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido (Neville., 1999).



Figura 2. Concreto en estado fresco

2.2.1.3 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las solicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de concreto.

Los aditivos permiten obtener hormigones de alta resistencia; la inclusión de monómeros y adiciones para concreto aportan múltiples mejoras en las propiedades del concreto (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

Cuando se proyecta un elemento de concreto armado se establecen las dimensiones, el tipo de concreto, la cantidad, calidad, aditivos, adiciones y disposición del acero que hay que aportar en función los esfuerzos que deberá resistir cada elemento. Un diseño racional, la adecuada dosificación, mezcla, colocación, consolidación, acabado y curado, hacen del concreto un material idóneo para ser utilizado en construcción, por ser resistente, durable, incombustible, casi impermeable, y requerir escaso mantenimiento. Como puede ser moldeado fácilmente en amplia variedad de formas y adquirir variadas texturas y colores, se utiliza en multitud de aplicaciones (Iza D. I., 2010).

2.2.1.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO

Son muchas las características del concreto que conciernen; pero algunas de ellas se hacen en determinadas circunstancias. Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes (Merritt *et al.*, 2001).

a) Trabajabilidad

Es la facilidad con que se puede mezclar los ingredientes en la mezcla y, además la capacidad de colocarse, manejarse, transportarse y acabado del concreto recién mezclado. Se mide la consistencia o fluidez con la obtención del revenimiento (Merritt *et al.*, 2001).

b) Peso unitario

El concreto convencional en pavimentos y otras estructuras tiene un peso unitario en el rango de 2,240 kg/m³ a 2,400 kg/m³ (NMX-C-403-ONNCCE-1999). El peso unitario del concreto varia, de acuerdo a la cantidad y densidad relativa o masa especifica del agregado (Merritt *et al.*, 2001).

c) Plasticidad

El concreto debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado en estado fresco. El concreto de consistencia plástica no se desmorona, sino que fluye como liquido viscoso sin segregarse. Se necesita una mezcla plástica para tener resistencia y para mantener su homogeneidad durante el manejo y la colocación (Kosmatka y Panarece, 1992).

d) Hidratación

La hidratación es la reacción química entre el cemento y el agua produciendo la ligazón de la pasta de cemento (Kosmatka y Panarece, 1992).

e) Contracción

Uno de los problemas que más afecta al correcto desempeño de pavimentos es el fenómeno de la contracción por secado, no es más que la retracción del concreto a corto y mediano plazo debido a la combinación de las contracciones por pérdida de la humedad interna, por cambio del estado del agua de la mezcla al interactuar químicamente con el cemento, así como la interacción del agua con el dióxido de carbono (CO₂) medioambiental. Esta combinación de contracciones, induce alteraciones volumétricas en el elemento del concreto que, dada las restricciones del terreno de apoyo y de posibles niveles de armado de refuerzo, podrían repercutir en el desarrollo de grietas en la losa de concreto (Vidaud., 2011).

f) Resistencia al desgaste

Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas están sujetos al desgaste; por lo que el concreto debe tener una resistencia elevada a la abrasión. La resistencia a la abrasión o desgaste está estrechamente vinculada con la resistencia a la compresión del concreto. Un concreto de alta resistencia a compresión tiene mayor resistencia a la abrasión que un concreto de resistencia baja. Una relación agua/cemento baja, y un curado adecuado son necesarios para una buena resistencia al desgaste. El tipo de agregado y el acabado de la superficie o el tratamiento utilizado tiene

fuerte influencia en la resistencia al desgaste. Un agregado duro es más resistente a la abrasión que un agregado blando (Metha y Monteiro., 1998).

g) Resistencia a congelación y deshielo

Señalan que el concreto utilizado en pavimentos, se espera que tenga una vida larga y un mantenimiento bajo. Debe tener buena durabilidad para resistir condiciones de exposición anticipadas. El factor del intemperismo más destructivo es la congelación y el deshielo. El deterioro es provocado por el congelamiento del agua en la pasta, en las partículas del agregado o en ambos (Metha y Monteiro., 1998).

h) Permeabilidad y hermeticidad

La permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias. La hermeticidad se define como la capacidad del concreto de retener el agua sin escapes visibles. Generalmente las mismas propiedades que convierten al concreto menos permeable también lo vuelven más hermético. La permeabilidad del concreto al agua es una función de la pasta de cemento y la granulometría del agregado. La permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque recubre a todos los componentes del concreto y depende de la relación

agua/cemento y del agregado. Las relaciones de agua/cemento bajas también reducen la segregación y el sangrado, contribuyendo adicionalmente a hermeticidad. Para ser hermético, el concreto también debe estar libre de agrietamientos y cavidades (Metha y Monteiro., 1998).

i) Estabilidad volumétrica

El concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen debido a variaciones en la temperatura, en la humedad y en los esfuerzos aplicados (Metha y Monteiro., 1998).

j) Resistencia

La resistencia es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general, se determina por la resistencia final de un cilindro en compresión; pero, en ocasiones por la capacidad de flexión o tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad (Merritt *et al.*, 2001).

2.2.1.5 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Según la Comisión Federal de Electricidad, (1994); La resistencia mecánica del concreto se identifica con su resistencia a compresión, porque representa la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos. Existe la ventaja de que la resistencia a

compresión es la característica más fácil y confiablemente determinada en el concreto endurecido, aunque no es una propiedad tan precisamente definida debido a un cierto número de factores y condiciones que intervienen es su determinación.

La resistencia a compresión del concreto se efectúa mediante al ensayo de especímenes representativos, con tres finalidades principalmente:

Comprobar si al diseñar una mezcla son adecuadas para cumplir resistencia del proyecto.

Controlar uniformidad de las resistencias y ajustarlas al nivel requerido.

Verificar la resistencia del concreto en la estructura.

Los dos primeros casos, los especímenes se elaboran tomando muestras del concreto en estado fresco, el último caso los especímenes se obtienen ya del concreto endurecido en la estructura.



Figura 3. Ensayo de la Resistencia a la compresión del concreto

2.2.1.6 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

La pasta: La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo mucho más intensa la reacción en los primeros días posteriores a la fabricación del concreto, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo. Normalmente, dentro del concreto, una parte del cemento no alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado (Huerta., 2005).

El gel: Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

El gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas en su mayoría escamosas o fibrosas el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfos.

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y elasticidad, donde intervienen dos

clases de adherencia cohesivas; Atracción física y adherencia química (Garnica *et al.*, 2002).

Porosidad de la pasta: Existen vacíos denominados poros los cuales no contienen materia sólida aunque bajo determinadas circunstancias algunos podrían estar totalmente llenos de agua. Se pueden clasificar en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio o ubicación, los poros pueden ser:

- Poros por aire atrapado
- Poros por aire incorporado
- Poros capilares
- Poros Gel.



Figura 4. Composición típica del concreto

En su composición el gel comprende: La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel (Olivera., 2004).

2.2.2 MATERIALES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO

2.2.2.1 CEMENTO

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto (en España, parte de Suramérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Suramérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil (Cemex Concretos., 2002).



Figura 5. Presentación de una bolsa de cemento RUMI, contenida con 42.5 kg de peso.

2.2.2.2 TIPOS DE CEMENTO

a) Cementos Pórtland sin adición

Constituidos por Clinker pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las normas técnicas:

Tipo I : Para usos que no requieren propiedades especiales de ningún 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.

b) Cementos Pórtland adicionados

Contienen además de Clinker portland y yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que se constituyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejem. Puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfatos de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según normas técnicas: Cementos pórtland Puzolánicos (NTP 334.044) (Monsalvaje R., 2007).

2.2.2.3 AGREGADOS

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).



Figura 6. Identificación de agregados finos y gruesos.

2.2.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Tamaño máximo: Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

Tamaño nominal máximo: Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido

Módulo de fineza: Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos (1\frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

2.2.2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

a) Por su naturaleza:

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y concreto (agregado global).

El agregado fino: se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

El concreto, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

b) Por su densidad:

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

c) Por el origen, forma y textura superficial

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades.

En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.

Sub angular: Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.

Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.

Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.

Muy Redondeada: Sin caras ni bordes.

d) Por el tamaño del agregado:

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

Agregados finos (arenas) y

Agregados gruesos (piedras) (Sánchez F. L. y

Tapia R. D., 2015).

2.2.2.6 PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

a) Densidad: Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente

importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

b) Porosidad: La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

c) Peso unitario: Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

d) Porcentaje de vacíos: Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las

partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario

e) Contenido de humedad: Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.2.2.7 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS AGREGADOS

a) Resistencia: La resistencia de los agregados dependen de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles

b) Tenacidad: Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

c) Dureza: Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

d) Módulo de elasticidad: Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones. El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

Tabla 1. Valores de módulos elásticos

Tabla: Valores de módulos elásticos

Tipo de agregado	Módulo Elástico
GRANITOS	610000 kg/cm ²
ARENISCAS	310000 kg/cm ²
CALIZAS	280000 kg/cm ²
DIABASAS	860000 kg/cm ²
GABRO	860000 kg/cm ²

Fuente: NTP 400.017.

2.2.2.8 NORMAS Y REQUISITOS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

a) Granulometría:

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Tabla 2. Requisitos granulométricos ASTM C-33 para agregado grueso

TABLA 2. REQUISITOS GRANULOMETRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO														
TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	N° 4 (4.75 mm)	N°8 (2.36 mm)	N°16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
2	2 1/2" a 1 1/2"	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
3	2" a 1"	-----	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
357	2" a Malla # 4	-----	-----	-----	100	95 a 100	35 a 70	-----	10 a 30	-----	0 a 5	-----	-----	-----
4	1 1/2" a 3/4"	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----
467	1 1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----	-----
5	1" a 1/2"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----
56	1" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----
57	1" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----
6	3/4" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-----
67	3/4" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	-----	20 a 55	0 a 10	0 a 5
7	1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
8	3/8" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C-33

14

Tabla 3. Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tabla: Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (N°4)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 1000
2.38 mm (N°8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (N° 16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (N° 30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (N° 50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm (N° 100)	0 – 12	2 – 10	0 – 12*	0 – 12*

Fuente: ASTM C-33.

Nota: Se permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida.

Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada

en la composición total del agregado. Los agregados con falta de esos tamaños tienen una mayor cantidad de espacios vacíos entre sus partículas y puestos en el concreto requerirán más cantidad de pasta (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

b) Desgaste por abrasión

El índice de desgaste de un árido está relacionado con su resistencia a la abrasión por medios mecánicos y también con la capacidad resistente de los concretos con él fabricados; cobra particular importancia en áridos empleados en concretos de pavimentos.

La norma Nch 1369.0f 78 establece el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de las gravas de densidad real normal.

El método consiste en analizar granulométricamente un árido grueso, preparar una muestra de ensayo que se somete a abrasión en la máquina de Los Angeles y expresar la pérdida de material o desgaste como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra con respecto a su masa inicial.

Procedimiento

Se determina la granulometría original de la muestra mediante tamizado y empleando la siguiente serie de tamices, en mm 80- 63- 50- 40- 25- 20 -12,5 -10-6,3-5-2,5.

El material se deja separado en las fracciones correspondientes.

Se elige el grado de ensayo más aproximadamente coincidente con la granulometría original de la muestra, lo que significa ensayar la mayor proporción posible del árido original. Para ello se considera la granulometría, expresada en porcentajes parciales retenidos en los tamices; se calcula la sumatoria de porcentajes parciales retenidos para cada grado del 1 al 7; y se elige el grado correspondiente a la mayor sumatoria.

En caso que se trate de prospecciones de yacimientos o rocas y áridos sin selección ni tratamiento, se procesará la muestra a fin de componer la banda granulométrica adecuada al uso propuesto y elegir el grado de ensayo correspondiente a dicha banda granulométrica (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.2.2.9 AGUA PARA EL CONCRETO

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este

material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

- a) La formación de gel
- b) En estado fresco, faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
- c) En estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas

Relación agua –cemento (a/c) en el concreto

Es la relación de peso del agua con el cemento; tiene una influencia importante en la calidad del concreto producido. Una proporción menor de agua-cemento conduce a una mayor resistencia y durabilidad, pero puede hacer la mezcla más difícil de colocar, pero estas dificultades se pueden resolver mediante el uso de plastificante .

Pero entre más alta esta relación, el concreto se vuelve más trabajable, la relación agua- cemento es independiente del contenido de cemento total (y el contenido total de agua) de una mezcla de concreto (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.2.2.10 ADITIVOS

Los aditivos para el concreto (concreto) son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

Se pueden distinguir dos grupos principales de aditivos:

Modificadores de la geología, que cambian el comportamiento en estado fresco, tal como la consistencia, docilidad, etc.

Modificadores del fraguado, que adelantan o retrasan el fraguado o sus condiciones.

Los componentes básicos del Concreto son cemento, agua y áridos; otros componentes minoritarios que se pueden incorporar son: adiciones, aditivos, fibras, cargas y pigmentos. Existen aditivos que incrementan la fluidez del concreto haciéndolo más manejable, los aditivos que aceleran el fraguado son especialmente diseñados para obras o construcciones donde las condiciones climáticas evitan un curado rápido.

Los aditivos retardantes son usados en lugares donde el concreto fragua rápidamente, especialmente en regiones con clima cálido o en situaciones donde el concreto debe ser transportado a grandes distancias; esto con la intención de manipular la mezcla por mayor tiempo.

De acuerdo con su función principal se clasifica a los aditivos para el concreto de la siguiente manera:

- a) **Aditivo reductor de agua/plastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de un determinado concreto, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta el asiento (cono de

abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

b) Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo

superplastificante: Aditivo que, sin modificar la consistencia del concreto, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asiento (cono de abrams)/ escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

c) Aditivo reductor de agua: Aditivo que reduce la pérdida de agua, disminuyendo la exudación.

d) Aditivo inclusor de aire: Aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad determinada de burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanecen después del endurecimiento.

e) Aditivo acelerador de fraguado: Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.

f) Aditivo acelerador del endurecimiento: Aditivo que aumenta la velocidad de desarrollo de resistencia iniciales del concreto, con o sin modificación del tiempo de fraguado.

g) Aditivo retardador de fraguado: Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido.

h) Aditivo hidrófugo de masa: Aditivo que reduce la absorción capilar del concreto endurecido.

- i) **Aditivo multifuncional:** Aditivo que afecta a diversas propiedades del concreto fresco y/o endurecido actuando sobre más de una de las funciones principales definidas en los aditivos mencionados anteriormente (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.2.3 ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA EL CONCRETO

El concreto además de sus componentes sólidos, contiene un porcentaje de vacíos, de formas y dimensiones variadas, provenientes del aire atrapado y de la fracción del agua de amasado que se evapora. Al utilizar un incorporador de aire se producen microburbujas esféricas cuyos diámetros oscilan entre 25 y 250 μ con una distancia entre ellos de 100 a 200 μ .

La cantidad de burbujas se ha estimado en 100.000 a 400.000 por cm^3 de hormigón, representando una superficie específica aproximada a los $23.6\text{mm}^2/\text{mm}^3$.

Para otorgar resistencia a las heladas interesa particularmente que las burbujas sean pequeñas. Según norma ASTM C- 457 la pasta de cemento está protegida contra los efectos de los ciclos de hielo-deshielo, si el factor de distancia es menor a 0,20 mm.

En 1938 se comienzan a emplear aditivos incorporadores de aire en la construcción de carreteras, en 1939 se fabrica un Cemento con resina Vinsol como agente incorporador de aire y en 1948 se comienza a aplicar el aditivo incorporador de aire en Europa.

En hormigones convencionales, sin la utilización de aditivos tensoactivos, prácticamente no puede contener burbujas inferiores

a 0,1 o 0,2 mm, ya que por su tamaño se ven expuestas a una mayor presión por lo que tienden a disolverse en el agua. Sin embargo, con aditivo tensoactivo, aún cuando la cantidad de agua sea similar, sus características serán muy distintas desde el punto de vista reológico y de su resistencia al hielo.

2.2.3.1 MECANISMOS DE ACCION DE INCOPORADOR DE AIRE

Los incorporadores de aire son productos de naturaleza aniónica que, al introducirse en una pasta de cemento, quedan absorbido sobre la superficie de las partículas de cemento formando una delgada capa de filamentos de naturaleza hidrófoba. Además otra parte del aditivo se disuelve en la fase líquida en la etapa de amasado del hormigón, es aquí donde se producen burbujas de aire, las que quedan distribuidas en dicha fase sin unirse entre ellas, ya que los filamentos se orientan hacia el interior de las burbujas, con su fase polar en la superficie. Gracias a esto se pueden adherir separadamente a los granos de cemento. La cantidad y características del aire incorporado dependen de numerosos factores, entre los cuales podemos mencionar:

Tipo y cantidad del aditivo: intervienen tanto sobre la cantidad como sobre el tamaño, distribución y estabilidad de las burbujas de aire incorporado.

Tipo y dosis de cemento: mientras más fino y mayor sea la dosis de cemento menor será la cantidad de aire incorporado.

Docilidad del Hormigón: mientras mayor sea el cono, tanto la cantidad de aire y el tamaño de las burbujas aumentará.

Características del hormigón: estas características inciden en la cantidad de aire incorporado, son principalmente la proporción de mortero en el hormigón, tamaño máximo del árido grueso y contenidos de los granos finos entre 0,2 y 0,8 mm.

Condiciones de fabricación y puesta en obra: tiempo de amasado (un tiempo muy extenso hace que la cantidad de aire que hay en las burbujas, especialmente las de mayor diámetro salgan a la superficie y se rompan, con lo que disminuirá la cantidad de aire atrapado en el hormigón), condiciones de transporte (perderá aire según sea el traslado que sufra) y condiciones de compactación (no debe someterse a una excesiva compactación ya que esto hará que se pierda el aire incorporado, y más aún si se está trabajando con un cono alto).

Efecto provocado por el aditivo Incorporador de Aire.

Esta incorporación de aire en el hormigón produce diversos efectos sobre éste, tanto mientras se mantiene en estado plástico como cuando ya ha endurecido.

El efecto principal buscado con el uso de los incorporadores de aire es el aumento de la resistencia del hormigón frente a los ciclos alternados de hielo – deshielo, que pueden producirse en los periodos en que las temperaturas ambiente descienden bajo 0° C, caso en el cual su empleo debe considerarse imprescindible.

Sin embargo, hacen también efecto sobre otras propiedades del hormigón, entre las cuales pueden mencionarse las siguientes:

Efecto frente a los ciclos alternados de hielo – deshielo: Cuando existen bajas temperaturas ambiente, que conducen a procesos de hielo y deshielo alternativos, las burbujas de aire incorporado en el hormigón actúan como cámaras de expansión frente al aumento de volumen que experimenta el agua al transformarse en hielo. Ello permite reducir las presiones hidráulicas y, con ello, las tensiones internas que se originan por este motivo, impidiendo así el deterioro progresivo que se produciría en un hormigón que no contenga aire incorporado. La experiencia práctica acumulada indica que, para asegurar la protección de hormigones expuestos a ciclos de hielo – deshielo, deberá incorporarse del orden de 3 a 6% de aire según el tamaño máximo del árido.

Tabla 4. Contenido de aire recomendado para el concreto

Tamaño Máximo Nominal del árido (mm)	Contenido de Aire (%)
10	6.0
12	5.5
20	5.0
25	4.5
40	4.5
50	4.0

Fuente: Manual de aditivos, Adición y Protecciones del Hormigón.

Las cifras indicadas tienen una tolerancia de ± 1.5 puntos porcentuales y para los hormigones de grados superiores a H-35, el contenido de aire se puede reducir en un punto porcentual.

Debe señalarse que, para que este proceso destructivo se produzca, es necesario que el hormigón esté saturado de agua, al menos hasta una cierta profundidad. No basta, en consecuencia, la existencia de las bajas temperaturas, sino que éstas deben ir unidas a la existencia de humedad en el hormigón, derivada ya sea del ambiente o del terreno adyacente.

Lo anterior implica también que, al mismo tiempo, para que se induzca el mecanismo protector descrito, las burbujas de aire no deben estar saturadas de humedad, lo cual se logra al emplear compuestos aniónicos que actúan de acuerdo al mecanismo descrito, produciendo los filamentos hidrófobos señalados. En consecuencia, de lo anterior se desprende

que no cualquier producto que produzca aire atrapado en el hormigón, por ejemplo los utilizados para producir hormigones livianos, tendrá la misma acción que un incorporador de aire.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la eficacia de un aditivo incorporador de aire depende tanto de la cantidad total de aire incorporado, como del tamaño y distancia entre burbujas, siendo más efectivo mientras más pequeñas sean y próximas se encuentren.

Efecto sobre la trabajabilidad del hormigón: Las burbujas de aire formadas en el hormigón fresco actúan al mismo tiempo como un fluido, aumentando su docilidad, ya que, por su tamaño, equivalen a partículas de tamaño inferior a 2 mm, con la ventaja de tener un mejor coeficiente de forma, de ser elásticas y deformables, lo que les permite deslizarse sin rozamiento, aumentando la cohesión, con lo cual se reduce la tendencia a la segregación y la exudación, lo que facilita su puesta en obra.

Por otra parte, al disminuirse la exudación se evita la acumulación de agua bajo las barras de acero y los áridos gruesos, mejorando su adherencia, así como también se debe considerar que la incorporación de aire produce disminuciones en las resistencias mecánicas del orden de 3 a 5% por cada 1% de aire incorporado. Esta pérdida de

resistencia se compensa en parte al bajar la razón agua-cemento.

Efecto sobre la impermeabilidad: En el hormigón endurecido, las microburbujas producidas por el aditivo incorporador de aire se interponen en la red de canalículos interna que existe en todo hormigón, lo cual permite limitar la ascensión de agua por capilaridad. El hormigón resultante es, en consecuencia, más impermeable e, indirectamente, por ello más resistente a la acción de agentes agresivos (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.2.4 NORMATIVA REGULADORA DE ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE

2.2.4.1 ASPECTOS GENERALES

Los requisitos exigidos en el código de buenas prácticas por el centro tecnológico del hormigón son los siguientes:

Tabla 5. Requisitos exigidos para aditivos incorporadores de aire

ENSAYO	Requisitos físicos (valores referidos al hormigón patrón)						
Tiempo de fraguado inicial, diferencia Máxima.	1 hora						
Resistencia a compresión y flexotracción a cualquier edad, mínima	<table border="0"> <tr> <td>5 % aire</td> <td>70%</td> </tr> <tr> <td>4% aire</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>3% aire</td> <td>80%</td> </tr> </table>	5 % aire	70%	4% aire	75%	3% aire	80%
5 % aire	70%						
4% aire	75%						
3% aire	80%						
Densidad saturada a los 28 días, disminución mínima.	<table border="0"> <tr> <td>5 % aire</td> <td>50 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>4% aire</td> <td>25 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>3% aire</td> <td>15 kg/m³</td> </tr> </table>	5 % aire	50 kg/m ³	4% aire	25 kg/m ³	3% aire	15 kg/m ³
5 % aire	50 kg/m ³						
4% aire	25 kg/m ³						
3% aire	15 kg/m ³						
ENSAYO	Requisitos físicos (valores referidos a probetas con aditivo)						
Densidad saturada a 3 días, diferencia entre probeta, máximo	20kg/m ³						
Contenido de aire, diferencia entre 2 amasadas consecutivas, máximo.	1%						
Durabilidad 50 ciclos hielo/deshielo, con aire, expansión máxima.	0,05%						

Fuente: Manual de aditivos.

2.2.5 ENSAYOS DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO

2.2.5.1 ENSAYO DE CONSISTENCIA O SLUMP CON CONO DE ABRAMS

El denominado ensayo de asentamiento o slump, llamado también de revenimiento o “slump test”, se encuentra ampliamente difundido y su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

El ensayo consistió en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento del concreto luego de desmoldarlo. El comportamiento del concreto en la prueba, indica su consistencia o sea la capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla.

En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores: se requiere de más agua con agregados de forma angular y textura rugosa; reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

Para realizar el ensayo de consistencia utilizamos un molde troncocónico y una varilla de 5/8” con punta de bala, el molde descansa sobre una superficie plana no absorbente, dicho molde se llenó en tres capas, luego se compacto cada

capa mediante 25 golpes con la varilla de acero, estos golpes se les propinan en forma distribuida y en forma de espiral, se tuvo cuidado que la barra solo compacte la capa ensayada.

La última capa se enrasa con ayuda de una espátula para luego levantar el molde verticalmente y con mucho cuidado; el ensayo culmina al medir el asiento del concreto que es la diferencia entre la altura del molde y la cara superior central de la mezcla (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).



Figura 7. Ensayo de consistencia o Slump mediante el cono de Abrams.

2.2.5.2 ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

Para la elaboración de la presente tesis utilizamos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30cm de altura.

Se elaboraron probetas cilíndricas para un concreto, para los tipos de cemento como tipo Ico, tipo MS y tipo IP de acuerdo a las diferentes relaciones a/c 0.8, 0.75, 0.68 y 0.58, que en un total hacen de 180 probetas de concreto, las

cuales fueron ensayadas a las edades de 3 ,7 ,14, y 28 días de curado.

Para ello fue necesario ensayar tres probetas de concreto con diferente relación agua cemento, para cada edad en los días programados.

Al momento de vaciado del concreto el molde, previamente el molde debe estar limpio y en su parte interior fueron cuidadosamente aceitadas. El moldeo de las probetas se efectuó sobre una superficie horizontal, libre de vibraciones, el llenado de la probeta se efectuó evitando la segregación y vertiendo el concreto con la cuchara; luego de mezclarse el concreto se llenan los moldes en tres capas, cada una de ellas a un tercio de la altura del molde y compactadas enérgicamente con la barra compactadora con 25 golpes en forma vertical y en forma de espiral empezando por los extremos hasta llegar al centro y así sucesivamente con las otras dos capas superiores, en la capa ultima se agregara material hasta rebosar, retirando el material excedente y enrasamos la superficie del molde tratando de lograr un buen acabado, luego de ello con la ayuda de un martillo de goma se propicia golpes para eliminar vacíos.

Las probetas fueron retiradas de los moldes entre las 20 ± 4 horas, después de ser moldeados se procedió soltando los elementos de cierre y luego de un momento se retiraron cuidadosamente los moldes.

Las probetas fueron identificadas en su cara superior con nombre y edad de elaboración, con la ayuda de un lápiz de cera, al cabo de ello las probetas fueron enviadas a la poza de curado (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).



Figura 8. Elaboración de probetas cilíndricas de concreto Abrams

2.2.5.3 ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La calidad del concreto se establece generalmente por referencia a su resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

La resistencia depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento la cual se expresa en términos de la relación a/c en peso.

La resistencia se ve influenciada por el tipo de curado inicial, el tamaño de la probeta, la velocidad de descarga, la

esbeltez de la probeta, el estado de humedad, el refrendado, etc. La máquina de ensayo a utilizar es una prensa manual de uso corriente, la maquina está provista de dos bloques de acero de superficie endurecida, entre los cuales se comprimen las probetas sometidas a ensayo, el cabezal inferior sobre el que descansa la probetas sometidas a ensayo, el cabezal inferior sobre el que descansa la probeta es rígido y plano, el cabezal superior está provisto de un dispositivo a rotula que le permite rotar libremente e inclinarse pequeños ángulos en cualquier dirección.

El diámetro de la superficie plana de cada uno de los calzados es mayor que el diámetro de la probeta.

Las probetas se ensayan inmediatamente después de ser retirados se la poza de curado, el ensayo de compresión de probetas de concreto se realizaran con la probeta en estado húmedo.

Antes de realizar el ensayo a la compresión, primeramente los moldes fueron pesados y tomados sus diámetros a fin de poder obtener el área de contacto, luego se hizo el refrentado o “capping”, el cual permite eliminar ciertas irregularidades que pudieran existir en las bases de las probetas y obtener el paralelismo de ambas bases el cual es un requisito fundamental para la realización de dicho ensayo.

Las probetas se colocan en forma centrada en la prensa de ensayo que se comprime a una velocidad de carga de (20-50 lb/pulg² /seg) aproximadamente, la cual se debe mantener constante durante la duración del ensayo, es decir hasta cuando se logre una franca rotura de la probeta y la máquina electrónica registre su máxima resistencia así este cargando la máquina (Sánchez F. L. y Tapia R. D., 2015).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Aditivo

Los aditivos para hormigón (concreto) son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

Abrasión

Se denomina abrasión a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.

Agregado

Material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado grueso

Agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (# 4).

Agregado fino

Agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (# 4).

Ahuellamiento

Surcos que se desarrollan en el pavimento, en los carriles de las ruedas. Puede ser resultado de una consolidación por movimiento lateral de una o más capas del pavimento bajo efectos del tráfico o, pueden ser generados por un desplazamiento de la superficie misma del pavimento.

ACI

American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).

Áridos

Se denomina **árido** al material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción, principalmente.

ASTM

American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

Cemento

Se denomina **cemento** a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua.

Cohesión:

Tipo de atracción entre dos sustancias o materiales.

Consistencia

Describe el grado de fluidez o plasticidad de un concreto a determinada temperatura. La consistencia de un concreto con la

temperatura: por lo tanto es necesario usar una temperatura patrón cuando se está comparando la consistencia de un cemento con la de otro.

Cono de Abrams

Es el ensayo que se realiza al hormigón en su estado fresco, para medir su consistencia ("fluidez" del hormigón).

Densidad

Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

Deformación

Cualquier cambio que presente un pavimento respecto a su forma original.

Ductilidad

Capacidad de una sustancia para ser estirada o estrechada en forma delgada.

Estabilidad

Capacidad de una mezcla concreto de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad está en función de la cohesión y la fricción interna del material.

Hormigón

Es el material resultante de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (grava, gravilla y arena) y agua. La mezcla de cemento con arena y agua se denomina mortero. Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son

cemento, como el hormigón asfáltico que usa betún para realizar la mezcla.

Penetración

Consistencia de un material bituminoso, se expresa como la distancia, e décimas de milímetro (0.1 mm), que una aguja patrón penetra verticalmente una muestra del material bajo condiciones específicas de carga, tiempo temperatura.

Permeabilidad

Es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Resistencia a la compresión

En ingeniería, el ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

Trabajabilidad

Facilidad con que las mezclas de pavimentación pueden ser colocadas y compactadas.

Tamiz

Se llama cedazo al utensilio que se emplea para separar materiales gruesos de otros más finos como la harina del salvado.

Viscosidad

Medida de la resistencia al flujo. Método usado para medir la consistencia del concreto.

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 HIPÓTESIS GENERAL

El comportamiento del concreto modificado con aditivo incorporador de aire mejora las propiedades mecánicas del concreto por lo tanto mejora su resistencia y durabilidad.

3.1.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

El diseño de mezclas de concreto modificado con Aditivo incorporador de Aire mejora significativamente la trabajabilidad y consistencia del concreto en estado fresco.

El comportamiento de la mezcla de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire, en estado endurecido aumenta la resistencia a compresión y disminuye su durabilidad.

3.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Aditivo Incorporador de Aire

Indicadores

Porcentaje de aditivo

Temperatura

Peso específico

3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Pavimento rígido modificado

Indicadores

Trabajabilidad

Consistencia

Granulométrica de agregados

Relación A/C

Pesos unitarios de agregados

CAPITULO IV

METODOLOGÍA O DISEÑO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

La presente investigación según su enfoque corresponde a la naturaleza (características) experimental, la recolección de datos se tomaron en laboratorio y para su análisis de interpretación se hicieron uso de herramientas estadísticas. Así mismo como propósito del trabajo es medir el grado de relación que existe entre la variable aditivo, con el mejoramiento de las mezclas de concreto. Por las características de estudio corresponde a la investigación experimental cuantitativa.

Nivel de investigación

La presente investigación por la profundidad de su estudio es una investigación de nivel experimental cuantitativa, pretende demostrar los efectos que se produce en las mezclas de concreto con la aplicación de aditivo incorporador de aire, en Juliaca.

4.2 METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Método de investigación

El método de investigación, se enfoca en el método científico, en el área de vías de transporte.

Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde al diseño experimental cuantitativo puro.

4.2.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del presente trabajo de investigación estará compuesta por la cantera Cabanillas y las muestras de agregado grueso (piedra chancada de $\frac{3}{4}$ "), arena chancada de $\frac{3}{8}$ " , agregado fino (arena natural), agua potable, cemento Portland tipo IP, aditivo Incorporador de Aire. Se efectuó ensayos de granulometría de agregados, pesos unitarios de agregados, porcentaje de humedad, resistencia a la compresión del concreto modificado con aditivo Incorporador de aire.

4.2.1.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Técnica de recolección de datos

TECNICA PARA LA INFORMACION DOCUMENTAL:

Observó la diversidad de bibliografía existente respecto al tema de investigación.

TECNICA PARA LA INVESTIGACION DE CAMPO: ésta técnica permite mediante los instrumentos de recolección de datos el recojo, registro y elaboración de datos.

TECNICA PARA LA INVESTIGACIÓN EN LABORATORIOS: nos permite conocer el procedimiento y obtención de datos mediante el uso de ensayos de laboratorio, de las características y propiedades de las unidades de análisis de la presente investigación.

TECNICA DE MEDICIÓN ESTADISTICA: el cual nos permite conocer y obtener datos estadísticos de diferentes factores o unidades de análisis que van a influir en el presente proyecto

Instrumentos

Son las siguientes:

- Instrumentos Documentales.
- Instrumentos Mecánicos.
- Ensayos
- Procedimiento

4.2.1.2 METODO DEL COMITÉ 211 DEL COMITE ACI PARA ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla permite obtener un coeficiente b / b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/ m^3 .

RESUMEN DEL DESARROLLO DEL MÉTODO:

- a) Selección de la resistencia promedio
- b) Selección del tamaño máximo nominal de agregados finos
- c) Selección del asentamiento (slump)
- d) Selección del volumen unitario de agua (tablas)
- e) Selección de Contenido de aire (tablas)
- f) Selección de la relación agua /cemento (tablas)
- g) Determinación del cemento
- h) Determinación del agregado (tablas)

- i) Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes.
- j) Determinación del peso seco del agregado fino
- k) Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección.

PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO

a) Selección de la resistencia promedio: Mediante las ecuaciones del ACI.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots\dots I$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.335 \dots\dots II$$

De I y II se asume la de mayor valor. Donde **s** es la desviación estándar.

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores:

Tabla 6. Resistencia promedio según ACI

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210-350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Fuente: ACI

Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra:

Tabla 7. Coeficiente de resistencia promedio

Nivel de	f'_{cr}
Regular o Malo	1.3 a 1.5 f'_c
Bueno	1.2 f'_c
Excelente	1.1 f'_c

Fuente: ACI

b) Selección del tamaño máximo nominal de agregados

finos: La elección del tamaño máximo del agregado,

segundo paso del método, debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permite que el concreto sea colado sin cavidades o huecos.

c) Selección del volumen unitario de agua (tablas): el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido.

d) Selección de Contenido de aire (tablas)

Tabla 8. Contenido de aire atrapado

Tabla 02: Contenido de aire atrapado

TNM del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: ACI

e) Selección de la relación agua /cemento (tablas): el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera.

Tabla 9. Relación agua/cemento por resistencia

Tabla 04: Relación agua/cemento por resistencia

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS28 DIAS (f'cp) (Kg/cm2)	RELACION AGUA - CEMENTO DE	
	CONCRETO SIN AIRE INCorp.	CONCRETO CON AIRE INCorp.
450	0.38	.....
400	0.43	.....
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
280	0.58	0.49
250	0.62	0.53
210	0.68	0.59
200	0.70	0.61
175	0.75	0.66
150	0.80	0.71

Fuente: ACI

f) Determinación del cemento: El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua.

g) Determinación del agregado (tablas)

h) Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes: el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto

i) Determinación del peso seco del agregado fino: Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia

j) Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección: Este paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de

los agregados para luego realizar los ajustes a las mezclas de prueba.

Tabla 10. Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tabla 06: Módulo de fineza de la combinación de agregados

TNM del agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en bolsas/m ³ (m)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	5.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: ACI

Tabla 11. Contenido de aire incorporado y total

Tabla 07: Contenido de aire incorporado y total

TNM del agregado Grueso	Contenido de aire total (%)		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.5
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.0	5.5
2"	2.0	3.5	5.0
3"	1.5	3.0	4.5
6"	1.0	2.5	4.0

Fuente: ACI

METODO FULLER

En 1907, Fuller y Thompson, publicaron en Estados Unidos el documento "The Laws of Proportioning Concrete", el cual se constituyó en el punto de partida de todos los desarrollos teóricos de curvas de granulometría; éste se basa en un comportamiento elíptico en su fracción fina, de la curva de gradación ideal de toda la masa, incluyendo el aglomerante, y que converge en una

línea recta tangente a la elipse. La ecuación general para la parte elíptica de la curva, está dada por

$$(y - b)^2 / b^2 + (x - a)^2 / a^2 = 1$$

Donde, y es el porcentaje de material que pasa el tamiz de abertura x; a y b son constantes que representan los ejes de la elipse y su valor depende del tamaño máximo (D) del agregado y de la forma de las partículas. Las constantes se caracterizan de tal manera que al ser más angulosas las partículas, más amplio es el porcentaje de material fino representado por la parte elíptica. En el Tabla 1., se muestran los valores de las constantes a y b.

Tabla 12. Valores de las constantes a y b, que representan la parte elíptica de la ecuación Fuller – Thompson.

Clase de material	a	b
Agregados de canto rodado	0.164 D	28.6
Arena natural y grava triturada	0.150 D	30.4
Arena y grava trituradas	0.147 D	30.8

Fuente: Fuller - Thompson

En la curva ideal de Fuller – Thompson, se encuentra un valor de $x = 0.074$ mm para un valor de y del 7%, es decir, que el 7% de la masa está constituido por partículas de diámetro inferior a 0.074 mm, o pasa tamiz 200 más el cemento; para algunos autores, la obtención de la curva para solo el agregado, se obtiene al restarse la porción de cemento en cada caso y tomar el resto como 100%. Esto genera una curva de tendencia parabólica, la cual se

denomina parábola de Fuller –Thompson y se expresa como:

$$P = 100 \sqrt{d/D} = 100 [d/D]^{1/2}$$

En donde, P es el porcentaje de material que pasa por el tamiz de abertura d; y D es el tamaño máximo del agregado. Se ha observado que los agregados gradados a través de la ecuación de fuller dan lugar a mezclas ásperas y poco manejables en estado plástico debido a la falta de finos, especialmente para concretos con bajo contenido de cemento.

Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizara la prueba estadística

$$g = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1+1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2+1}} - 2.$$

de la t de student's, ya que dicha muestra es utilizada cuando la muestra es menor de 30 datos.

Para ello se toma en cuenta los siguientes datos:

Aplicando la fórmula de T de Student's:

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

En estadística, grados de libertad es un estimador del número de categorías independientes en una prueba particular o experimento estadístico.

Interpretación de datos

El último paso en la prueba de hipótesis es la toma de decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula. De acuerdo a la prueba de distribución t se tiene que cumplir la siguiente regla: $-T_t > T_c$; Si se cumple se Acepta la hipótesis Nula H_0 y se rechaza la Hipótesis Alternativa H_a , En el caso que no se cumpla dicha regla. Entonces se Rechaza la Hipótesis Nula H_0 y se Acepta la Hipótesis Alternativa H_a .

CAPITULO V

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

5.1.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la presente tesis, se contó con una parte práctica llevada a cabo en laboratorio, para el control de calidad de agregados, control de calidad de asfalto convencional y control de calidad de asfaltos modificado, dichos ensayos fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Geotecnia, Concretos y Pavimentos con RUC Nro. 100224304812 ubicado en la Urb. Florida en la Ciudad de Juliaca-Perú.

Para efectos de análisis de laboratorio y su respectivo control de calidad de agregados, la Piedra Chancada de $\frac{3}{4}$ "", Arena Chancada de $\frac{3}{8}$ ""; es proveniente de la Cantera Cabanillas que son producto de la trituración mecánica realizada en la planta chancadora de la Cantera, la Arena Natural es procedente de la Cantera Rio Ramis - Samán) y el aditivo Incorporador de Aire es procedente de la ciudad de Arequipa.



Figura 9. Planta de procesamiento de piedra chancada de Cabanillas

Los ensayos de laboratorio son efectuados a fin estimar los parámetros que correspondan a cada prueba y verificar si se encuentra dentro de los rangos dados por la ASTM y por el MTC. Mediante ensayos de laboratorio se pueden comprobar las buenas propiedades que estos pavimentos modificados imparten a las mezclas para las aplicaciones antes mencionadas.



Figura 10. Recolección de agregado fino y grueso de la planta chancadora de Cabanillas

5.2 ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS

5.2.1 AGREGADOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO

Los agregados utilizados para el muestreo y diseño de mezcla correspondiente a la presente investigación, son los siguientes:

Piedra Chancada 3/4"

Arena Chancada 3/8"

Agregado fino (Arena natural)

A estos materiales, se les realizaron los siguientes ensayos de caracterización:

Tabla 13. Ensayos de agregado grueso y fino

AGREGADOS GRUESO	AGREGADO FINO
<ul style="list-style-type: none">▪ Granulometría▪ Peso Especifico▪ Absorción▪ Pesos unitarios▪ Adherencia	<ul style="list-style-type: none">▪ Granulometría▪ Peso Especifico▪ Absorción▪ Equivalente de Arena▪ Pesos unitarios

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 ANÁLISIS GRANULOMETRICO

a) DEFINICIÓN

El análisis granulométrico del agregado grueso y fino está basado en las normas: NTP 400 .012, ASTM D-422 y AASHTO T-127. Esta norma describe el método para determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de una materia, por medio de los tamices de abertura cuadrada.

Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor.



Figura 11. Proceso de análisis granulométrico por tamizado

b) RESULTADOS

Resumen de análisis granulométrico

Cantera: CABANILLAS

Tabla 14. Análisis granulométrico de piedra chancada de ¾"

MALLA	PORCENTAJE RETENIDO			PROMEDIO	% RETIENE ACUMULADO	% QUE PASA
	N°1	N°2	N°3			
¾"						100
½"	39.30	38.40	39.50	39.07	39.07	60.93
⅜"	32.70	35.50	36.70	34.97	74.03	25.97
No.04	24.10	22.90	23.10	23.37	97.40	2.60
No.10	2.00	1.60	0.30	1.30	98.70	1.30
No.20	0.70	0.40	0.00	0.37	99.07	0.93
No.40	0.30	0.30	0.00	0.20	99.27	0.73
No.80	0.20	0.20	0.00	0.13	99.40	0.60
No.100	0.10	0.10	0.00	0.07	99.47	0.53
No.200	0.10	0.10	0.00	0.07	99.53	0.47
<No.200	0.60	0.50	0.40	0.50	100.00	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

Cantera: CABANILLAS

Tabla 15. Análisis granulométrico de arena chancada de 3/8"

MALLA	PORCENTAJE RETENIDO			PROMEDIO	% RETIENE ACUMULADO	% QUE PASA
	N°1	N°2	N°3			
3/4"						100
1/2"				0.00	0.00	100.00
3/8"	1.00	1.00	0.70	0.90	0.90	99.10
No.04	22.60	23.30	26.90	24.27	25.17	74.83
No.10	28.00	29.90	29.20	29.03	54.20	45.80
No.20	18.40	18.30	17.90	18.20	72.40	27.60
No.40	10.70	10.00	8.60	9.77	82.17	17.83
No.80	7.20	6.10	5.70	6.33	88.50	11.50
No.100	2.00	2.10	1.40	1.83	90.33	9.67
No.200	3.10	2.60	2.80	2.83	93.17	6.83
<No.200	7.00	6.70	6.80	6.83	100.00	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

Cantera: Rio Ramis – Samán

Tabla 16. Análisis granulométrico de arena natural

MALLA	PORCENTAJE RETENIDO			PROMEDIO	% RETIENE ACUMULADO	% QUE PASA
	N°1	N°2	N°3			
3/4"						100
1/2"				0.00	0.00	100.00
3/8"				0.00	0.00	100.00
No.04	5.30	4.20	4.10	4.53	4.53	95.47
No.10	24.20	19.00	22.00	21.73	26.27	73.73
No.20	23.90	22.80	23.00	23.23	49.50	50.50
No.40	19.60	21.20	21.20	20.67	70.17	29.83
No.80	21.30	25.80	22.60	23.23	93.40	6.60
No.100	1.90	2.20	2.60	2.23	95.63	4.37
No.200	1.70	2.20	1.90	1.93	97.57	2.43
<No.200	2.10	2.60	2.60	2.43	100.00	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

c) DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS

Como resultado de una serie de ensayos realizados a través un programa gráfico y analítico por computadora para dosificación de agregados, a fin de obtener una adecuada graduación que satisfaga algunos de los requerimientos de usos granulométricos exigidos y recomendados por las normas para tal fin, se determinó finalmente como uso granulométrico de diseño la graduación MAC-2 del Ministerio de Transportes, donde los agregados combinados y al tamaño máximo nominal se centra mejor, cuya mezcla de agregados se ajustaron satisfactoriamente dentro de esta, las proporciones y dosificaciones de los agregados empleados son los siguientes:

Tabla 17. Dosificación de agregados

TIPO DE AGREGADO	MEZCLA DE AGREGADOS
Piedra Chancada 3/4"	35%
Arena Chancada 3/8"	25%
Arena natural	40%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

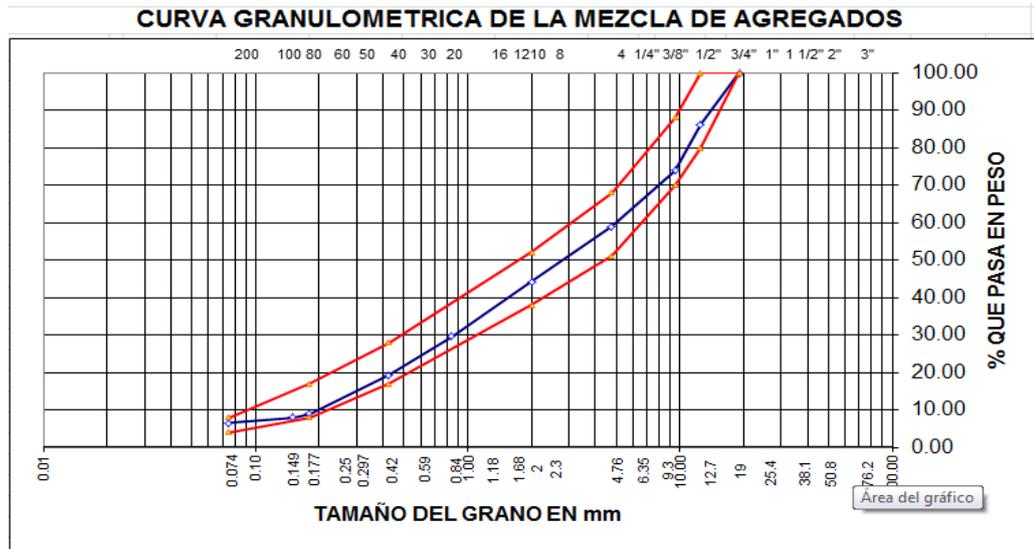


Figura 12. Curva granulométrica de la mezcla de agregados

5.2.2.1 LIMITES DE ATTERBERG

a) Límite líquido

Este ensayo está basado en las normas: NTP 339.129, ASTM D-424 y AASHTO T-89. El límite líquido (LL) es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se halla entre el estado plástico y el estado líquido.

b) Límite plástico

Este ensayo está basado en las normas: NTP 339.129, ASTM D-4318 y AASHTO T-90. Se denomina límite plástico (LP) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm de diámetro, rodado dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado) sin que dichas barritas se desmoronen.

c) Resultados obtenidos

Tabla 10. Límites de consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA
Malla N° 40 (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	No.	g	g	g			
01. No.DE GOLPES		29	21	14			
02. TARRO No.		32	33	35			
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	26.12	27.54	26.91			
04. SUELO SECO * TARRO	g	23.65	24.63	23.88			
05. PESO DEL AGUA	g	2.47	2.91	3.03		NP	
06. PESO DEL TARRO	g	11.26	11.25	11.23			
07. PESO DEL SUELO SECO	g	12.39	13.38	12.65			
08. HUMEDAD	%	19.94	21.75	23.95			
L.L.=	20.77 %	L.P.=	NP	%	I.P.=	NP	%

Fuente: Elaboración propia

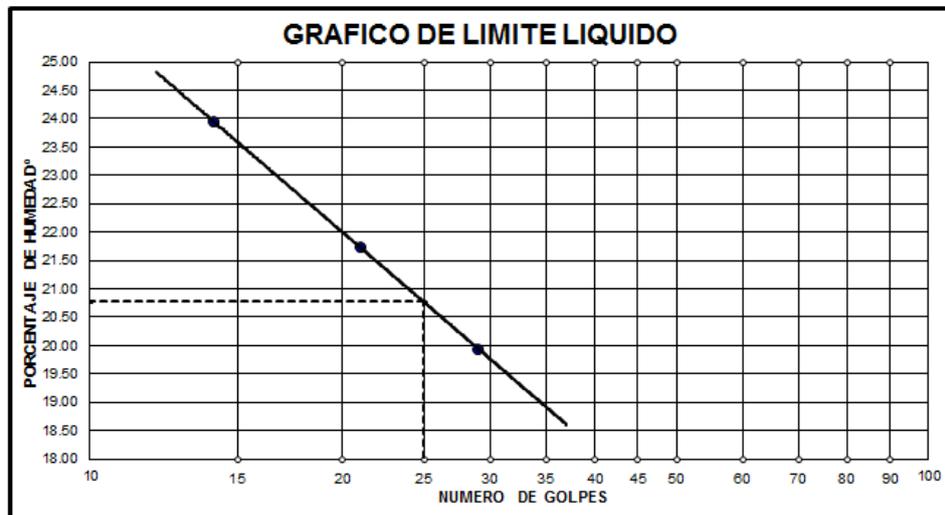


Figura 13. Recta de porcentaje de humedad con número de golpes límite líquido

5.2.2.2 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

a) Definición

El ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso, está basado en las normas: NTP 400.021, ASTM C-128 Y AASHTO T-84.

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75mm (tamiz N° 4).



Figura 14. Proceso de secado de muestra

b) Resultados obtenidos

Tabla 18. Gravedad específica y absorción del agregado grueso

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

(ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	410.0	758.0	698.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	248.6	460.1	425.3
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cm ³	161.4	297.9	272.7
D. Peso material seco	g	400.0	738.0	682.0
E. Volúmen de masa	cm ³	151.4	277.9	256.7
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm ³	2.478	2.477	2.501
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm ³	2.54	2.544	2.56
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm ³	2.642	2.656	2.657
I. Absorción	%	2.50	2.71	2.35

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

a) Definición

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino, está basado en las normas: NTP 400.022, ASTM C-128 Y AASHTO T-84.

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y real a 23/23 °c, así como la absorción, después de 24 horas sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75mm (tamiz N° 4).



Figura 15. Proceso de secado de muestra de arena natural

b) Resultados obtenidos

Tabla 19. Gravedad específica y absorción del agregado grueso

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

(ASTM C-128)

AGREGADO FINO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire	g	300.0	300.0	300.0
B. Peso frasco + H ₂ O	g	676.5	667.2	668.3
C. Peso frasco + H ₂ O + (A)	g	976.5	967.2	968.3
D. Peso material + H ₂ O en el frasco	g	857	851	850.4
E. Volúmen de masa + volúmen de vacios	cm ³	119.5	116.2	117.9
F. Peso material seco	g	292.0	292.1	292.4
G. Volúmen de masa	cm ³	111.5	105.0	110.3
H. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm ³	2.444	2.514	2.48
I. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm ³	2.51	2.582	2.545
J. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm ³	2.619	2.782	2.651
K. Absorción	%	2.74	2.7	2.6

Fuente: Elaboración propia

5.3 DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

5.3.1 PROCEDIMIENTO

La unidad de medida que se optó para el cálculo del diseño de las mezclas es de 1m³, lo que se utilizó según el volumen del molde de las briquetas para calcular las proporciones que se utilizaran de los

materiales a utilizar donde se incluye los volúmenes de los diferentes componentes sin incluir los vacíos entre ellos.

Podemos pensar que la selección de la proporción más adecuada de los agregados fino y grueso que deberá ser manejados con materiales independientes en un proceso difícil que exige amplio criterio y experiencia. Sin desconocer la importancia de estos, la selección no es tan crítica, si se sigue los pasos establecidos por cada método de diseño.

Las partículas del agregado alargado y chatas tienen efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligan a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores cantidades de cemento y agua.

Está confirmado científicamente que el criterio tradicional referido a que las mezclas con el mayor tamaño máximo de agregado grueso, producirían los diseños más resistentes, solo es válido para mezclas de resistencia media y tamaño máximo entre $\frac{3}{4}$ " y a $1\frac{1}{2}$ ", pero para mezclas ricas, las mayores resistencias se logran con tamaño máximo de orden de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ ", concluyéndose en que el agregado grueso mayor de 1", únicamente contribuirá a mejorar resistencias cuando se trata de mezclas pobres, el tamaño máximo utilizado en la presente investigación fue de 1" tamaño máximo.

Se considera que dentro de este caso están los agregados de perfil angular, los cuales tienen un más alto contenido de vacíos y por lo tanto requieren un porcentaje de mortero mayor que el agregado redondeado.

A las consistencias plásticas corresponde asentamientos de 3" a 4". Los concretos plásticos son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa. La presencia del aire en las mezclas tiende el agua reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad del mismo. Se han demostrado que la resistencia del concreto es función de la relación agua-cemento, relación cemento- agregado, de la granulometría, el perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado; y el tamaño máximo del agregado.

5.3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MEZCLAS

Se elaboró un (01) diseño de mezclas con la mezcla base (concretos normales), Con relación agua/cemento de 0.45, para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual se utilizó diferentes porcentaje de aditivo de (1.5%, 2.5% y 4% según el peso del cemento) a continuación se muestra los porcentajes que se utilizaron en el diseño de mezclas, depende del asentamiento constante que deberá mantener las diferentes mezclas.

En las mezclas diseñadas se mantuvo constantes los pesos del material cementante (cemento+aditivo), relaciones Agua/material cementante, asentamiento, módulo de fineza global y porcentajes de agregado fino y grueso.

A continuación tenemos la descripción de las diferentes mezclas:

- a) **Mezcla B -1:** Diseño de mezcla, elaborado a partir de la mezcla base, donde se reemplazó el 1.5% de aditivo incorporador de aire del peso del cemento, con relación agua/ cemento 0.45.

- b) Mezcla B -2:** Diseño de mezclas, elaborado a partir de la mezcla base, donde se reemplazó el 2.5% de peso del cemento con el aditivo incorporador de aire, manteniendo la misma relación agua/cemento, para mantener el mismo asentamiento.
- c) Mezcla B -3:** Diseño de mezcla elaborado a partir de la mezcla base, donde se reemplazó el 4.0% del peso del cemento, con el aditivo Incorporador de aire, manteniendo la misma relación agua / cemento, para mantener el mismo asentamiento.

5.3.3 DISEÑO DE MEZCLAS

En el presente trabajo se utilizó para el diseño de mezcla el método “Modulo de fineza de la combinación de agregados”, Este método tiene consideración fundamental además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de fineza del agregado fino y grueso, es un índice de su superficie específica y que en la medida que esta aumenta se incrementa la demanda la pasta, aun como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la fineza del agregado disminuye la resistencia por adherencia, se toma en cuenta las recomendaciones de la Norma ACI- 363R-92 “Reporte del estado del arte para concretos de alta resistencia”, así como la norma ACI – 211-1-91 “Practica normalizada para la selección en proporciones de concretos normales.

Información de datos considerados para el diseño de mezclas:

Cemento Pórtland Rumi Tipo IP.

- Peso Específico 2950 kg/m³.

Agregado Fino.

- Capacidad de absorción 2.46 %
- Peso específico masa 2.51 %
- Módulo de fineza 3.22

Agregado Grueso.

- Capacidad de absorción 1.76 %
- Peso específico de masa 2.55 gr/cm³
- Peso unitario compactado 1.70 kg/m³
- Peso unitario suelto 1.55 kg/m³
- Módulo de fineza
- Tamaño máximo nominal 1"

Aditivos.

- Aditivo Incorporador de aire, (Sika – Perú), de 1 kg.

5.3.4 DOSIFICACION DE LAS MEZCLAS

Los diseños van acompañados con el sustento de ensayos de los materiales a emplearse en la producción de concretos, así como resultados de los ensayos de compresión simple de los testigos moldeados según la dosificación de los diseños.

Definida la cantera de agregados, el tipo de cemento a emplearse, el agua y los aditivos respectivamente, la dosificación del concreto se

basa en datos obtenidos en laboratorio con esta información se procedió a efectuar ensayos de prueba.

En el Diseño de Mezclas los resultados Obtenidos fueron para 1 m³:

- Relación a/c = 0.45.
- Para un F'c = 210 kg/cm².
- Slump. = 3" a 4".
- Tamaño máximo de A.G. = 1"

Tabla 20. Cantidad de materiales a usarse por 1M³ de concreto

MATERIAL	CANTIDAD 1M³
Cemento	433 kg/m ³
Arena	644 kg/m ³
Piedra	1036 kg/m ³
Agua	196 lt/m ³

Fuente: Elaboración propia

5.3.4.1 PROPORCIONES QUE SE UTILIZARON

Las proporciones que se utilizaron fueron según el volumen de la briqueta que se usó en el vaciado del concreto.

Volumen de la Briqueta = 0.006233m³

Tabla 21. Resumen del diseño de mezcla con relación A/C = 0.45

TIPO DE MEZCLA	DOSIFICACION POR M3		VOLUMEN POR BRIQUETA kg/m3		Proporción para una Briqueta (pesos en kg.)
	MATERIAL	PESO (Kg.)			
		SECO			
P1 a/c = 0.45 Aditivo= 1.5%	Cemento	433.00	Cemento (kg)	0.006233	2.70
	Agua	196.00	Agua (lt)	0.006233	1.22
	Aditivo	2.70	Aditivo (lt)	1.50/100	0.04
	Arena	644.00	Arena (kg)	0.006233	4.01
	Piedra	1036.00	Piedra (kg)	0.006233	6.46
Total de Material para 1 briqueta (kg/m3)					14.43
P2 a/c = 0.45 Aditivo = 2.5%	Cemento	433.00	Cemento (kg)	0.006233	2.70
	Agua	196.00	Agua (lt)	0.006233	1.22
	Aditivo	2.70	Aditivo (lt)	2.50/100	0.07
	Arena	644.00	Arena (kg)	0.006233	4.01
	Piedra	1036.00	Piedra (kg)	0.006233	6.46
Total de Material para 1 briqueta (kg/m3)					14.46
P3 a/c = 0.45 Aditivo = 4.0%	Cemento	433.00	Cemento (kg)	0.006233	2.70
	Agua	196.00	Agua (lt)	0.006233	1.22
	Aditivo	2.70	Aditivo (lt)	4.00/100	0.11
	Arena	644.00	Arena (kg)	0.006233	4.01
	Piedra	1036.00	Piedra (kg)	0.006233	6.46
Total de Material para 1 briqueta (kg/m3)					14.50

Fuente: Elaboración propia

- Por ejemplo para 15 briquetas se utilizaron las proporciones siguientes de materiales.

- Para el aditivo se tuvo que utilizar jeringa, con medida en mililitros, el cual se agregó al mezclador de concreto directamente al agua de amasado.

Volumen de la briqueta : 0.006233 m3

Para 15 briquetas : $0.006233 \times 15 = 0.09350 \text{ m}^3$.

Tabla 22. Volumen de materiales y peso total a emplearse

MATERIAL	VOLUMEN (m3)	PESO (kg)	TOTAL
Cemento	0.09350	433.00	40.49 kg.
Agua	0.09350	196.00	18.33 lt.
Arena	0.09350	644.00	60.21 kg.
Piedra	0.09350	1036.00	96.87 kg.
Aditivo	40.49	1.5/100	0.61 ml.

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó diferentes tipos de mezclas con diferentes porcentajes de aditivo el cual se utilizó en un rango de 0.5% - 4.0% de la cantidad de cemento a emplearse.

Tabla 23. Porcentaje de aditivo Incorporador de aire que se ha empleado

Tipo de Mezcla	% de Aditivo (mililitros)
P1	1.5 %
P2	2.5%
P3	4.0%

Fuente: Elaboración propia

Al momento de vaciar las briquetas se calculó la cantidad para 15 briquetas, para lo cual se consideró porcentaje de desperdicio de 30%, lo que se quedaría al momento del mezclado en la tolva de la mezcladora.

5.3.5 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

5.3.5.1 PROPORCIONES QUE SE UTILIZARON

En este rubro se han efectuado los ensayos de verificaciones de los materiales a emplearse en las mezclas de concreto, el proceso de obtención de los agregados es por zarandeo empleando la zaranda n° 4, para la clasificación del agregado grueso y fino, esto se utilizó diseños de mezcla de con relación $a/c= 0.45$, con aditivo incorporador de aire.

a) ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

Los ensayos granulométricos de los agregados a los que se refieren, fueron debidamente seleccionados, obteniéndose en algunos casos datos variados debido a diversos fenómenos y que fueron corrigiéndose en el transcurso del análisis para mantener las mezclas uniformes.

b) PREPARACION DEL CONCRETO

Para la producción del concreto, se utilizó mezcladora de 9pie3, en buenas condiciones de funcionamiento, el control de los materiales fue por peso en diferentes compartimientos con que contaba el laboratorio, dado que los materiales son componentes de los concretos, agregado, cemento, agua y los respectivos aditivos, el tiempo de mezclado es de acuerdo al tipo de concreto producido y debe cumplir con las normas establecidas, En hacer cumplir la correcta realización de mezclado de los componentes del concreto,

en la limpieza permanente de los depósitos de mezclado luego de cada operación de mezclado, en el control permanente de la cantidad de agua a utilizar en litros según la dosificación.



Figura 16. Preparación de los cilindros para el vaciado de concreto

c) COMPACTACION DEL CONCRETO

El compactado del concreto dentro de la briqueta fue con una varilla de 5/8", en tres capas a cada 25 golpes, distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección, apisonado y enrasado al final, para no causar segregación alguna, los golpes se dieron en forma horizontal dentro de Los moldes de la briqueta, con esta operación al final se logró la consolidación y colocación del concreto en forma uniforme, garantizando de esa manera que el concreto cumpla para lo que fue diseñada, en lo que respecta a durabilidad resistencia y otras características y propiedades del concreto proyectado.



Figura 17. Compactación de concreto con una varilla lisa de 5/8"

d) VACIADO DEL CONCRETO

En este aspecto se ha efectuado el control de la dosificación, mezclado de los componentes, así como del manipulación y colocación del concreto dentro de la briquetera, diseñados para un $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ el que se utilizó, con un asentamiento de 3.2", agregados procedentes de la cantera indicada, (Cabanillas), con tamaño máximo de 3/4", Cemento Rumi Tipo IP por volumen de Briqueta.

Como paso previo al vaciado de concreto se verifico las condiciones de limpieza de los moldes (briquetas), y operatividad del equipo (Mezcladora 9 pie³) a utilizar. Se verificó en todos los vaciados la consistencia del concreto mediante pruebas de Slump, tratando de obtener mezclas homogéneas a fin de evitar segregación de los materiales.



Figura 18. Consistencia del concreto mediante prueba de Slump

La temperatura de la mezcla oscila entre 14°C A 16°C predominantemente, la temperatura del ambiente durante los vaciados presento variaciones entre 12°C A 22°C, dependiendo de la estación del año, pero en ningún caso se llegó al límite inferior, por haberse realizado los trabajos de vaciados en el horario de 9.00 a 13.00 horas. Para contrarrestar las condiciones climáticas y facilitar el normal vaciado con luz del día.

e) CURADO DEL CONCRETO

El curado del concreto se efectuó para alcanzar la máxima hidratación del cemento, el curado se hizo por inmersión el cual consta en inundar o sumergir completamente las probetas (briquetas) en agua, los concretos de alta resistencia inicial este tiempo podrá reducirse a 3 días hasta los 28 días.

El curado del concreto es un procedimiento mediante el cual se promueve la hidratación del cementante mediante

humedad y temperatura y es un fenómeno progresivo. Con el aumento de la temperatura se acelera la hidratación del cementante, aumentando el calor de la reacción y el desarrollo de la resistencia.



Figura 19. Curado de concreto en posas contenidos de agua.

f) HIDRATACIÓN

El termino hidratación del cemento, implica varios fenómenos, el principal es la reacción química del cemento Pórtland con el agua. Esta reacción da como resultado la formación inicial de una pasta de cemento hidratado que se transformará en un sólido cohesivo y adhesivo, que es el elemento esencial de la resistencia del concreto. La reacción de hidratación con lleva la generación de calor y una reducción en el volumen en el sistema de la pasta de cemento hidratado que se llama retracción.

g) SECADO AUTOGENO

Cuando los huecos creados por la hidratación del cemento no reciben agua del ambiente que los rodea, el material

cementante endurecido puede secarse sustancialmente sin que ocurra evaporación. Este fenómeno se le llama secado autógeno.

h) SANGRADO

En el concreto convencional, cuando la relación a/c en un sistema cerrado es mayor de 0.42 o en un sistema abierto es mayor a 0.36, hay un exceso de agua capilar y el concreto sangra. Durante el tiempo que dure la evaporación del agua de sangrado, este será el mismo en el cual la pasta de cementante frague y se inicie el desarrollo de resistencia mecánica.

i) FRAGUADO

Una vez hidratado el cemento se inicia el proceso de fraguado y posteriormente el desarrollo de resistencia. Mientras exista agua de sangrado en un concreto convencional todos los capilares en la pasta de cemento estarán llenos de agua. Al momento que desaparece el agua de sangrado, se inicia el secado superficial del concreto y en la superficie actuarán los meniscos de los capilares llenos de agua.

5.3.6 ENSAYO EN LABORATORIO

5.3.6.1 ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos según el diseño y los diferentes porcentajes de aditivo que se utilizó y a continuación se detallan:

Tabla 24. Resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión

EDAD DIAS	Mezcla P - 1 (1.5% de Aditivo) F'c = 210 kg/cm2		Mezcla P – 2 (2.5% de Aditivo) F'c = 210 kg/cm2		Mezcla P – 3 (4% de Aditivo) F'c = 210 kg/cm2	
	kg/cm2	%	kg/cm2	%	kg/cm2	%
3 días	174.35	83.02%	144.33	68.73%	158.18	75.33%
7 días	197.44	94.02%	214.76	102.27%	219.38	104.47%
14 días	271.33	129.21%	275.95	131.41%	227.46	108.31%
21 días	280.35	135.88%	281.73	134.16%	281.73	134.16%
28 días	295.66	140.79%	299.05	142.40%	282.88	134.71%

Fuente: Elaboración propia

Las Mezclas P, tiene diferentes porcentajes de aditivo incorporador de aire, solo que fueron vaciados o moldeados en diferentes horas y como se ve los resultados varían de acuerdo al porcentaje de aditivo utilizado, se supone que la Mezcla p3 debería llegar a un resultado alto por el mayor porcentaje de aditivo que contiene del 4% a diferencia de los demás que en menor cantidad, cabe destacar que el aditivo alcanza resistencia iniciales altas a los 3 días, y en algunas ocasiones con el mínimo porcentaje de aditivo a los 28 días llegaron a altas resistencias.

En la Mezcla P1 Las resistencias se obtuvieron a los 3 días, 7 días, 21 días y 28 días, llegando a los 28 días a 295.66 kg/cm2.

En la Mezcla P2 Las resistencias se obtuvieron a los 14 días, 21 días, y 28 días, llegando a los 28 días a 299.05 kg/cm².

En la Mezcla P3 Las resistencias altas se obtuvieron a los 7 días, llegando a 282.88 kg/cm², con un porcentaje de aditivo del 4%.

El resultado más alto fue de la Mezcla P2, que se obtuvo a los 28 días, una resistencia a la compresión 299.05 kg/cm², con un porcentaje de aditivo del 2.5%.

Siendo un concreto F'c= 210 kg/cm².

Se utilizó un porcentaje de 2.5% de aditivo.

Para 5 briquetas se utilizó 0.30 m.l. de aditivo incorporador de aire.

El aditivo se tuvo que medir en jeringa en mililitros.

Se incorporó al agua de amasado el aditivo.

Tabla 25. Cuadro comparativo de un concreto normal y un concreto con aditivo Incorporador de Aire.

EDAD	Concreto normal			Concreto con aditivo		
	F'c= 210 kg/cm ²			F'c= 210 kg/cm ² , Relación a/c= 0.45		
	Relación a/c = 0.45			1.5% Aditivo	2.5% Aditivo	4.0% Aditivo
3 días	103.00	145.00	127.00	174.35	144.33	156.18
7 días	238.00	207.00	230.00	197.44	234.39	219.38
14 días	257.00	218.00	212.00	271.33	275.95	227.46
21 días	270.00	255.00	278.00	280.35	281.73	281.73
28 días	285.00	277.00	289.00	295.66	299.05	282.88

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el cuadro comparativo los resultados son diferentes tanto en el concreto normal y

concretos con aditivos la diferencia es notoria en un porcentaje mínimo, ya que en el concreto normal se utilizó cemento Puzolanico IP.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se concluye que el comportamiento de la resistencia del concreto adicionado con aditivo Incorporador de aire, la reacción del aditivo con materiales de la zona y el agua, las cuales reaccionaron de diferente forma y la resistencia que se obtuvieron fueron a diferentes días de rotura como se ven en los resultados, no se puede decir que el aditivo sea malo sino las reacciones que se presentaron en el análisis del aditivo al momento de preparar la mezcla de concreto.

En cuanto al diseño de mezclas las modificaciones y diferentes reacciones con los agregados y agua de nuestra zona, los resultados alcanzados llegaron a los resultados esperados, ya que el aditivo Incorporador de Aire interviene en el comportamiento de la resistencia del concreto endurecido, en nuestra zona a temperaturas bajas, ya que en la investigación de tesis con este aditivo se utilizó las proporciones adecuadas según las recomendaciones de los fabricantes.

Se concluye que con la relación agua-cemento de 0.45, con un porcentaje de 2.5% de aditivo Incorporador de aire se aprecia que la mezcla P-2 es la que mayor resistencia a compresión llega por lo tanto se muestra una resistencia que es de 299.05 kg/cm² a los 28 días mientras que la mezcla P-1 y mezcla P-2, no alcanzan a llegar las

resistencias requeridas como se ha mostrado en los resultados, finalmente se realizó una comparación de resultados de resistencias a compresión del concreto con aditivo Incorporador de aire y sin aditivo, por lo que también ha resultado mayor resistencia un concreto modificado con aditivo Incorporador de aire.

6.2 RECOMENDACIONES

Es recomendable no utilizar cantidades mayores a 4% de incorporador de aire, pues esto ocasiona que se disminuye considerablemente la cantidad de cemento, cuando esto ocurre un alto porcentaje del aditivo, no reacciona debido a que la cantidad de cemento proporciona una cantidad insuficiente de hidróxido de calcio como se puede observar con los que sucede en las mezclas P-3, no existe mucha diferencia en el incremento de la resistencia y se puede observar la mezcla P-2, llega a desarrollar mayor resistencia que la mezcla P-1 y P-3, esto quiere decir que un alto porcentaje de Incorporador de Aire no será beneficioso porque disminuirá la resistencia del concreto por lo tanto baja la durabilidad.

Se recomienda que se debe tenerse en cuenta el cuidado al utilizar los agregados de nuestro medio, siempre tener presente la limpieza que es un factor importante para garantizar los trabajos a realizar.

Se recomienda usar aditivo Incorporador de Aire para un concreto de 210 kg/cm², el porcentaje de aditivo de la mezcla P-2 que viene hacer el 2.5% del peso del cemento con una resistencia a la compresión a los 28 días alcanzando a 299.05 kg/cm² y un porcentaje de 142.40%.

BIBLIOGRAFÍA

CASADOS MAYO Irving, Estudio de las características físicas y mecánicas de mezclas de concreto utilizados en la construcción y rehabilitación de Pavimentos Rígidos. Tesis 2012, 294 pp.

CHIPANA CALLO Jhon C. y CCAPA APAZA Yonathan J., Comportamiento del concreto modificado con Poliestireno y aditivo Incorporador de aire para pavimentos rígidos sometidos a clima híbrido de la Ciudad de Puno. Tesis 2013, Perú 326pp.

CEMEX CONCRETOS (1993). Pavimentos de concreto, construyendo los nuevos caminos de México, México. 212pp.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, sección 1 (1994), Manual de Tecnología de Concreto. Limusa, Noriega Editores. México. ISBN: 968-18-9.

IZA MANOBANDA Darwin I., hormigón liviano con agregado de origen volcánico y Aditivo incorporador de aire, Tesis 2010, Ecuador 350pp.

JOO HERRAN Gonzalo A., Comportamiento del concreto con el aditivo plastificantes-reductor de agua y retardante de fragua EUCO WR51A. Tesis 2002 Piura, 120pp.

MEHTA KUMAR Y MONTEIRO Paulo, Concreto, Estructura, Propiedades y materiales. IMCYC. D.F. ISBN: 968-464-083-8. México 1998, 300pp.

MERRIT S. FREDERICK, KENT LEOFTIN M., RICKETTS T. J. Manual del ingeniero civil, tomo 1, México, 2001, 150pp.

MIRANDA REBOLLEDO, Ricardo. Deterioro en pavimentos Flexibles y Rígidos. En cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d.pdf., Chile, 2010, 85 pp.

MONDRAGON FIGUEROA Mauricio, Efecto de aditivos químicos en la resistencia a la compresión del concreto de polvo reactivo (CPR). Tesis México 2013, 101 pp.

OLIVERA BUSTAMANTE F. Estructura de Vías Terrestres, Continental. México D. F. ISBN: 968-26-1286-1, 2004.

ORDOÑEZ HUAMÁN y MINAYA GONZALEZ. Diplomado en Diseño, Construcción y Supervisión de Proyectos en Pavimentos Asfálticos, Lima, Primera Edición, 2005.

RIVA ROMERO German, Diseño y Construcción de Pavimentos, Lima, Segunda Edición, 1995, 295pp.

SANCHEZ MUÑOZ F. L. y TAPIA MEDINA Robinson D., Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3,7,14,28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días. Tesis 2015, Trujillo. 87 pp.

VIDAUD E. Materiales, diseño y construcción. Construcción y tecnología .5, 20-23. IMCYC, México, 2011.

ANEXOS

ANEXO N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS	VALORACION
INTERROGANTE GENERAL ¿Cómo influye el Aditivo Incorporador de Aire en el comportamiento de mezclas de concreto modificado para pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca?	OBJETIVOS GENERAL Determinar el comportamiento de la mezcla de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire para pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca.	HIPOTESIS GENERAL Al diseñar mezclas de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire, tendría mejoras en las propiedades mecánicas del pavimento en aumentando su durabilidad.	VARIABLE INDEPENDIENTE Aditivo Incorporador de Aire	Agregados (Propiedades físico mecánicas)	Granulometría	Ensayos de laboratorio	%
					Pesos específicos	Ensayos de laboratorio	%
					Absorción	Ensayos de laboratorio	%
					Humedad	Ensayos de laboratorio	%
					Abrasión	Ensayos de laboratorio	
PROBLEMA ESPECIFICO <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la influencia del Aditivo Incorporador de Aire para el diseño de mezclas de concreto modificado para pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca? ¿Cuál es el comportamiento de la mezcla diseñada utilizando ensayos para determinar la resistencia del concreto modificado a compresión en la ciudad de Juliaca? 	OBJETIVO ESPECIFICO <ul style="list-style-type: none"> Diseño de mezclas de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire para pavimentos rígidos, en la ciudad de Juliaca. Evaluar el comportamiento de la mezcla diseñada utilizando ensayos para determinar la resistencia de concreto modificado a compresión, en la ciudad de Juliaca. 	HIPOTESIS ESPECIFICO <ul style="list-style-type: none"> El diseño de mezclas de concreto modificado con Aditivo incorporador de Aire mejora significativamente la trabajabilidad y consistencia del concreto en estado fresco. El comportamiento de la mezcla de concreto modificado con Aditivo Incorporador de Aire, en estado endurecido disminuye la resistencia a compresión e incrementa su durabilidad. 	VARIABLE DEPENDIENTE Pavimento rígido modificado	Mejora las características mecánicas	Trabajabilidad	Ensayos de laboratorio	
					Consistencia	Ensayos de laboratorio	cm, mm
					Relación A/C	Ensayos de laboratorio	
					Resistencia a la compresión	Ensayos de laboratorio	k/cm ²

ANEXO N° 2 TABLA T DE STUDENT

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

ANEXO N° 3 PANEL FOTOGRÁFICO



IMAGEN N° 1: Piedra chancada de ¾", arena chancada de 3/8" y arena natural almacenados en la planta de procesamiento de Cabanillas.



IMAGEN N° 2: Resultados del porcentaje de agregados en laboratorio de suelos



IMAGEN N° 3: Realizando el peso unitario compactado, a cada 25 golpes, en tres capas para obtener pesos específicos del agregado fino.



IMAGEN N° 4: Pesando el peso unitario compactado en la balanza. Con el respectivo molde de proctor.



IMAGEN N°5: Mezclado del concreto y adición de aditivo



IMAGEN N°6: Se muestran las briquetas vaciado de concreto y enrasados



IMAGEN N°7: Se muestra el curado de las briquetas de concreto en poza, para luego determinar la resistencia a la compresión.



IMAGEN N°8: Se muestra la rotura de la briqueta y se lectura la resistencia a compresión promedio del concreto

**ANEXO N° 4 CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE
LABORATORIO**

Ensayos de granulometrías de los
agregados

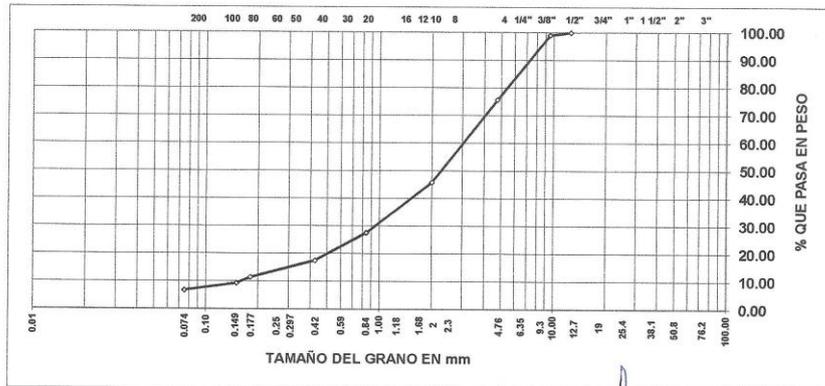
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : ARENA CHANCADA 3/8" N° 01

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 842 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 24.30 %
3/8"	9.500	8.00	1.00	1.00	99.00		Arena : 69.00 %
No.04	4.750	196.00	23.30	24.30	75.70		Fino : 6.70 %
No.10	2.000	252.00	29.90	54.20	45.80		W natural : %
No.20	0.840	154.00	18.30	72.50	27.50		
No.40	0.425	84.00	10.00	82.50	17.50		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	51.00	6.10	88.60	11.40		
No.100	0.150	18.00	2.10	90.70	9.30		
No.200	0.075	22.00	2.60	93.30	6.70		
<No.200		57.00	6.80	100.10			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Simon C. Pizarro
Simon C. Pizarro
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP/ 74148

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : ARENA CHANCADA 3/8" N° 02

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 1337 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 27.60 %
3/8"	9.500	9.00	0.70	0.70	99.30		Arena : 65.60 %
No.04	4.750	360.00	28.90	27.60	72.40		Fino : 6.80 %
No.10	2.000	390.00	29.20	56.80	43.20		W natural : %
No.20	0.840	239.00	17.90	74.70	25.30		
No.40	0.425	115.00	8.60	83.30	16.70		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	76.00	5.70	89.00	11.00		
No.100	0.150	19.00	1.40	90.40	9.60		
No.200	0.075	38.00	2.80	93.20	6.80		
<No.200		91.00	6.80	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




Simon G. Pizarro Morales
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.R. 24148

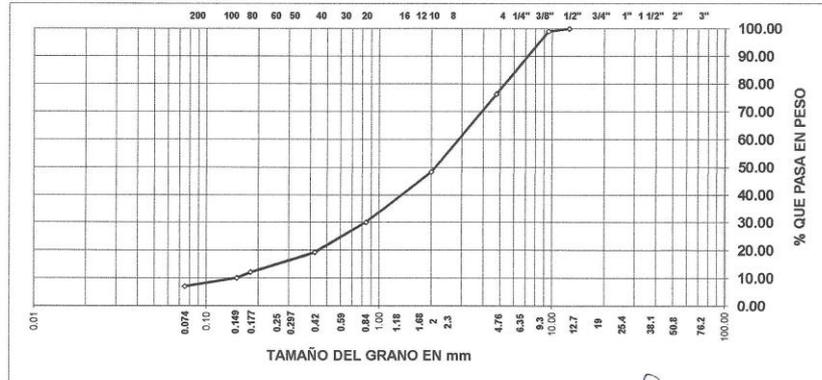
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : ARENA CHANCADA 3/8" N° 03

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 935 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 23.60 %
3/8"	9.500	9.00	1.00	1.00	99.00		Arena : 69.40 %
No.04	4.750	211.00	22.60	23.60	76.40		Fino : 7.00 %
No.10	2.000	262.00	28.00	51.60	48.40		W natural : %
No.20	0.840	172.00	18.40	70.00	30.00		
No.40	0.425	100.00	10.70	80.70	19.30		OBSERVACIONES:
No.60	0.180	67.00	7.20	87.90	12.10		
No.100	0.150	19.00	2.00	89.90	10.10		
No.200	0.075	29.00	3.10	93.00	7.00		
<No.200		66.00	7.00	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




Simon C. Frisabato Alencar
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 7-1143

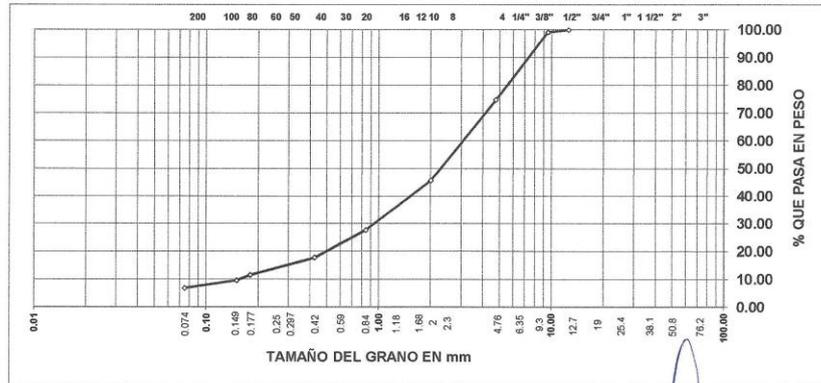
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : ARENA CHANCADA 3/8"

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422) PROMEDIO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000				PROMEDIO		DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 0 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000			100.00	100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500			0.00	100.00		Grava : 25.17 %
3/8"	9.500	99.30	0.90	0.90	99.10		Arena : 68.00 %
No.04	4.750	72.40	24.27	25.17	74.83		Fino : 6.83 %
No.10	2.000	43.20	29.03	54.20	45.80		W natural : 0.00 %
No.20	0.840	25.30	18.20	72.40	27.60		
No.40	0.425	16.70	9.77	82.17	17.83		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	11.00	6.33	88.50	11.50		
No.100	0.150	9.60	1.83	90.33	9.67		
No.200	0.075	6.80	2.83	93.17	6.83		
<No.200							

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Simon G. Frisanello Mamani
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 74148

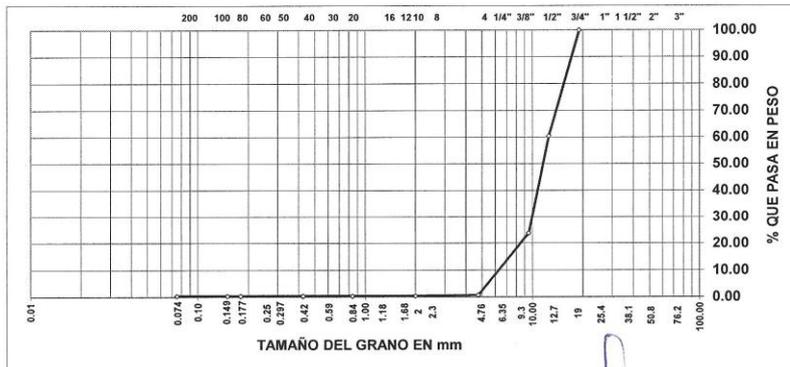
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITAN : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA 3/4" N° 01

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						DATOS DE LA MUESTRA: Peso inicial : 1832 Grs Peso fracción : Grs
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						PROPORCION DE AGREGADOS: Grava : 99.30 % Arena : 0.70 % Fino : 0.40 % W natural : %
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		
1/2"	12.500	723.00	39.50	39.50	60.50		
3/8"	9.500	673.00	36.70	76.20	23.80		
No.04	4.750	424.00	23.10	99.30	0.70		
No.10	2.000	6.00	0.30	99.60	0.40		
No.20	0.840	0.00	0.00	99.60	0.40		
No.40	0.425	0.00	0.00	99.60	0.40		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	0.00	0.00	99.60	0.40		
No.100	0.150	0.00	0.00	99.60	0.40		
No.200	0.075	0.00	0.00	99.60	0.40		
<No.200		6.00	0.30	99.90			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




 S. P. YAGUNO
 Reg. CIP. 74148

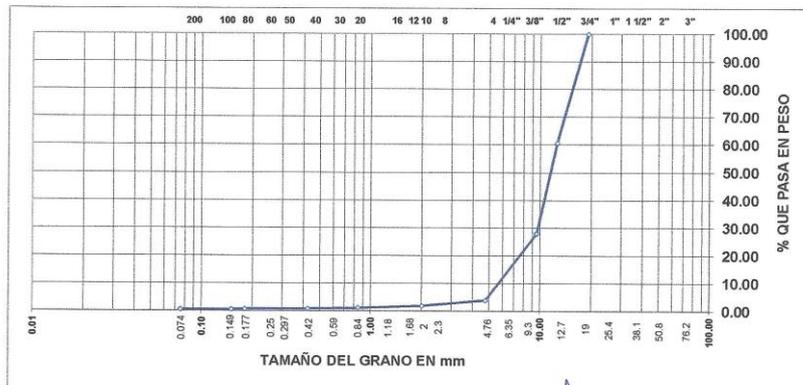
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANT : MILTON PARISUAÑA YAGUÑO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA 3/4" N° 02

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 2428 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	954.00	39.30	39.30	60.70		Grava : 96.10 %
3/8"	9.500	793.00	32.70	72.00	28.00		Arena : 3.90 %
No.04	4.750	584.00	24.10	96.10	3.90		Fino : 0.50 %
No.10	2.000	48.00	2.00	98.10	1.90		W natural : %
No.20	0.840	17.00	0.70	98.80	1.20		
No.40	0.425	8.00	0.30	99.10	0.90		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	5.00	0.20	99.30	0.70		
No.100	0.150	3.00	0.10	99.40	0.60		
No.200	0.075	2.00	0.10	99.50	0.50		
<No.200		14.00	0.60	100.10			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Simon G. Fajana
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 74143

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624384712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA 3/4" N° 03

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 3341 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	1,284.00	38.40	38.40	61.60		Grava : 96.80 %
3/8"	9.500	1,186.00	35.50	73.90	26.10		Arena : 3.20 %
No.04	4.750	766.00	22.90	96.80	3.20		Fino : 0.50 %
No.10	2.000	52.00	1.60	98.40	1.60		W natural : %
No.20	0.840	12.00	0.40	98.80	1.20		
No.40	0.425	10.00	0.30	99.10	0.90		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	7.00	0.20	99.30	0.70		
No.100	0.150	4.00	0.10	99.40	0.60		
No.200	0.075	2.00	0.10	99.50	0.50		
<No.200		18.00	0.50	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




Simón G. Frisancho Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 74148

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : PIEDRA CHANCADA 3/4"

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422) PROMEDIO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000				PROMEDIO		Peso inicial : 1804 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	0.00	39.07	39.07	60.93		Grava : 97.40 %
3/8"	9.500	0.00	34.97	74.03	25.97		Arena : 2.60 %
No.04	4.750	0.00	23.37	97.40	2.60		Fino : 0.47 %
No.10	2.000	0.00	1.30	98.70	1.30		W natural : %
No.20	0.840	0.00	0.37	99.07	0.93		
No.40	0.425	0.00	0.20	99.27	0.73		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	0.00	0.13	99.40	0.60		
No.100	0.150	0.00	0.07	99.47	0.53		
No.200	0.075	0.00	0.07	99.53	0.47		
<No.200					0.00		

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




Simon G. Pizarro
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 74148

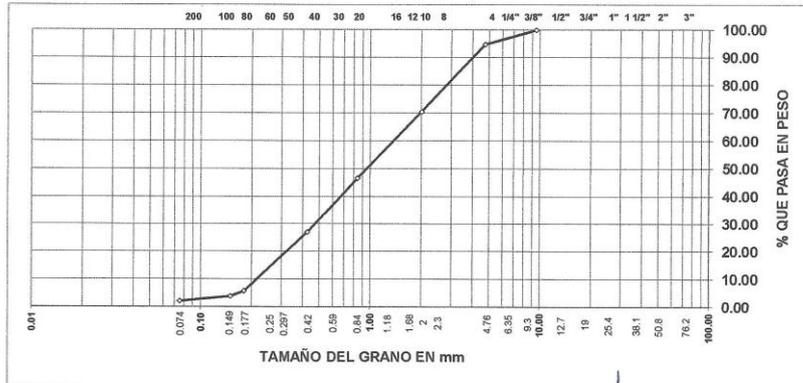
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - SAMAN
MUESTRA : ARENA NATURAL N° 01

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 1120 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000						PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	0.00			100.00		Grava : 5.30 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 92.60 %
No.04	4.750	59.00	5.30	5.30	94.70		Fino : 2.10 %
No.10	2.000	271.00	24.20	29.50	70.50		W natural : 4.770 %
No.20	0.840	268.00	23.90	53.40	46.60		
No.40	0.425	219.00	19.60	73.00	27.00		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	238.00	21.30	94.30	5.70		
No.100	0.150	21.00	1.90	96.20	3.80		
No.200	0.075	19.00	1.70	97.90	2.10		
<No.200		25.00	2.20	100.10			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




Simon G. Frisancho Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 74448

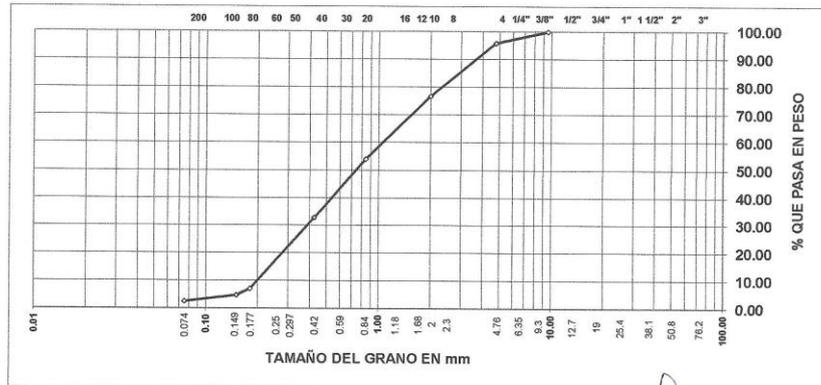
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - SAMAN
MUESTRA : ARENA NATURAL N° 02

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 939 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500				100.00		Grava : 4.20 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 93.30 %
No.04	4.750	39.00	4.20	4.20	95.80		Fino : 2.50 %
No.10	2.000	178.00	19.00	23.20	76.80		W natural : 5.110 %
No.20	0.840	214.00	22.80	46.00	54.00		
No.40	0.425	199.00	21.20	67.20	32.80		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	242.00	25.80	93.00	7.00		
No.100	0.150	21.00	2.20	95.20	4.80		
No.200	0.075	22.00	2.30	97.50	2.50		
<No.200		21.00	2.20	99.70			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




Simon G. Frisand Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.M. 74178

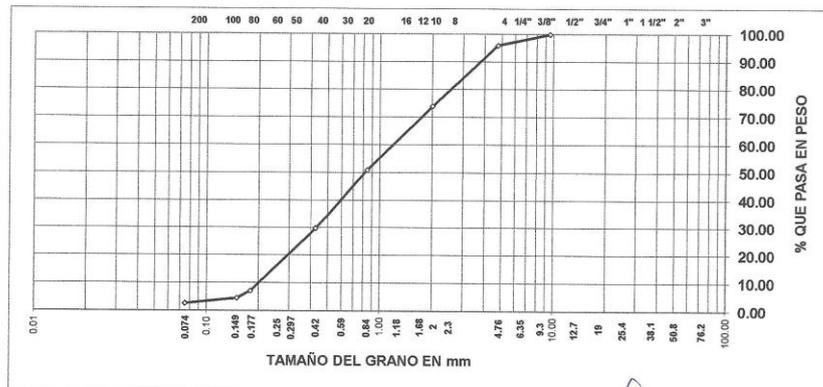
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - SAMAN
MUESTRA : ARENA NATURAL N° 03

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 862 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500				100.00		Grava : 4.10 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 93.30 %
No.04	4.750	35.00	4.10	4.10	95.90		Fino : 2.60 %
No.10	2.000	190.00	22.00	26.10	73.90		W natural : 4.980 %
No.20	0.840	198.00	23.00	49.10	50.90		
No.40	0.425	183.00	21.20	70.30	29.70		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	195.00	22.60	92.90	7.10		
No.100	0.150	22.00	2.60	95.50	4.50		
No.200	0.075	16.00	1.90	97.40	2.60		
<No.200		23.00	2.60	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Simon C. F. *[Firma]*
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 74143

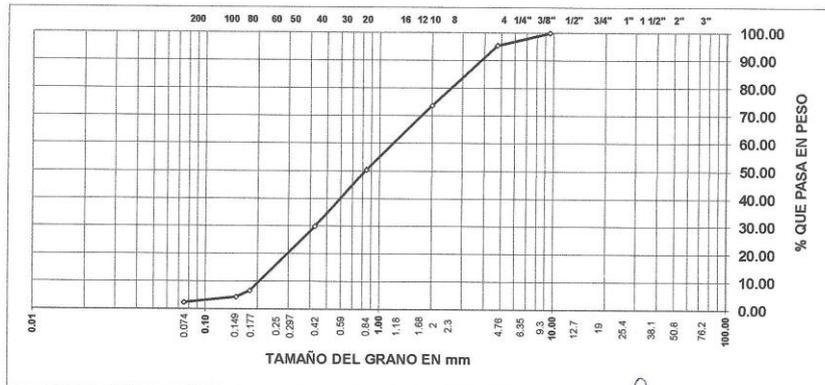
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - SAMAN
MUESTRA : ARENA NATURAL

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422) PROMEDIO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						
2 1/2"	63.000					PROMEDIO	DATOS DE LA MUESTRA:
2"	50.000						Peso inicial : 0 Grs
1 1/2"	37.500						Peso fracción : Grs
1"	25.000						
3/4"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00		PROPORCION DE AGREGADOS:
1/2"	12.500	100.00	100.00	100.00	100.00		Grava : 95.90 %
3/8"	9.500	100.00	100.00	200.00	100.00		Arena : 93.07 %
No.04	4.750	94.70	95.80	95.90	95.47		Fino : 2.40 %
No.10	2.000	70.50	21.73	73.90	73.73		W natural : %
No.20	0.840	46.60	23.23	50.90	50.50		
No.40	0.425	27.00	20.67	29.70	29.83		OBSERVACIONES:
No.80	0.180	5.70	23.23	7.10	6.60		
No.100	0.150	3.80	2.23	4.50	4.37		
No.200	0.075	2.10	1.97	2.60	2.40		
<No.200							

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Simon G. Frisanchi Mamaní
INGENIERO CIVIL
Reg. CIE. 74148

Mezcla de los agregados

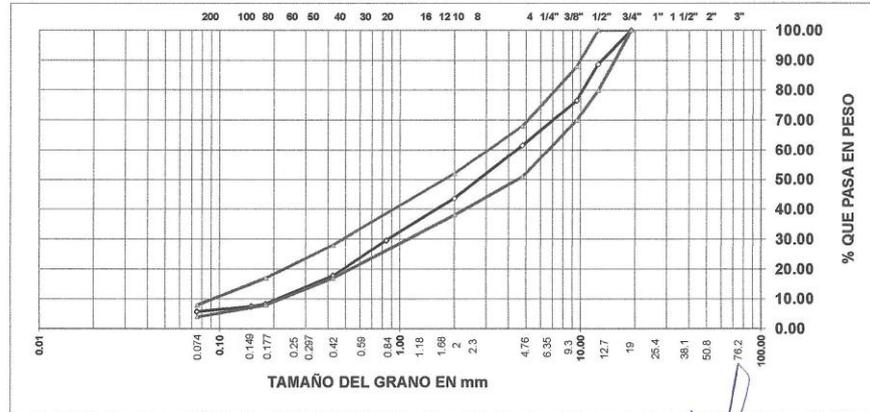
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA :

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 5000 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 38.40 %
1 1/2"	37.500						Arena : 55.80 %
1"	25.000						Fino : 5.80 %
3/4"	19.000				100.00	100 - 100	W natural : %
1/2"	12.500	559.00	11.20	11.20	88.80	80 - 100	
3/8"	9.500	612.00	12.20	23.40	76.60	70 - 88	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	750.00	15.00	38.40	61.60	51 - 68	L.L. : %
No.10	2.000	893.00	17.90	56.30	43.70	38 - 52	L.P. : %
No.20	0.840	706.00	14.10	70.40	29.60		I.P. : %
No.40	0.425	592.00	11.80	82.20	17.80	17 - 28	
No.80	0.180	474.00	9.50	91.70	8.30	8 - 17	
No.100	0.150	38.00	0.80	92.50	7.50		CLASIFICACION
No.200	0.075	85.00	1.70	94.20	5.80	4 - 8	SUCS :
<No.200		291.00	5.80	100.00			AASHTO :

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Simon C. Prasadho Mamani
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 74148

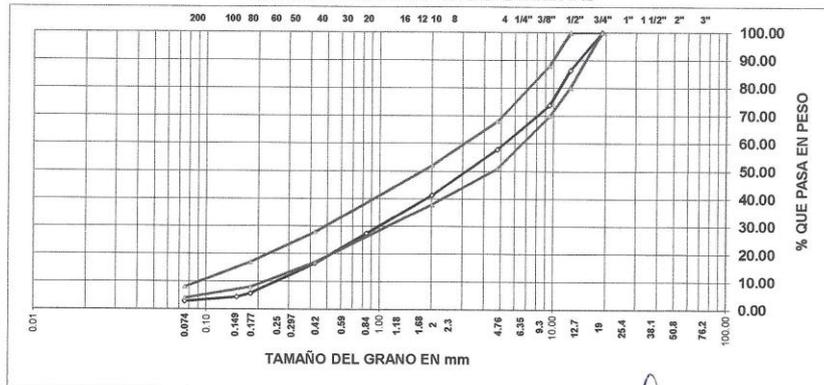
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA :

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422) TEORICA**

Tamices ASTM	Abertura mm	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	PIEDRA	ARENA	ARENA	CAL	MEZCLA		Peso inicial : 5251 Grs
2 1/2"	63.000	CHANC.	CHANC.	NATURAL	FILLER			Peso fracción : 500 Grs
2"	50.000							Grava : 95.47 %
1 1/2"	37.500	35%	25%	40%		100%		Arena : 54.97 %
1"	25.000							Fino : 2.83 %
3/4"	19.000	100.00	100.00	100.00		100.00	100 - 100	W natural : 7.00 %
1/2"	12.500	60.93	100.00	100.00		86.33	80 - 100	
3/8"	9.500	25.97	99.10	100.00		73.86	70 - 88	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	2.60	74.83	95.47		57.81	51 - 68	L.L. : %
No.10	2.000	1.30	45.80	73.73		41.40	38 - 52	L.P. : %
No.20	0.840	0.93	27.60	50.50		27.43		I.P. : %
No.40	0.425	0.73	17.83	29.83		16.65	17 - 28	
No.80	0.180	0.60	11.50	6.60		5.73	8 - 17	
No.100	0.150	0.53	9.67	4.37		4.35		CLASIFICACION
No.200	0.075	0.47	6.83	2.40		2.83	4 - 8	SUCS :
<No.200								AASHTO :

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



[Handwritten Signature]
Simon G. Frisancho Mamani
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 14148

Características de los agregados

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

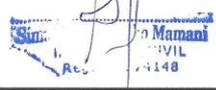
SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS, RIVERA - LAMPA
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION
(ASTM C-128)**

AGREGADO GRUESO			
DISCRIMINACION	N° DE MUESTRA		
	1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) g	679.0	773.0	799.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua) g	413.9	471.8	488
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos cm3	265.1	301.2	311.0
D. Peso material seco g	665.0	753.0	778.0
E. Volúmen de masa cm3	251.1	281.2	290.0
F. Peso Especifico Bulk (base seca) g/cm3	2.508	2.5	2.502
G. Peso Especifico Bulk (base saturada) g/cm3	2.561	2.566	2.569
H. Peso Especifico Aparente (base seca) g/cm3	2.648	2.678	2.683
I. Absorción %	2.11	2.66	2.70

AGREGADO FINO			
DISCRIMINACION	N° DE MUESTRA		
	1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) g	555.0	525.0	
B. Peso frasco + H ₂ O g	1399.0	1399.0	
C. Peso frasco + H ₂ O + (A) g	1954.0	1924.0	
D. Peso material + H ₂ O en el frasco g	1734	1714	
E. Volúmen de masa + volúmen de vacíos cm3	220.0	210.0	
F. Peso material seco g	540.0	509.0	
G. Volúmen de masa cm3	205.0	105.0	
H. Peso Especifico Bulk (base seca) g/cm3	2.455	2.424	
I. Peso Especifico Bulk (base saturada) g/cm3	2.523	2.5	
J. Peso Especifico Aparente (base seca) g/cm3	2.634	4.848	
K. Absorción %	2.78	3.14	

Observación:

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS, RIVERA - LAMPA
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION
(ASTM C-128)

AGREGADO FINO				
DISCRIMINACION	N° DE MUESTRA			
	1	2	3	
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	506.0	502.0	
B. Peso frasco + H ₂ O	g	1399.0	1399.0	
C. Peso frasco + H ₂ O + (A)	g	1905.0	1901.0	
D. Peso material + H ₂ O en el frasco	g	1708	1705	
E. Volúmen de masa + volúmen de vacios	cm ³	197.0	196.0	
F. Peso material seco	g	493.0	489.0	
G. Volúmen de masa	cm ³	184.0	105.0	
H. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm ³	2.503	2.495	
I. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm ³	2.569	2.561	
J. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm ³	2.679	4.657	
K. Absorción	%	2.64	2.66	

Observación:


Simon G. Frisancho M. Sani
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 1011

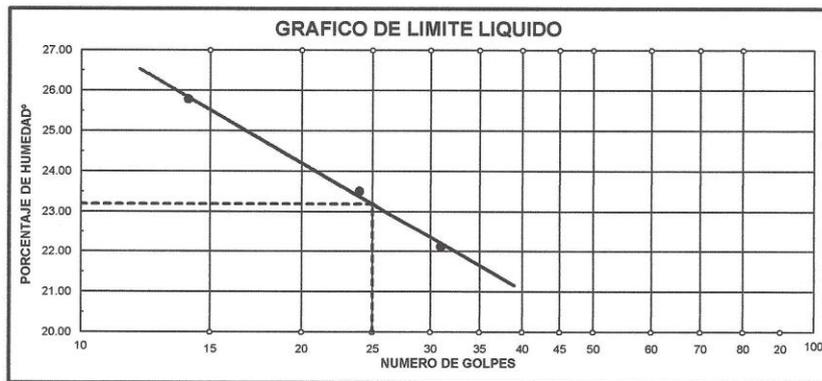
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - LAMPA
MUESTRA : ARENA ZARANDEADA

LIMITES DE CONSISTENCIA

Malla N° 40 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. DE GOLFES	Mo.	g	No. DE GOLFES	Mo.	g
01. No. DE GOLFES	31	24	14			
02. TARRO No.	8	12	8			
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	25.68	23.68	25.54		
04. SUELO SECO * TARRO	g	23.04	21.31	22.59		
05. PESO DEL AGUA	g	2.64	2.37	2.95		
06. PESO DEL TARRO	g	11.10	11.23	11.15		NP
07. PESO DEL SUELO SECO	g	11.94	10.08	11.44		
08. HUMEDAD	%	22.11	23.51	25.79		
L.L.= 23.19 % L.P.= NP % I.P.= NP %						




 Simon G. Fisancho Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 74148

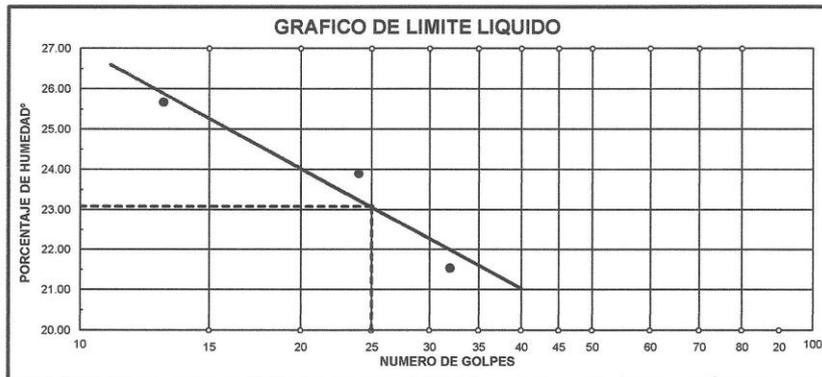
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUÑO
CANTERA : RIVERA - LAMPA
MUESTRA : ARENA ZARANDEADA

LIMITES DE CONSISTENCIA

Malla N° 40 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO				
	No.	g	%	No.	g	%		
01. No.DE GOLPES	32	24	13					
02. TARRO No.	18	24	18					
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	21.54	23.87	24.36				
04. SUELO SECO * TARRO	g	19.69	21.42	21.67				
05. PESO DEL AGUA	g	1.85	2.45	2.69				
06. PESO DEL TARRO	g	11.10	11.17	11.19		NP		
07. PESO DEL SUELO SECO	g	8.59	10.25	10.48				
08. HUMEDAD	%	21.54	23.90	25.67				
L.L.=	23.09	%	L.P.=	NP	%	I.P.=	NP	%



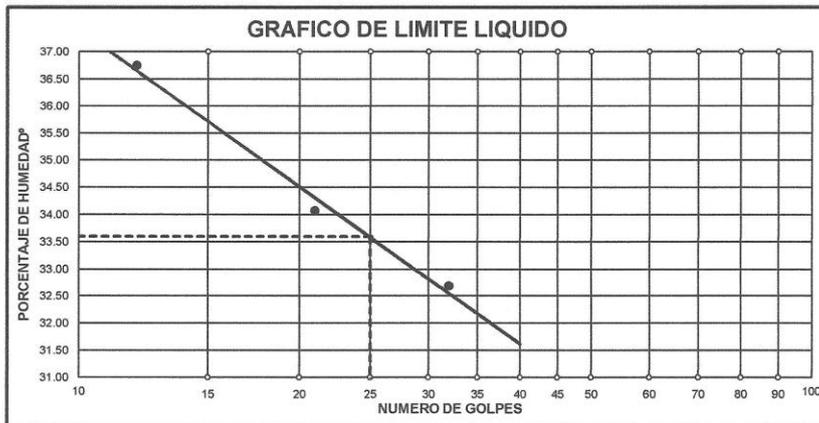

Simon G. Frisap
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 74148

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - LAMPA
MUESTRA : ARENA ZARANDEADA

LIMITES DE CONSISTENCIA
Malla N° 200 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	32	21	12	8T	9T
01. No.DE GOLPES	32	21	12		
02. TARRO No.	6	7	8	8T	9T
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	21.98	21.52	22.49	10.23	10.56
04. SUELO SECO * TARRO g	19.30	18.90	19.44	8.81	9.04
05. PESO DEL AGUA g	2.68	2.62	3.05	1.42	1.52
06. PESO DEL TARRO g	11.10	11.21	11.14	4.22	4.24
07. PESO DEL SUELO SECO g	8.20	7.69	8.30	4.59	4.80
08. HUMEDAD %	32.68	34.07	36.75	30.94	31.67
L.L.=	33.60 %	L.P.=	31.30 %	I.P.=	2.30 %



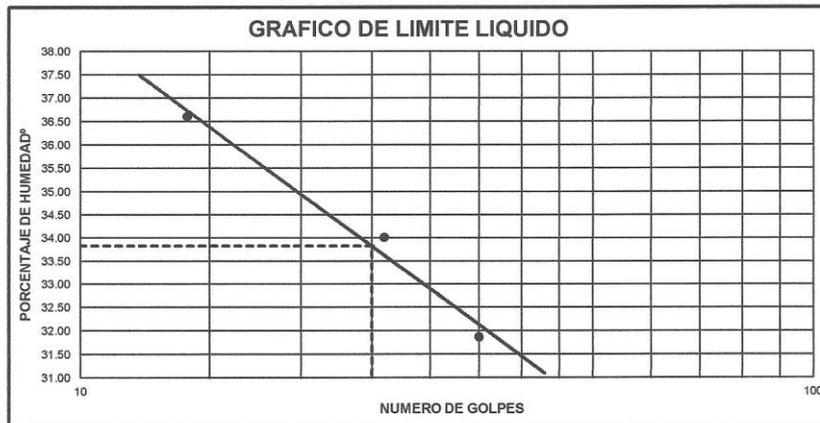

Simon C. Prisco Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C. 11270

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - LAMPA
MUESTRA : ARENA ZARANDEADA

LIMITES DE CONSISTENCIA
Malla N° 200 (ASTM D-424, MTC E 111)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	35	26	14	5T	10T
01. No.DE GOLPES					
02. TARRO No.	10	11	12		
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	22.23	23.08	22.01	8.37	8.25
04. SUELO SECO * TARRO g	19.55	20.06	19.10	7.41	7.32
05. PESO DEL AGUA g	2.68	3.02	2.91	0.96	0.93
06. PESO DEL TARRO g	11.14	11.18	11.15	4.25	4.22
07. PESO DEL SUELO SECO g	8.41	8.88	7.95	3.16	3.10
08. HUMEDAD %	31.87	34.01	36.60	30.38	30.00
L.L.=	33.82 %	L.P.=	30.19 %	I.P.=	3.63 %




Simon G. Frisancho Mamani
 INGENIERO CIVIL
 RUC: 108772118

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : RIVERA - LAMPA
MUESTRA : ARENA ZARANDEADA

DESGASTE DE ABRASION
ASTM C131, MTC E 207 (Gradación "A")

TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL (GRAMOS)	MASA FINAL (GRAMOS)	MASA PERDIDA DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	% DE DESGASTE POR ABRASION
PASA	RETIENE				
38.1mm(1 1/2")	25.4mm(1")		.....	.....	.....
25.4mm(1")	19.0mm(3/4")		.....	.....	.....
19.0mm(3/4")	12.7mm(1/2")	2,503.0	.....	.....	.....
12.7mm(1/2")	9.5mm(3/8")	2,504.0	.....	.....	.....
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		5,007.0	4,012.00	995.00	19.87%

OBSERVACIONES:


.....
Simon G. Frisacho Mamani
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 74148

Diseño de mezclas de concreto

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : CONCRETO

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
f'c = 210 Kg/cm2**

CARACTERISTICAS DEL CEMENTO

CEMENTO RUMI TIPO IP

Peso Especifico : 2.90 Tn/m3
Peso de Material Suelto : 1.50 Tn/m3

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

	Und	Arena	Piedra
Peso Unit. Seco Compactado	Kg/m3	1.796	1.172
Peso Unit. Seco Suelto	Kg/m3	1.645	1.576
Peso Especifico de la Masa	gr/cc	2.579	2.6
Contenido de Humedad	%	1.40%	1.00%
Porcentaje de Absorción	%	1.52%	2.54%
Módulo de Fineza		3.645	7.53
Tamaño Máximo	pulg.		1/2"

DATOS DE DISEÑO

Clima : Frio
Slump : 3" a 4"
Agua/m3 : 175
Contenido de Aire : 5%
Factor de Seguridad : Adoptado
Relacion Agua - Cemento : 0.45
Volumen de Agregado Grueso : 0.35

Factor de Cemento : 380.43 Kg/m3 **8.95 Bls/M3**

% Agregado Grueso : 55%
% Agregado Fino : 45%

1. VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES POR m3 DE CONCRETO:

Cemento	:	380.43	/	2.9	=	0.1312
Agua	:	175	/	1000	=	0.1750
Aire Incorporado	:	5.5	/	100	=	0.0550
Agregado Grueso	:	55%	X	0.6388	=	0.3513
Agregado Fino	:	45%	X	0.6388	=	<u>0.2875</u>
						1.0000


Simon G. Frisancho Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 74148

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO GEOTECNIA, CONCRETO
Y PAVIMENTOS RUC N° 10624364712
JR. LOS NARANJOS N° 220 URB. LA FLORIDA - JULIACA - PERU**

SOLICITANTE : MILTON PARISUAÑA YAGUNO
CANTERA : CABANILLAS
MUESTRA : CONCRETO

2. PESO SECO DE LOS MATERIALES POR m3 DE CONCRETO:

Cemento				=	380.4 Kg/m3
Agregado Grueso	0.3513	X	2.6	=	913.2 Kg/m3
Agregado Fino	0.2875	X	2.58	=	741.3 Kg/m3
Agua de Diseño				=	175 Kg/m3
					2209.9 Kg/m3

3. CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION:

Agregado Grueso	1.83-3.14/100	X	913.2	=	- 14.08 Lts.
Agregado Fino	4.82-4.41/100	X	741.3	=	- 0.89 Lts.
Arena Efectiva	175	+	0.89	=	189.91 Lts.

4. PESO DE MATERIALES CORREGIDOS POR m3 DE CONCRETO:

Cemento				=	380.4 Kg/m3
Agregado Grueso	913.2	+	14.02	=	927.22 Kg/m3
Agregado Fino	741.3	-	0.89	=	742.19 Kg/m3
Agua				=	189.91 Kg/m3
					2239.7 Kg/m3

5. LAS PROPORCIONES DE PESO EN OBRA SERAN:

Cemento	:	380.4	/	380.4	=	1
Agregado Grueso	:	927.22	/	380.4	=	2.437
Agregado Fino	:	742.19	/	380.4	=	1.951
Agua	:	189.91	/	380.4	=	0.499

6. PESO DE MATERIALES POR SACO:

Cemento	:	1	X	42.5	=	42.5 kg/saco
Agregado Grueso	:	2.437	X	42.5	=	103.57 kg/saco
Agregado Fino	:	1.951	X	42.5	=	82.92 kg/saco
Agua	:	0.499	X	42.5	=	21.21 Lts/saco

7. VOLUMEN APARENTE DE LOS MATERIALES :

Cemento	:	380.4	/	1.5000	=	0.2536
Agregado Grueso	:	927.22	/	1.5761	=	0.5883
Agregado Fino	:	742.19	/	1.6455	=	0.4511
Agua	:	189.91	/	1.0000	=	0.1899

8. LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN EN OBRA SERAN:

Cemento	:	0.2536	/	0.2536	=	1 pie3
Agregado Grueso	:	0.5883	/	0.2536	=	2.32 pie3
Agregado Fino	:	0.4511	/	0.2536	=	1.78 pie3
Agua	:	189.91	/	8.9506	=	21.21 Lts


Simon G. Frisancho Mamani
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 74148