

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA DEL DISTRITO DE SANTA
EN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA MEJORA DE SUS
PROPIEDADES FÍSICAS”**

AUTORES:

BACH. CUEVA BUSTOS, Brian Pedro

BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, Luis Felipe

ASESOR:

Ms. Ing. JULIO CÉSAR RIVASPLATA DÍAZ

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA DEL DISTRITO DE SANTA
EN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA MEJORA DE SUS
PROPIEDADES FÍSICAS”**

REVISADA Y APROBADA POR:

Ms. Ing. JULIO CÉSAR RIVASPLATA DÍAZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

“ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA DEL DISTRITO DE SANTA EN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA MEJORA DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS”

REVISADA Y APROBADA POR:

Arq. María Díaz Hernández
Presidente

Ing. Édgar Sparrow Álamo
Integrante

Ms Ing. Julio Rivasplata Díaz
Integrante



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Siendo las nueve horas del día ocho de Agosto del año dos mil diecinueve, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, El Jurado Evaluador integrado por los docentes Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández (Presidente), Ms. Edgar Sparrow Alamo (Secretario), Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz (Integrante) en cumplimiento a la Resolución N° 307-2019-UNS-CFI y Resolución Decanal N° 432-2019-UNS-FI, dan inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA DEL DISTRITO DE SANTA EN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA MEJORA DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS"** presentado por los Bachilleres: CUEVA BUSTOS BRIAN PEDRO Y VILLAVICENCIO ALVAREZ LUIS FELIPE, quienes fueron asesorados por el Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz, según Resolución Decanal N° 624-2018-UNS-F.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CUEVA BUSTOS BRIAN PEDRO	17	MUY BUENO

Siendo las diez horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 08 de agosto 2019


Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández
Presidente


Ms. Edgar Sparrow Alamo
Secretario


Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Integrante



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Siendo las nueve horas del día ocho de Agosto del año dos mil diecinueve, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, El Jurado Evaluador integrado por los docentes Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández (Presidente), Ms. Edgar Sparrow Alamo (Secretario), Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz (Integrante) en cumplimiento a la Resolución N° 307-2019-UNS-CFI y Resolución Decanal N° 432-2019-UNS-FI, dan inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA DEL DISTRITO DE SANTA EN CONCRETO ESTRUCTURAL PARA MEJORA DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS"** presentado por los Bachilleres: CUEVA BUSTOS BRIAN PEDRO Y VILLAVICENCIO ALVAREZ LUIS FELIPE, quienes fueron asesorados por el Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz, según Resolución Decanal N° 624-2018-UNS-F.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VILLAVICENCIO ALVAREZ LUIS FELIPE	17	Muy BUENO

Siendo las diez horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 08 de agosto 2019


Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández
Presidente


Ms. Edgar Sparrow Alamo
Secretario


Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, por ser el inspirador y darnos fortaleza en todo momento, principalmente en este proceso para obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madre Elizabeth, por su amor, paciencia y esfuerzo constante, por ser mi principal ejemplo a seguir y su apoyo incondicional en todos mis proyectos y metas.

A mi Padre, por el apoyo en los momentos más difíciles y sus sabios consejos en los momentos de mayor dificultad, siempre motivándome a seguir adelante.

A mi Hermano Edward, por ser guía y cómplice de vida, por sus muestras de cariño y darme ánimos para alcanzar esta meta tan importante en mi carrera profesional.

CUEVA BUSTOS, Brian Pedro

DEDICATORIA

A mi padre por apoyarme y guiarme en esta etapa de mi vida, siguiendo sus pasos y aprendiendo de su experiencia, por el apoyo en los momentos más difíciles y por sus palabras de aliento y fuerza para seguir adelante en todo momento.

A mi madre, la mujer más maravillosa, por ser un apoyo en todo momento, por darme fuerzas y cariño siempre para sobrellevar todas las adversidades.

A mi tía, por el apoyo en los momentos difíciles, por acercarme a Dios a través de ella con sus consejos y guía.

A mis hermanos, por sus muestras constantes de cariño y apoyo durante esta etapa, darme ánimos para alcanzar esta meta tan importante en mi carrera profesional.

VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, Luis Felipe

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar nuestros pasos, permitir seguir adelante y estar a nuestro lado ayudándonos a cumplir nuestros objetivos ya que sin el nada sería posible.

A nuestros Padres, por hacer un esfuerzo en apoyarnos en toda la etapa de nuestras vidas.

A nuestra casa superior de estudios; la Universidad Nacional Del Santa, por darnos la oportunidad de pertenecer y superarnos.

A nuestro Asesor, el Ms Ing. Julio Cesas Rivasplata, que estuvo en todo momento con nosotros guiándonos y apoyándonos con lo que necesitábamos.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por compartir sus enseñanzas durante nuestra vida universitaria

BRIAN CUEVA Y LUIS VILLAVICENCIO

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. ANTECEDENTES.....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.3. OBJETIVOS.....	26
1.3.1. OBJETIVO PRINCIPAL	26
1.3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	26
1.4. HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.4.1. VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN	27
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	27
1.5.1. ECONÓMICO	27
1.5.2. SOCIAL.....	27
1.5.3. INDUSTRIAL	27
1.6. LIMITACIÓN.....	28

1.6.1. LIMITACIÓN ESPACIAL	28
1.6.2. LIMITACIÓN TEMPORAL.....	28
II. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	30
2.1.1. CONCRETO.....	30
2.1.2. CEMENTO PORTLAND.....	39
2.1.3. AGREGADOS.....	46
2.1.4. AGUA.....	55
2.1.5. PUZOLANAS	57
2.2. BASE TEÓRICA.....	60
2.2.1. OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO).....	60
2.2.2. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS	62
2.2.3. ENSAYOS DE LA ARCILLA.....	72
2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA.....	74
2.2.5. ELABORACIÓN Y CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO.....	89
2.2.6. VACIADO DEL CONCRETO	91
2.2.7. CURADO DEL CONCRETO.....	96
2.2.8. ASENTAMIENTO (SLUMP).....	98
2.2.9. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.	101

2.3.	MARCO NORMATIVO	104
2.4.	MARCO CONTEXTUAL	106
III. MATERIALES Y MÉTODOS		109
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	109
3.2.	POBLACIÓN	109
3.3.	MUESTRA	109
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	111
3.4.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	111
3.5.	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	111
3.6.	TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS	113
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES		116
4.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO . 116	
4.1.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS. 117	
4.1.2.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	124	
4.1.3.	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE	
	LOS TESTIGOS CON MEJOR COMPORTAMIENTO RESISTENTE.....	137
4.1.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	139
4.1.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIONES	145
4.1.6.	EVALUACIÓN ESTADÍSTICA	147
4.2.	DISCUSIONES	152

V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
5.1.	CONCLUSIONES.....	159
5.2.	RECOMENDACIONES	161
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
VII.	ANEXOS	166
7.1.	ANEXO 01 - PANEL FOTOGRÁFICO.....	166
7.2.	ANEXO 02 - ENSAYO DE ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL	166
7.3.	ANEXO 03 - ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X.....	166
7.4.	ANEXO 04 - ENSAYO DE LOS AGREGADOS	166
7.5.	ANEXO 05 - DISEÑO DE MEZCLA.....	166

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Concreto	31
FIGURA 2: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.	32
FIGURA 3: Cuarteo Del Agregado Grueso	61
FIGURA 4: Cuarteo Del Agregado Fino	61
FIGURA 5: Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino	63
FIGURA 6: Peso Unitario Varillado Del Agregado Grueso	65
FIGURA 7: Análisis Granulométrico Del Agregado Fino	67
FIGURA 8: Absorción Del Agregado Fino – Arena En Condición De Superficie Seca	69
FIGURA 9: Peso De Agregado Grueso Seco	70
FIGURA 10: Balanza Para Determinar El Contenido De Humedad	71
FIGURA 11: Poza Para Curado De Probetas	97
FIGURA 12: Molde Para Determinar El Asentamiento	98
FIGURA 13: Varilla Compactadora	99
FIGURA 14: Procedimiento Para El Asentamiento Del Concreto Fresco	100
FIGURA 15: Esquemas De Modelos De Falla Típico	103
FIGURA 16: Arcilla antes de ser calcinada	106
FIGURA 17: Curva TGA y ATD	121
FIGURA 18: Espectro de la muestra	121
FIGURA 19: Comparación de especímenes de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$	132
FIGURA 20: Comparación de especímenes de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$	133
FIGURA 21: Diagrama de barras de especímenes de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ patrón - 10 % de arcilla	134

FIGURA 22: Diagrama de barras de especímenes de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ patrón - 15 % de arcilla	134
FIGURA 23: Diagrama de barras de especímenes de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ patrón - 20 % de arcilla	135
FIGURA 24: Diagrama de barras de especímenes de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ patrón - 10 % de arcilla	135
FIGURA 25: Diagrama de barras de especímenes de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ patrón - 15 % de arcilla	136
FIGURA 26: Diagrama de barras de especímenes de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ patrón - 20 % de arcilla	136
FIGURA 27: Histograma - concreto de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ - 10 % de adición	140
FIGURA 28: Distribución normal - concreto de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ - 10 % de adición	141
FIGURA 29: Histograma - concreto de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ con 10 % de adición	143
FIGURA 30: Distribución normal - concreto de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ - 10 % de adición	144

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO	40
TABLA 2: Límites Granulométricos.	48
TABLA 3: Límite De Graduación Agregado Grueso.	51
TABLA 4: Límites Permisibles Del Agua Para Concreto	56
TABLA 5: Requisitos Químicos De Las Puzolanas	58
TABLA 6: Resistencia a la compresión promedio cuando no se dispone de datos	76
TABLA 7: Factor de corrección	78
TABLA 8: Porcentaje Que Pasa Por Las Mallas	79
TABLA 9: Consistencia y asentamiento	81

TABLA 10: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción	81
TABLA 11: Volumen unitario de agua según el tamaño de los agregados	82
TABLA 12: Relación agua/cemento por resistencia	84
TABLA 13: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	85
TABLA 14: Número de capas requeridas en la elaboración de las mezclas	93
TABLA 15: Diámetro de varilla y número de golpes por capa	95
TABLA 16: Cantidad De Testigos De Concreto	110
TABLA 17: Instrumentos Usados Para La Recolección De Datos	111
TABLA 18: Resistencia mínima a diferentes días	114
TABLA 19: Ensayo de contenido de humedad.	117
TABLA 20: Ensayo de granulometría	118
TABLA 21: Resultado del Ensayo Térmico Diferencial-Emisión de Gases	119
TABLA 22: Resultado del Ensayo Térmico Diferencial-Emisión de Gases	119
TABLA 23: Resultado del ensayo de fluorescencia de rayos X expresado en porcentajes	120
TABLA 24: Resultado del ensayo de fluorescencia de Rayos X expresado en óxidos	120
TABLA 25: Resultado de los ensayos realizados al agregado grueso.	122
TABLA 26: Resultado de los ensayos realizados al agregado fino	122
TABLA 27: Resultado del diseño de mezcla para un F'c: 210 kg/cm ² y 175 kg/cm ²	123
TABLA 28: Especímenes F'c: 175 Kg/cm ² - 0% de arcilla calcinada	124
TABLA 29: Especímenes F'c: 210 Kg/cm ² - 0% de arcilla calcinada	125
TABLA 30: Especímenes F'c: 175 Kg/cm ² - 10% de arcilla calcinada	126
TABLA 31: Especímenes F'c: 210 Kg/cm ² - 10% de arcilla calcinada	127
TABLA 32: Especímenes F'c: 175 Kg/cm ² - 15% de arcilla calcinada	128

TABLA 33: Especímenes F'c: 210 Kg/cm ² - 15% de arcilla calcinada	129
TABLA 34: Especímenes F'c: 175 Kg/cm ² - 20% de arcilla calcinada	130
TABLA 35: Especímenes F'c: 210 Kg/cm ² - 20% de arcilla calcinada	131
TABLA 36: Testigos de concreto de F'c: 210 Kg/cm ² con 10 % de adición evaluados a los 28 días	137
TABLA 37: Testigos de concreto de F'c: 175 Kg/cm ² con 10 % de adición evaluados a los 28 días	138
TABLA 38: Resultado de la estadística descriptiva de las muestras de concreto de F'c: 210 Kg/cm ² con 10 % de adición	139
TABLA 39: Frecuencias - concreto de F'c: 210 Kg/cm ² con 10 % de adición	139
TABLA 40: Resultado de la estadística descriptiva de las muestras de concreto de F'c: 175 Kg/cm ² con 10 % de adición	142
TABLA 41: Frecuencias - concreto de F'c: 175 Kg/cm ² con 10 % de adición	142
TABLA 42: Tabla de dispersión del concreto	148
TABLA 43: Probabilidad de ocurrencia de los testigos F'c: 210 Kg/cm ² – 10 % de adición a los 28 días	149
TABLA 44: Tabla de dispersión del concreto	150
TABLA 45: Probabilidad de ocurrencia de los testigos F'c: 175 Kg/cm ² – 10 % de adición a los 28 días	151
TABLA 46: Resultados de la investigación	160

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en mejorar las propiedades físicas resistentes del concreto estructural del centro poblado del distrito de Santa por lo que para su desarrollo se utilizó arcilla calcinada a 850 °C en 10% , 15% y 20% respectivamente. La investigación consiste en desarrollar una investigación de tipo Cuantitativa – Experimental para elaborar concreto de 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm² adicionando arcilla calcinada en los porcentajes mencionados en función al peso del cemento. Se realizaron los ensayos a los agregados respectivos según la Norma Técnica Peruana, luego se elaboró el diseño de mezcla para una resistencia de 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm², para una mezcla patrón y también para porcentajes de adición (10%, 15% y 20%) según la metodología diseño ACI-211. Se elaboraron testigos de concreto cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, los testigos de concreto fueron ensayados a la compresión a los 7 días, 14 días y 28 días; basados en las normas ASTM, MTC, NTP. Con respecto a los porcentajes de adición trabajados se obtuvo mejores resistencias a la compresión con el 10%, con el 20% y 30% de adición se obtuvo una resistencia inferior a la del concreto con 10% de adición pero superior a la resistencia de la muestra patrón para el diseño de mezcla de 210 Kg/cm² y para el diseño de 175 Kg/cm² los 3 porcentajes de adición trabajados fueron superiores a la muestra patrón. Se llegó a concluir que hay un 99.7% de probabilidad que la arcilla calcinada mejora las propiedades resistentes del concreto a la compresión hasta en un 39% por lo cual la arcilla del distrito de Santa es un agregado que puede ser utilizado en las construcciones de la zona garantizando que la resistencia de diseño sea superada .

ABSTRACT

The present work of investigation consisted of improving the resistant physical properties of the structural concrete of the populated center of the district of Santa so that for its development calcined clay was used at 850 C° in 10%, 15% and 20% respectively. The research consists in developing a Quantitative - Experimental type investigation to elaborate concrete of 210 Kg/cm^2 and 175 Kg/cm^2 adding calcined clay in the mentioned percentages based on the weight of the cement. The tests were performed on the respective aggregates according to the Peruvian Technical Standard, then the mix design was developed for a resistance of 210 Kg/cm^2 and 175 Kg/cm^2 , for a standard mixture and also for addition percentages (10%, 15%. % and 20%) according to the ACI-211 design methodology. Cylindrical concrete witnesses of 15 cm in diameter and 30 cm in height were made; the concrete witnesses were tested by compression at 7 days, 14 days and 28 days; based on the ASTM, MTC, NTP standards. With respect to the percentage of addition worked was obtained better resistance to compression with 10%, with 20% and 30% addition was obtained a lower strength than the concrete with 10% addition but higher than the strength of the sample pattern for the mix design of 210 Kg/cm^2 and for the design of 175 Kg/cm^2 the 3 addition percentages worked were superior to the standard sample. It was concluded that there is a 99.7% probability that the calcined clay improves the resistant properties of the concrete to the compression until in a 39% reason why the clay of the district of Santa is an aggregate that can be used in the constructions of the zone guaranteeing that the resistance of design is overcome.



INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia en el sector de la construcción se han buscado alternativas tecnológicas especiales para realizar obras. En la antigüedad los romanos utilizaron la puzolana como aditivo en la elaboración de concreto, así también utilizaron aditivos naturales como leche, sangre, grasa animal para mejorar las propiedades de concretos y morteros. En la actualidad la mayoría de las mezclas de concreto contienen adiciones en porcentaje al peso del cemento. Estos materiales son generalmente subproductos de otros procesos o materiales de procedencia natural, estos pueden o no ser procesados antes de ser utilizados en la elaboración de concreto. Algunos de estos materiales son denominados puzolanas, que por sí mismos no tienen propiedades cementantes, pero cuando se utilizan con el cemento portland, reaccionan para formar componentes cementantes. Otros materiales, como las escorias presentan propiedades cementantes, varios materiales naturales poseen estas propiedades que se activan mediante el proceso de calcinación como es el caso de la arcilla, que al ser sometida a elevadas temperaturas se activan estas propiedades, otro ejemplo es del caolín que al ser sometido a temperaturas de 550 se produce el meta caolín que contiene propiedades cementantes. A continuación, se describe brevemente las etapas que tendrá esta investigación:

En el capítulo I, se realiza los aspectos generales, donde se exponen los antecedentes que dan base a esta investigación, del mismo modo el planteamiento de la problemática, lo que origina al tipo de investigación usado.

En el capítulo II, se verá al marco teórico, esta parte es lo fundamental de la tesis, debido a que en este capítulo se desarrollaron las teorías que fundamentan el proyecto con base al planteamiento del problema que se realizó, es decir, esta base teórica, es lo que ha permitido la interpretación de los resultados para que finalmente podamos realizar la formulación de conclusiones.

En el capítulo III, se describe minuciosamente (pero sin exageraciones ni redundancias) la forma cómo se realizó el estudio; es decir, aquí se presenta los materiales y métodos utilizados en la investigación. Quiere decir tal y como se realizó la investigación, todos los materiales usados y los métodos que fueron necesarios para lograr los resultados.

En el capítulo IV, se tratara los resultados de la investigación y a su vez la discusión en base de los objetivos planteados.

En el capítulo V, se presenta las conclusiones a las que se ha llegado, quiere decir, se tomaron las ideas principales y en base a lo investigado y los métodos usados han sido resumidas, del mismo modo se presentan, las respectivas recomendaciones.

En el capítulo VI, se presenta las referencias bibliográficas utilizadas en la investigación.

Finalmente, en el capítulo VII se presentara los anexos donde se justifica los resultados de la investigación, Ensayos realizados, Memorias de Cálculo, Panel Fotográfico, entre otros.

1.1. ANTECEDENTES

En la historia de la humanidad los constructores han buscado soluciones tecnológicas especiales para realizar sus obras. En el siglo I d.C. Antonio Vitrubio relata que los Romanos utilizaron la puzolana como aditivo mineral en la elaboración de sus concretos, éstas fueron extraídas de un pueblo llamado Pozzuoli, era una piedra volcánica, porosa y ligera, así también utilizaron aditivos naturales como leche, sangre y grasa animal para mejorar la trabajabilidad de las mezclas en concretos y morteros. (Villegas, 2012).

Las puzolanas son materiales silíceos o aluminio-silíceos a partir de los cuales se producía históricamente el cemento, desde la antigüedad romana hasta la invención del cemento Portland en el siglo XIX. Hoy en día el cemento puzolánico se considera un material económico. La definición amplia de puzolana no se ocupa del origen del material, solo de su capacidad de reaccionar con hidróxido de calcio y agua. Dentro del término actividad puzolánica está comprendida la cuantificación de esta capacidad. (Pasquel, 2000).

La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Según las impurezas que contiene se presenta diversas coloraciones, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Las arcillas activadas o calcinadas artificialmente son un tipo de puzolanas: por ejemplo residuos de la quema de los ladrillos de arcilla u otros tipos de arcilla que se hayan sometidos a temperaturas superiores a los 800 °C.

El caolín es un mineral de arcilla es un mineral de arcilla que forma parte del grupo de minerales industriales, con la composición química $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, al calcinar el caolín a temperaturas de 550 °C se produce metacaolín (Aluminosilicatos activo térmicamente). (Concrete Association National Ready Mixed, 1998).

De estos materiales algunos son denominados puzolanas, que por sí mismos no tienen propiedades cementantes, pero cuando se adicionan con el cemento portland, reaccionan para formar componentes cementantes. Las escorias, son otros materiales que presentan propiedades cementantes. Algunos materiales naturales poseen, o son procesados para poseer propiedades puzolánicas. Las puzolanas naturales son generalmente de origen volcánico y si son enfriados rápidamente estos materiales silíceos tienden a ser reactivos. Las puzolanas naturales comercialmente disponibles incluyen el caolín calcinado y las arcillas (Concrete Association National Ready Mixed, 1998).

En los últimos años el crecimiento de la construcción en el país ha sido imparable, así como los costos de la mano de obra, los materiales y administración de obras civiles, este crecimiento ha sido posible como resultado del notable desarrollo de la tecnología de los materiales, especialmente adiciones y aditivos, y de las investigaciones de laboratorio orientadas a satisfacer la demanda de los profesionales por concretos cada vez mayores. (Rivva, 2002).

De acuerdo a la ACI 318 define el concreto estructural como:

“Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado” (American Concrete Institute - ACI 318S-05, 2005)

Según la Norma E. 060 Concreto Armado (2009) la resistencia mínima de diseño del concreto estructural no debe ser menor a los 17 Mpa $\langle \rangle$ 175 Kg/cm² y la resistencia mínima para concreto simple no menor a 15 Mpa $\langle \rangle$ 140 Kg/cm².

A continuación se presenta investigaciones en la que usan arcilla como materia prima en la construcción:

Según Chagas (2001) en su investigación “Concreto de Alto rendimiento con Metacaulinita”, se caracterizó una puzolana producida por la activación térmica de una arcilla caulinítica extraída de la planicie aluvial del municipio Campo Dos Gotaycazes después procesos de molienda, quema y cribado, la arcilla desarrolla propiedades puzolánicas, asociadas a la formación de la metacaulinita (material de elevada desorden estructural), a partir de los resultados de los ensayos se concluyó que la sustitución de cemento Portland por meta caolín demostró ser eficaz para los propósitos de elevación de la resistencia a la compresión de hormigones y morteros. La sustituciones del 10% y del 15% presentaron un aumento, en comparación concreto de referencia, de aproximadamente el 30% en la resistencia a los 28 días. Tanto el rendimiento de la puzolana en morteros, sin adición de superplastificantes, como en concretos con relación agua/aglomerante de 0,40 (conteniendo 2% de superplastificante, en masa) fueron satisfactorios, vale destacar que en función de la vasta ocurrencia de yacimientos arcillosos en Brasil y de sus características, particularmente en lo que se refiere a la reactividad, la metacaulinita se presenta como una alternativa de uso como adición mineral al cemento Portland puzolánico y como sustitución al cemento en hormigones y morteros de alto rendimiento.

Según Mejía, Torres Y Silva (2006) en su investigación “Influencia De La Adición De Metacaolín A Morteros Y Hormigones”, en el cual reportan resultados sobre las propiedades físico-mecánicas, tales como resistencia a compresión, absorción de agua total y capilar, tamaño y distribución de poros; de morteros y hormigones adicionados

con metacaolín (MK) producido en Colombia a partir de un caolín de alta pureza, cuyo carácter puzolánico fue comprobado mediante técnicas químicas.

Los resultados se obtuvieron de los ensayos de resistencia a compresión de mezclas de hormigón adicionadas con MK en porcentaje hasta del 30%. De estos resultados presentados se puede apreciar que los hormigones adicionados con MK, en órdenes de hasta un 20%, superan al patrón a edades tempranas. Estos resultados concuerdan con otros investigadores quienes atribuyen este comportamiento a la actividad puzolánica del Metacaolín.

Según Restrepo y Tobón (2006) en su investigación “Efectos De La Adición De Metacaolín En El Cemento Portland” donde presentan una amplia revisión del cemento Portland y de los efectos de la adición de metacaolín (MK) en su fabricación, considerando el MK como un producto que tiene efectos puzolánicos. Para ello se define previamente el concepto de puzolanas y se explica su acción en la química, mineralogía y estructura del cemento.

Los resultados de la investigación establecen que al realizar reemplazos de MK por cemento con porcentajes del 10%, se logran los máximos valores de resistencias a compresión. Valores superiores al 10% no muestran aumentos significativos. Las máximas resistencias relativas se dieron a los 14 días, lo que les permitió establecer que la actividad puzolánica del MK alcanza su punto máximo de reacción en este período de tiempo.

Según Mancipe, Pereira y Bermúdez (2007) en su tesis “Diseño De Concretos De Alta Resistencia A Partir De Una Puzolana Natural” donde buscan diseñar, implementar y concluir si es posible realizar un concreto modificado con caolín, que sea más resistente, económico y de alta calidad que un concreto tradicional. Los resultados arrojaron una resistencia a los 28 días de 3785 PSI (lb/in²) y el porcentaje más óptimo

de caolín es el del 5% ya que a los 28 días resultó una resistencia de 2961 PSI, pero no fue suficiente para superar la resistencia del concreto tradicional.

Con estos resultados obtenidos se concluye que el diseño hecho con caolín no cumple con las expectativas propuestas, ya que debido a la adición de caolín el concreto bajó su resistencia a la compresión.

Según Alujas, Fernández, Martirena y Quintana (2010) en su investigación “Empleo de arcillas caoliniticas de bajo grados activados térmicamente como una alternativa para el reemplazo del cemento” demuestra que las arcilla a con bajo porcentaje de caolinita al ser calcinadas tiene un alto potencial para sustituir porcentualmente al cemento, la reactividad puzolánica en pastas con una 30% de sustitución se evaluó a temperaturas de curado de 20 y 30 °C mediante determinación del consumo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y en morteros por ensayos de resistencia mecánica. El proceso de sedimentación demostró ser una sencilla y eficaz herramienta en el pre tratamiento de la roca arcillosa, permitiendo la extracción y concentración de las fases arcillosas capaces de desarrollar actividad puzolánica por activación térmica.

A pesar de su relativamente bajo contenido de Caolinita (~ 40 %) la fracción arcillosa estudiada, luego de ser calcinada a temperaturas de 600 y 800 °C, mostró, tanto en pastas como en morteros con un 30% de reemplazo de CPO (Cemento Portland Ordinario), excelente reactividad puzolánica a partir de los 7 días, mientras que para una temperatura de calcinación de 925 la reactividad puzolánica mostrada fue baja o moderada, en dependencia de la temperatura de curado.

Según Acuña y Figueredo (2013) en su investigación “Elaboración De Hormigones De Alta Resistencia Utilizando Metacaolín De Producción Paraguaya”, el objetivo es evaluar la potencialidad de una arcilla caolinita calcinada (Metacaolín) de la República del Paraguay; estableciendo las características técnicas óptimas del

Metacaolín a fin de ser utilizado como adición mineral en Concretos de Alta Resistencia. De esta forma, después de la extracción, molienda y calcinación, fueron realizadas ensayos químicos y físicos. Finalmente el Metacaolín producido fue utilizado en la elaboración de Concreto de Alta Resistencia, verificándose las propiedades mejoradas con el empleo del producto. Al concluir se constató que una sustitución de 15% de cemento por Metacaolín, en hormigón, produjo los mayores incrementos de resistencia a la compresión. Los hormigones con sustitución parcial de cemento por Metacaolín presentan resistencias a la compresión axial superiores a los hormigones sin sustitución. En todos los cuerpos de prueba ensayados a compresión axial se verificaron resistencias mayores a 50 MPa, a las edades de 28 y 56 días. El Metacaolín producido es apto para la elaboración de hormigón de alta resistencia.

Según Ramírez, y otros (2016) en su investigación “Evolución de la actividad puzolánica del material arcilloso del depósito La Delta Moa, Cuba”. La calcinación se realizó a temperaturas de 650 °C y 750 °C y los productos de calcinación fueron sometidos a análisis granulométrico y a un analizador de partículas. Se encuentra en la arcilla de un contenido total de dióxido de silicio, alúmina y óxido de hierro superior al 70% y la presencia de una caolinita que favorece la obtención de un material puzolánico altamente reactivo. La variación de temperatura de calcinación, de 650 °C a 750 °C, contribuye al aumento de la resistencia mecánica, asociado con el grado de desorden estructural de la caolinita.

En el Perú también a comenzando a investigar sobre el uso y la influencia de la arcilla en el concreto.

Solano y Mercedes en su investigación “Influencia Del Caolín Como Reemplazo Parcial Del Cemento En La Resistencia A Compresión Axial Del Concreto De $F'c =$

210 Kg/cm²”, se reemplazó 5%, 10% y el 15% cemento por caolín y se verificó al realizar el ensayo a compresión del concreto a los 28 días que la resistencia aumenta a medida que aumenta el porcentaje de caolín, con respecto a la muestra patrón. En la muestra con reemplazo de 15% de cemento por caolín ensayado a los 28 días, se logra un F’c máximo de 392.45 Kg/cm² que representa un aumento de 87.06% con respecto a la muestra sin incorporación.

Gonzales, en su investigación “Resistencia del mortero con cemento sustituido por el 13% por una combinación de arcilla y concha cuchara” tuvo como propósito determinar la resistencia alcanzada del mortero al sustituir al cemento en un 13% por la combinación de arcilla pulverizada y concha cuchara, estudio que se realizó en la ciudad de Chimbote en el año 2017, utilizando agregado de la cantera de Samanco, la arcilla de Acopampa - Carhuaz, concha cuchara de Pucallpa y con cemento portland tipo I, con la finalidad de encontrar alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil. Esta investigación trato sobre la sustitución del cemento sobre el mortero de albañilería, en primer lugar se estudió los materiales que lo componen, la sustitución del cemento será por la combinación de arcilla y concha cuchara, teniendo en cuenta sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, luego de las propiedades del mortero de cemento-arena con dosificaciones según lo que menciona la NTP 339.051 (2013), seguido se realizaron morteros de cemento-arcilla-concha cuchara.

Se determinó que la combinación arcilla y concha cuchara en 13%, donde se obtuvieron resultados significativos con respecto al diseño patrón, demostrando que la nueva adición puede ser usada en obras de construcción, brindándole a la población estructuras de alta resistencia.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI -2017), afirma que 1 de cada 10 viviendas es de calidad inadecuada. Infraestructura de la vivienda: paredes, piso y techos, el material que predomina en las paredes de la región Ancash es adobe o tapia (47.9%) seguido de ladrillo o bloque de cemento (39.1%), opuesto al escenario a nivel nacional donde el material que predomina en paredes es ladrillo o bloque de cemento (55.8%) y por debajo adobe o tapia (27.9%). Respecto a techos se tiene que el material más utilizado en la construcción de techos en la vivienda de Ancash es calamina, fibras de cemento o similares (34.4%) y solo el (28.7%) tiene concreto armado, en tanto a nivel nacional el material más utilizado es concreto armado (42.8%), seguido por planchas de calamina, fibras de cemento o similares (3.2%).

Por otro lado, las construcciones en el distrito de Santa son de carácter informal, esto se da por la falta de asesoramiento técnico y profesional de un especialista, así como la negligencia y desinformación. Sumado a ello se observa el poco aprovechamiento de los recursos disponibles naturales de la zona como es: la arcilla.

Uno de los problemas de la zona es la falta de conocimiento de las propiedades de los agregados para la elaboración de concreto, los elementos estructurales de la vivienda (columnas, vigas, zapatas y losas) no son adecuadamente supervisados por un profesional, la demanda de viviendas seguras de bajo costo y fácil de construcción. Sumado a esto los grandes problemas generales en la elaboración del concreto son:

- La reducción de la resistencia del concreto, debido a la modificación sin ningún control de la relación a/c en busca de mejorar la trabajabilidad del

concreto.

A través del uso de la arcilla calcinada, se busca contrarrestar los efectos negativos en las construcciones informales del distrito de Santa, y a su vez utilizar un recurso natural abundante en dicha zona, generando así un desarrollo sostenible, brindándole un uso es decir, se busca mejorar la trabajabilidad sin alterar la resistencia mecánica final del concreto, con la finalidad de minimizar fisuras y realizar una adecuada planificación sobre las operaciones del concreto en obra (transporte, colocación, consolidación y acabado) sumado a esto que el concreto disminuya su peso unitario con fin de reducir la carga muerta de la estructura y así sus elementos estructurales (columnas, vigas, losas y zapatas) tengan menos dimensiones. Ante todas estas situaciones se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuánto mejora las propiedades físicas resistentes del concreto estructural, la adición de arcillas calcinadas del distrito del Santa?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

- Adicionar arcilla calcinada a la preparación del concreto estructural ($F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ y $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$) para mejorar sus propiedades físicas resistentes.

1.3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Elaborar la muestra patrón de resistencia a la compresión $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ y $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Determinar las propiedades físicas de la arcilla utilizada, en estado natural y calcinado.
- Determinar las propiedades del concreto estructural en su estado fresco y endurecido de la muestra patrón y del concreto estructural adicionado con porcentajes de arcilla calcinada. (10%, 15% y 20%).
- Comparar del resultado obtenido de las muestras ensayadas de concreto estructural convencional y concreto estructural con la adición de arcilla calcinada. (10%, 15% y 20%).

1.4. HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN

“La adición de arcilla calcinada del distrito de Santa, en la preparación de concreto estructural mejorará sus propiedades físicas en un 30%.”

1.4.1. VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Propiedades físicas del concreto estructural preparado con arcilla calcinada.

1.4.1.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Arcilla calcinada en porcentajes de 10%, 15% y 20%.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.5.1. ECONÓMICO

En el sector construcción la investigación sobre cómo ir mejorando las propiedades del concreto es uno de los temas importantes en el mundo, ya que toda construcción contribuye al desarrollo productivo y económico de los países como es el desarrollo urbanístico, construcción de viviendas, construcción de edificaciones.

1.5.2. SOCIAL

Esta investigación permite impulsar y promover soluciones en lo que respecta a la aplicación de arcillas que aporten un bien ecológico económico y científico de calidad; y así la gente pueda darle el uso correcto a este material que se encuentra en abundancia en el distrito de Santa.

1.5.3. INDUSTRIAL

En la industria concretera del Perú el desarrollo de mejoras para el concreto es uno de los temas fundamentales, ya que el concreto es uno de los productos más usados en la rama de la construcción, por lo tanto es importante el uso de nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento tanto de las dosificaciones como el producto terminado y que es determinante en la calidad definitiva del concreto.

1.6. LIMITACIÓN

1.6.1. LIMITACIÓN ESPACIAL

En la investigación solo se experimentará el comportamiento del concreto estructural adicionado arcilla calcinada y el concreto estructural convencional para una muestra patrón, los ensayos para obtener las propiedades mecánicas de dichos concretos se realizarán en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y en el Laboratorio de Tecnología de Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa. Además, se tendrá en cuenta que los materiales para la elaboración de concreto convencional y concreto adicionado con arcilla calcinadas serán del departamento de Ancash, provincia del santa.

- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Agregado grueso (piedra zarandeada $\frac{3}{4}$ ") de la cantera "La Sorpresa"
- Agregado fino de la cantera "La Sorpresa"
- Arcilla del distrito de Santa.

1.6.2. LIMITACIÓN TEMPORAL

La duración de la investigación comprenderá un lapso entre el mes de agosto del año 2018 hasta el mes de julio del año 2019.



MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. CONCRETO

2.1.1.1. DEFINICIÓN

En la norma E.060 se define al concreto como:

“Es la mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.”

El concreto es el material formado por de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades resistentes y aislantes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. (Pasquel. E, 1998-1999, p.10)

De esta definición se desprende como resultado un producto híbrido, que conjuga en menor o en mayor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades para formar un material que manifiesta un comportamiento particular y original. (Pasquel. E, 1998-1999, p.10)

En la actualidad el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. La calidad final del concreto depende del conocimiento del material asimismo como de la experiencia profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en mucho de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, procesos de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva. E, 2000, p.8).



FIGURA 1: CONCRETO

Fuente: Propia

2.1.1.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

La tecnología del concreto moderna define para el concreto 4 componentes: Cemento, agregados, agua y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. (Rivva. E, 2000, p.16).

Si bien en la definición tradicional se considera a los aditivos como un agregado opcional, en la definición moderna estos constituyen un agregado normal. Está demostrado científicamente la conveniencia de su uso en mejorar condiciones de resistencia, trabajabilidad y durabilidad, siendo la solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en equipo de colocación y mano de obra y mantenimiento, compactación, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Rivva. E, 2000, p.16)

Ya se ha establecido conceptualmente la necesidad de conocer a profundidad las propiedades de los componentes del concreto, pero se debe

puntualizar que de todos ellos, el que amerita un conocimiento especial es el cemento. Si se analiza la Fig.2 en que se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, el cemento es el componente activo que interviene en menor proporción, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento del concreto. (Pasquel. E, 1998-1999, p.15)

Aire = 1 % a 3 %
Cemento = 7 % a 15 %
Agua = 15 % a 22 %
Agregados = 60 % a 75 %

Figura 2: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto-Enrique Pasquel.

Pese a que en la formación en Ingeniería Civil todos los estudiantes llegan a conocer los conceptos básicos de química, no es usual que entre los colegas exista mucha afición hacia este campo (como es también el presente caso). Sin embargo, es necesario tener el conocimiento general de las consecuencias de las reacciones que se producen, por lo que durante el desarrollo de estos temas insistiremos en los aspectos prácticos antes que

en el detalle de fórmulas y combinaciones químicas si no aportan información de aplicación directa para el Ingeniero Civil. (Pasquel. E, 1998-1999, p.16)

2.1.1.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO

Para cada caso del uso del concreto se requieren determinadas propiedades. Es por ello que el conocimiento de todas y cada una de las propiedades del concreto, si como de la interrelación entre ellas, es de suma importancia para el ingeniero el cual debe decidir, para cada caso del uso del concreto, la menor o mayor importancia de cada una de las propiedades. (Rivva. E, 2000, p.22).

Al analizar las propiedades del concreto, el ingeniero debe recordar las limitaciones de las mismas en función de las múltiples variables que pueden actuar sobre el concreto modificándolo. En este análisis es importante que el ingeniero recuerde que el concreto, como cualquier otro material, puede sufrir adicionalmente modificaciones en el tiempo y que puede claudicar por fallas atribuibles a problemas de durabilidad, aun cuando su resistencia haya sido la adecuada. (Rivva. E, 2000, p.22).

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta. (Rivva. E, 2000)

2.1.1.4. CONCRETO EN ESTADO FRESCO

2.1.1.4.1. TRABAJABILIDAD

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian. (Rivva. E, 2000)

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa. (Rivva. E, 2000)

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso. (Rivva. E, 2000)

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo. (Rivva. E, 2000)

2.1.1.4.2. SEGREGACIÓN

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. (Rivva. E, 2000, p. 32)

Cuando la viscosidad del concreto se reduce por insuficiente concentración de la pasta, deficiente distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del concreto y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total del agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben inferir en más del 6%. (Rivva. E, 2000, p.31)

2.1.1.4.3. EXUDACIÓN

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y se sube hacia la superficie del concreto. Es un caso general de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades, el fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar. (Rivva. E, 2000,)

Está influenciada por el porcentaje de finos en los agregados y la finura

del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N°100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla. (Rivva. E, 2000)

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (Rivva. E, 2000)

2.1.1.4.4. CONTRACCIÓN

En función de los problemas de fisuración es una de las propiedades más importantes que acarrea con frecuencia. (Rivva. E, 2000, p.33)

La contracción intrínseca es un proceso irreversible donde la pasta de cemento se contrae por la reducción del volumen original del agua por combinación química. (Rivva. E, 2000, p.33)

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, dado que ocurre tanto en el estado endurecido como en el plástico si se permite que se pierda agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, se recupera gran parte de la contracción acaecida si se repone el agua perdida por secado. (Rivva. E, 2000, p.33)

Esta propiedad se tratara con mucha amplitud al tocar el tema de los cambios volumétricos en el concreto, siendo lo fundamental en este capítulo, el tener claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas indefectiblemente se fisura, y en muchos casos esta figuración es inevitable por lo que solo resta preverla y orientarla. (Rivva. E, 2000, p.34)

2.1.1.5. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

2.1.1.5.1. ELASTICIDAD

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo una carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico, ya que no presenta un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, generalmente se define como una recta tangente a la parte inicial del diagrama al “Modulo de elasticidad estático” del concreto, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión ultima. (Rivva. E, 2012)

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y en relación inversa con la relación agua/cemento.

Conceptualmente, las mezclas más pobres tienen módulos de elasticidad menores y menor capacidad de deformación que las mezclas ricas.

La norma que establece como determinar el Módulo de Elasticidad estático del concreto es la ASTM C-469. (Rivva. E, 2012)

2.1.1.5.2. RESISTENCIA

Es la capacidad que posee el concreto de soportar esfuerzos y cargas, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. (Rivva. E, 2012)

Depende principalmente de la relación Agua/Cemento en peso que influye en la concentración de la pasta de cemento. (Rivva. E, 2012)

Factores como son la temperatura y el tiempo, que influyen en las características resistentes de la pasta, sumados a otros elementos adicionales constituidos por la calidad de los agregados y las características cementantes del cemento, que complementan la estructura del concreto. (Rivva. E, 2012)

Un factor indirecto es el curado que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se lleguen a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. (Rivva. E, 2012)

Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 Kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias sobre los 700 Kg/cm². (Rivva. E, 2012)

Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión que bordean los 1500 Kg/cm², y todo parece indicar que el desarrollo de estas técnicas permitirá en el futuro superar incluso estos niveles de resistencia. (Rivva. E, 2012)

2.1.1.5.3. EXTENSIBILIDAD

Propiedad del concreto de deformarse sin fisurarse. Está en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran grietas.

Depende del flujo plástico y de la elasticidad, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. (Rivva. E, 2012)

El flujo plástico tiene la característica de ser parcialmente recuperable,

estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria. (Rivva. E, 2012)

2.1.2. CEMENTO PORTLAND

En la norma E. 060 del reglamento nacional de edificaciones se define al cemento portland como: Producto obtenido de la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

En la norma Técnica Peruana 334.009 se define al cemento como:

Cemento Hidráulico producido mediante la pulverización del clinker, el clinker está compuesto generalmente de sulfato cálcico y caliza como material adicionante durante la molienda.

- El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Conjuntamente con el Clinker se pulverizan los productos adicionales.
- El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de las siguientes de las siguientes normas:

- Los cementos Portland normal tipo I, II y V respectivamente con las Normas ITINTEC 334.038, o 334.040; o con las Normas ASTM C 150.
- Los cementos Portland puzolánicos Tipo 1P y 1PM deberán cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 334.044, o con la Norma ASTM C 595.

TABLA 1:

FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO

ENSAYOS	REQUISITOS			NORMAS DE REFERENCIA	NORMAS DE ENSAYO
REQUERIMIENTOS QUIMICOS					
MgO	Máximo	6.0	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
SO ₃	Máximo	3.0	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
Pérdida por Ignición	Máximo	3.5	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C114 NTP 334.086
REQUERIMIENTOS FISICOS					
Contenido de Aire	Máximo	12	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C185 NTP 334.048
Finura, Superficie Especifica	Mínimo	2,600	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 204 NTP 334.002
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 151 NTP 334.004
Resistencia a la Compresión					
a) Resistencia compresión a 1 día (*)	Mínimo	12.0 (1,740)	MPa (psi)	n / a	ASTM C 109 NTP 334.051
b) Resistencia compresión a 3 días	Mínimo	12.0 (1,740)	MPa (psi)	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 109 NTP 334.051
c) Resistencia compresión a 7 días	Mínimo	19.0 (2,760)	MPa (psi)	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 109 NTP 334.051
d) Resistencia compresión a 28 días	Mínimo	28.0 (4,060)	MPa (psi)	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 109 NTP 334.051
Tiempo de Fraguado					
a) Fraguado Inicial	Mínimo	45	minutos	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 191 NTP 334.006
b) Fraguado Final	Máximo	375	minutos	ASTM C150 NTP 334.009	ASTM C 191 NTP 334.006
REQUERIMIENTOS DE PESOS NETOS					
Peso unitario (Neto)	Mínimo	41.65	Kg	ASTM C 150 NTP 334.009	n / a
Peso promedio por lotes ≥ 50 bolsas (Neto)	Mínimo	42.50	Kg	ASTM C 150 NTP 334.009	n / a

FUENTE: CEMENTOS PACASMAYO

2.1.2.1. FABRICACIÓN DEL CEMENTO

Para la fabricación del cemento portland se procede, esquemáticamente de la siguiente manera:

La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura, mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Se produce un polvo fino al triturar, mezclar y moler la materia prima, material calizo y el material arcilloso. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o húmedo. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe>)

El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial de proceso de calentamiento el agua y el anhídrido carbónico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones más calientes del horno se producen las reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla cruda. Durante estas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe>)

El producto resultante, Clinker, cae a uno de los diversos tipos de enfriadores, o se deja enfriar al aire. Posteriormente se combina con un porcentaje determinado de yeso y el conjunto se muele hasta convertirlo en un polvo muy fino al que se conoce como cemento portland. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).

2.1.2.2. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

2.1.2.2.1. CEMENTO TIPO I

Según la UMACON (2017) al cemento tipo I se le conoce como:

“El cemento normal de uso común. Se usa en toda construcción para las cuales no se desea una protección especial, o las condiciones de trabajo de la obra no involucran condiciones climáticas severas ni el contacto con sustancias perjudiciales como los sulfatos”.

En este tipo de cemento el silicato tricálcico (C_3S) se encarga de generar una notable resistencia a edades cortas, como consecuencia, genera también la mayor cantidad de calor de hidratación. Por su parte el silicato dicálcico (C_2S) se encarga de generar resistencia a edades tardías. En este tipo de cemento los aluminatos se hidratan también de una forma rápida pero coadyuvan de una manera menos significativa en la resistencia final, sin embargo son compuestos potencialmente reactivos, en caso de la presencia de sulfatos en solución forman sulfoaluminatos, los cuales producen expansiones que llegan a desintegrar totalmente al concreto o a cualquier otro producto a base de cemento. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).

2.1.2.2.2. CEMENTO TIPO II

El cemento Tipo II se conoce como cemento Portland de moderado calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos, esto se explica por la disminución del silicato tricálcico y de aluminato tricálcico con respecto al cemento normal. Este cemento se emplea en estructuras moderadamente masivas como grandes columnas o muros de concreto muy anchos, este tipo de cemento evita que el concreto se agriete debido

a los cambios térmicos que sufre durante la hidratación.

Se recomienda usar este tipo de cemento en estructuras donde se requiere una protección moderada contra la acción de los sulfatos, como en cimentaciones y muros bajo tierra, donde las concentraciones de sulfatos no sean muy elevadas. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).

2.1.2.2.3. CEMENTO TIPO III

El cemento Tipo III se conoce como de resistencia rápida, este tipo de cemento se usa cuando hay la necesidad de desencofrar rápido con el objeto de acelerar otros trabajos y poner en servicio la obra lo más pronto posible. La resistencia que desarrolla durante los primeros siete días es notable debido principalmente a la presencia de altos contenidos de silicato tricálcico y bajos contenidos del silicato dicálcico. (UMACON, 2017)

Además de la composición química, los cementos adquieren la propiedad de ganar resistencia rápidamente cuando la finura a la que se muele el Clinker es mayor que la del cemento normal. (UMACON, 2017)

2.1.2.2.4. CEMENTO TIPO IV

El cemento Tipo IV o de bajo calor de hidratación desarrolla su resistencia más lentamente que el cemento normal debido a los bajos contenidos de silicato tricálcico, este tipo de cemento genera menor calor que el cemento normal en la etapa de fraguado. (UMACON, 2017)

Este cemento se usa en la construcción de estructuras masivas como las presas de concreto, donde se requiere controlar el calor de hidratación a

un mínimo con el objeto de evitar el agrietamiento. (UMACON, 2017)

2.1.2.2.5. CEMENTO TIPO V

Una de las características particulares del cemento Portland tipo V es la resistencia a los sulfatos, por tanto, su ámbito de aplicación son las estructuras hidráulicas y plataformas marinas. ¿Cómo se lograra la resistencia al sulfato? Lógicamente al minimizar el contenido C_3A , ya que dicho compuesto es muy susceptible a lo que se refiere al sulfato. (UMACON, 2017).

2.1.2.2.6. CEMENTO TIPO MS

El cemento Tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde hay altas concentraciones de sulfatos en el agua del subterráneo, son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas.

Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland Tipo II. Como el Tipo II, se debe preparar el concreto de cemento Tipo MS con baja relación agua materiales cementantes para que se garantice la resistencia a los sulfatos. Es un cemento portland con adiciones de escoria de altos hornos, el cual tiene una actividad potencial brindando al concreto moderado calor de hidratación, moderada resistencia a los sulfatos y otras características. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>)

Este cemento es más resistente a la agresión química, ya que debido a la acción química de sus adiciones activas es más resistente cuando se encuentra en contacto con suelos húmedos que contienen sulfatos y sustancias salitrosas que deterioran el concreto. Es adecuado para

estructuras, cimentaciones y pisos. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>)

Este cemento desarrolla con el tiempo una resistencia mecánica superior a la del cemento de uso común. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>)

Está compuesto por 30% de escoria, 5% yeso y 65% Clinker. Debido a sus propiedades de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos se compara con el cemento tradicional Tipo III que tiene requisitos físicos iguales, a excepción del tiempo de fraguado que para el Cemento tipo MS es de 420 minutos y para el Cemento Tipo II de 375 minutos.

El cemento Tipo MS esta normado por la ASTM C 1157 y en el Perú por la NTP 334.082. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>)

2.1.2.2.7. CEMENTO PUZOLANICO

Este tipo de cemento es de mayor resistencia a los agentes químicos, se caracteriza por desarrollar menos calor al fraguar, tener menor dilatación y ser más impermeable que el Cemento Portland, disminuyendo la exudación y segregación. (Construmatica. Recuperado de https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento_Puzol%C3%A1nico).

Cuando la puzolana se mezcla con cal (en la relación de 2 a 1) se comporta como el cemento puzolánico, y permite la preparación de una buena mezcla en grado de fraguar incluso bajo agua. Esta propiedad

permite el empleo de hormigón resistente al embate del agua, ya entendido por los romanos durante el imperio: El antiguo puerto de Cosa fue construido con puzolana mezclada con cal apenas antes de su uso y colada bajo agua, mediante un tubo, para depositarla en el fondo sin que se diluya en el mar. (Construmatica. Recuperado de <https://www.construmatica.com/construpedia/CementoPuzolanico>).

Un cemento puzolánico está formado por:

- 55 a 70% de Clinker Portland
- 30 a 45% de puzolana
- 2 a 4% de yeso

Nota: De los Cementos Portland mencionados en el Perú solo se fabrican: Cemento Tipo I, Cemento tipo II, Cemento Tipo V, Cemento tipo MS y Cemento Puzolánico. (Cemento Pacasmayo. Recuperado de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>)

2.1.3. AGREGADOS

Se definen como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total y tienen una importancia primordial en el producto final. (Pasquel. E, 1998-1999, p.69)

La denominación del término inerte es relativa, porque no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad, etc.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto. (Pasquel. E, 1998-1999, p.69)

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total entre las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto este unido por la pasta de cemento. (Pasquel. E, 1998-1999, p.69)

2.1.3.1. AGREGADO FINO

EL agregado fino proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz ITINTEC 9,5mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037.

El agregado fino puede constar de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente. (Pasquel E, 1998-1999, p.74)

El agregado fino no deberá contener cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas. (Pasquel E, 1998-1999, p.74)

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma ITINTEC 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente. (Rivva E, 2000, p.64).

La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la

serie de Tyler. (Rivva. E, 2000, p.64).

El agregado fino no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. (Rivva. E, 2000, p.64)

Es recomendable que la granulometría del agregado fino se encuentre dentro de los siguientes límites:

TABLA 2:

Límites Granulométricos.

MALLA		% QUE PASA
3/8"	---	100
Nº 4	---	95 – 100
Nº 8	---	80 – 100
Nº 16	---	50 – 85
Nº 30	---	25 – 60
Nº 50	---	10 – 30
Nº 100	---	2 - 10

FUENTE: Diseño De Mezclas - Enrique Rivva López.

El porcentaje indicado para las mallas Nº50 y Nº100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 225 Kg/m³, o en concretos sin aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 300 Kg/m³, o si se emplea un aditivo mineral para suplir la deficiencia en el porcentaje que pasa por estas mallas. (Rivva. E, 2000, p.65).

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor asumido este entre 2.35 y 3.15. (Rivva. E, 2000, p.65)

Si se excede el limite indicado de más o menos 0,2, el agregado podrá ser rechazado por la inspección o, alternativamente, ésta podrá autoriza ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducciones en el contenido de cemento. (Rivva. E, 2000, p.65)

Podrá emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos indicados siempre que:

La coloración en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, o partículas similares. (Rivva. E, 2000, p.66).

Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio. Rivva. E, 2000, p.66).

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- Lentes de arcilla y partículas desmenuzables..... 3%
- Material más fino que la malla N°200
- Concreto sujetos a abrasión..... 3%
- Otros concretos..... 5%

Carbón:

- Cuando la apariencia superficial del concreto es importante 0,5%
- Otros concretos..... 1%

(Pasquel. E, 1998-1999, p.76)

2.1.3.2. AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz ITINTEC 4.75mm (N°4) y cumple los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037. (Pasquel. E, 1998-1999, p.78)

El agregado grueso podrá constar de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. En la preparación de concretos livianos el agregado grueso podrá ser natural o artificial, (Pasquel. E, 1998-1999, p.78)

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa. (Pasquel. E, 1998-1999, p.78)

Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humos, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (Pasquel. E, 1998-1999, p.78)

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma ITINTEC 400.037 o en la Norma ASTM C 33.

Es recomendable tener en consideración lo siguiente:

- La granulometria seleccionada debera ser de preferencia continua.
- La granulometria seleccionada deberá permitir obtener l maxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en funcion de las condiciones de colocacion de las mezclas.
- La granulometria sleccionada no deberá tener mas del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no mas de 6% del agregado que pasa la malla de 1/4”. (Pasquel. E, 1998-1999, p.78)

TABLA 3:**Límite De Graduación Agregado Grueso.**

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2 "	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8
2"	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 30	-	0 - 5	-
1 1/2"	100	95 - 100	-	35 – 70	-	10 – 30	0 – 5	-
1"	-	100	95 – 100	-	25 – 60	-	0 – 10	0 – 5
3/4"	-	-	100	90 - 100	-	20 – 55	0 – 10	0 – 5
1/2"	-	-	-	100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5
3/8"	-	-	-	-	100	85 - 100	10 – 30	0 - 10

FUENTE: Diseño De Mezclas - Enrique Rivva López

- El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:
 - Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
 - Un tercio del peralte de las losas.
 - Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo; paquetes de barras; torones; o ductos de preesfuerzo. (Norma E.060, Reglamento Nacional de Edificaciones)
- En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá, con autorización de la inspección, reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.
- Las limitaciones anteriores podrán ser igualmente obviadas si, a criterio de la Inspección, la trabajabilidad y los procedimientos de compactación utilizados en el concreto permiten colocarlo sin formación de vacíos o cangrejeras. (Pasquel .E, 1998-1999, p.78)

- El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

- Arcilla..... 0,25%
- Partículas deleznable..... 5,00%
- Material más fino que la malla N°200..... 1,00%
- Carbón y lignito:
 - Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia..... 0,50%
 - Otros concretos..... 1,00%

(Rivva. E, 2000, p.72).

2.1.3.3. CARACTERÍSTICAS

2.1.3.3.1. PESO UNITARIO

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, o que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. (Pasquel .E, 1998-1999, p.74)

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica
- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa.

En el agregado grueso el contenido de humedad hace variar el peso

unitario, Si se incrementa el contenido humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario. (Rivva. E, 2000, p.152)

2.1.3.3.2. PESO ESPECÍFICO

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados correspondan a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales. (Rivva. E, 2000, p.153)

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2.5 y 2.7 Kg/m³. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.74)

La norma ASTM C 128 considera tres formas de expresión del peso específico:

- Peso específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12 como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire

de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco: el cual es definido como el mismo peso específico de masa, excepto que esta incluye el agua en los poros permeables.
- Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable. (Rivva .E 2000, p.159)

2.1.3.3.3. ABSORCIÓN

La absorción es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. (Pasquel. E, 1998-1999, p.76)

La capacidad de absorción es una medida de la porosidad del agregado, estimándose que valores en exceso del 2% al 3% pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva. Agregados que absorben valores mayores que los indicados pueden ser aceptables si el tamaño de los poros es grande. (Rivva. E, 2000, p.160)

2.1.3.3.4. HUMEDAD

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. (Pasquel. E, 1998-1999, p.77).

2.1.4. AGUA

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma ITINTEC 334.088 y ser, de preferencia, potable. (Rivva. E, 2012)

Está prohibido el empleo de aguas ácidas; calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados. (Rivva. E, 2012)

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, previa autorización de la inspección, únicamente si:

- Estan limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia organica, u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo, o elementos embebidos.

- Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas. Ello debido a que no solo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad del volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.
- La calidad del agua, determinada mediante analisis de laboratorio, cumple con los valores que a continuacion se indican; debiendo ser aprobados por la inspeccion las excepciones a los mismos. (Rivva. E, 2012)

TABLA 4 :

Límites Permisibles del Agua Para Concreto.

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
SOLIDOS EN SUSPENSION	5000 P. P. M. MAXIMO
MATERIA ORGANICA	3 P. P. M. MAXIMO
ALCALINIDAD (NAHCO ₃)	1000 P. P. M. MAXIMO
SULFATO (ION SO ₄)	600 P. P. M. MAXIMO
CLORUROS (ION CL)	1000 P. P. M. MAXIMO
PH	5 A 8

FUENTE: NTP.339.088

- La selección de las proporciones finales del concreto se basa en resultados de ensayos de resistencias en compresion en los que se ha utilizado en la preparacion del concreto, agua de la fuente elegida.
- Los cubos de mortero preparados con el agua seleccionada, y ensayados siguiendo las recomendaciones de la Norma ASTM C 109 tienen, a los 7 y 28 dias resistencia en compresion no menores del 90% de las muestras similares preparadas con agua potable.
- Las sales y otras materias dañinas que pudieron estar presente en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a aquellas que aporta el agua de mezclado, a fin

de evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes que pueden dañar el concreto, el acero de refuerzo, o los elementos embebidos.

- Si en el concreto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruro deberá disminuir a 50ppm.
- .El contenido de ión cloruro presente en el agua y demás ingredientes del concreto no deberá exceder, expresado como porcentaje en peso del cemento, de los siguientes valores:

- Concreto presforzado..... 0,06%
- Concreto armado, con elementos de aluminio ó de fierro galvanizado embe..... 0,06%
- Concreto armado no protegido, el cual puede estar sometido a un ambiente humedo pero no expuesto a cloruros..... 0,15%
- Concreto armado que deberá estar seco o pretegido de la humedad durante su vida por medio de recubrimiento impermeable..... 0,80%

(Rivva. E, 2012)

2.1.5. PUZOLANAS

2.1.5.1. DEFINICIÓN

La norma NTP 334.090 Y ASTM C-618 define a la puzolana como “material silíceo - aluminoso, que finamente dividido y en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas”

2.1.5.2. CLASIFICACIÓN DE LAS PUZOLANAS

Según la NTP 334.104 y ASTM C-618 (Cementos. Adiciones minerales del concreto: puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Especificaciones). Definen tres clases de cenizas volantes:

Clase F: Ceniza volante producidas por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso. Cenizas que poseen propiedades puzolánicas.

Clase N: Puzolanas naturales crudas o calcinadas, tal como las diatomitas; tufos y cenizas volcánicas, calcinadas o sin calcinar; y materiales que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.

Clase C: Ceniza volante producida por la calcinación de carbón subbituminoso o lignito. Esta clase de ceniza, además de tener propiedades puzolánicas, también tiene propiedades cementicias.

Las puzolanas se clasifican en puzolanas naturales y artificiales, los requisitos químicos de las puzolanas se ven en la tabla siguiente:

TABLA 5:

Requisitos Químicos De Las Puzolanas.

Composición Química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + Oxido de Aluminio (Al ₂) ₃) + Oxido de Fierro (Fe ₂ O ₃), % min.	70.0	70.0	50.0
Trióxido de Azufre (SO ₃), % máx.	4.0	5.0	5.0
Contenido de humedad, % máx.	3.0	3.0	3.0
Perdida por calcinación, % máx.	10.0	6.0 [^]	6.0

[^] Se puede emplear puzolana de Clase F con contenidos de hasta 12 % de perdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayo de laboratorios aceptables

FUENTE: ASTM C 618 – 03 / NTP 334.104, 2008

2.1.5.3. CLASIFICACIÓN DE LAS PUZOLANAS NATURALES Y ARTIFICIALES

2.1.5.3.1. PUZOLANAS NATURALES:

Cenizas volcánicas, se forman por erupciones de carácter explosivo, en pequeñas partículas que son templadas a temperatura ambiente, originando la formación del estado vítreo (ASTM C-618/ NTP 334.104).

Tufos o tobas volcánicas (zeolitas), producto de la acción hidrotermal sobre las cenizas volcánicas y de su posterior cementación diagenética.

Tierras de diatomeas (diatomitas), puzolanas de origen orgánico.

Depósitos de caparzones silíceos de microscópicas algas acuáticas unicelulares (diatomeas). (ASTM C-618/ NTP 334.104).

2.1.5.3.2. PUZOLANAS ARTIFICIALES:

Las puzolanas artificiales son sub-productos industriales y materiales tratados térmicamente y se clasifican de la siguiente forma:

- Cenizas volantes, subproducto de centrales termoeléctricas que utilizan carbón pulverizado como combustible. Se separan de los gases de combustión por precipitación mecánica o electrostática. (ASTM-C 618/ NTP 334.104)
- Arcillas activadas térmicamente, las arcillas naturales no presentan actividad puzolánica a menos que su estructura cristalina sea destruida mediante un tratamiento térmico adecuado. (ASTM C-618/ NTP 334.104)
- Micro sílice (sílice fume), subproducto de la reducción del cuarzo de alta pureza con carbón en hornos de arco eléctrico para la producción de silicio o aleaciones de ferro silíceo.

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO)

2.2.1.1. PROCEDIMIENTO

Se colocó la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas.

Se mezcló bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces.

Cada parte tomada de la base se deposita en el lado superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.

Cuidadosamente se aplana y extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarteo del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.

Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino limpiando luego con cepillo o escoba los espacios libres. Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida.



FIGURA 3. Cuarteo Del Agregado Grueso

FUENTE: PROPIA



FIGURA 4: Cuarteo Del Agregado Fino.

FUENTE: PROPIA

2.2.2. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

2.2.2.1. ENSAYOS DE LA GRAVA Y LA ARENA

2.2.2.1.1. DETERMINACIÓN DE PESO UNITARIO SUELTO SEGÚN LA NORMA NTP 400.017

Es la relación del peso de la muestra seca con el volumen del recipiente, se expresa en Kg/m^3 . El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, granulometría y tamaño máximo asimismo depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación, la forma de colocación, etc.

a. Equipo y Accesorios

- Balanza sensible al 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Recipiente cilíndrico de metal y $1/10 \text{ ps}^3$ de capacidad.
- Barra compactadora de acero, lisa de $5/8''$ de diámetro y aproximadamente 60 cm. de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Pala, badilejo y regla.

b. Calibración del Recipiente

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a $16,7^\circ\text{C}$. Para cualquier unidad el factor "f" se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a $16,7^\circ\text{C}$ (1000 Kg/m^3) por el peso del agua a $16,7^\circ\text{C}$ necesario para llenar el recipiente.

c. Procedimiento

- La muestra debe estar seca a temperatura de ambiente.
- El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión.
- El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

d. Calculo

$$PUS = f * Ws$$

Donde:

PUS = Peso unitario suelto (Kg/m^3)

f = Factor de calibración del recipiente ($1/\text{m}^3$)

Ws = Peso de la muestra suelta (Kg)



FIGURA 5: Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino

FUENTE: PROPIA

2.2.2.1.2. DETERMINACIÓN DE PESO UNITARIO VARILLADO

a. Equipo y Accesorios

- Balanza sensible al 0,1% del peso de la muestra que se va a ensayar.
- Recipiente cilíndrico de metal y $1/10 \text{ ps}^3$ de capacidad.
- Barra compactadora de acero, lisa de $5/8''$ de diámetro y aproximadamente 60 cm de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Pala, badilejo y regla

b. Calibración del Recipiente

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a $16,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Para cualquier unidad el factor “F” se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a $16,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (1000 Kg/m^3) por el peso del agua a $16,7 \text{ }^\circ\text{C}$ necesario para llenar el recipiente.

c. Procedimiento

- Se llena la tercera parte del recipiente y se nivela la superficie con la mano.
- Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie
- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora.
- El agregado sobrante se elimina usando la barra compactadora

como regla.

- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado..

d. Calculo

Peso Unitario Compactado: Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado.

$$PUC = f * Wc$$

Donde:

PUC = Peso unitario compactado (Kg/m^3)

f = Factor de calibración del recipiente ($1/\text{m}^3$)

Wc = Peso de la muestra compactada (Kg)



FIGURA 6: Peso Unitario Varillado Del Agregado Grueso.

FUENTE: PROPIA

2.2.2.1.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS - NORMA NTP 400.012.

Ese nombre se le da a la sencilla operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo. Los factores principales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

La granulometría del agregado es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. La trabajabilidad, a su vez, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad. Entonces la granulometría es de vital importancia en el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

El módulo de fineza se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100. Se puede considerar al módulo de fineza como promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material, siendo los tamices contados a partir del más fino. Popovics

demonstró que el módulo de fineza era un promedio logarítmico de la distribución de tamaños de partículas. Sin embargo, un parámetro, el promedio, no puede ser representativo de la distribución. La norma ASTM C33 requiere que el agregado fino tenga un módulo de fineza entre 2,30 y 3,10.



FIGURA 7: Análisis Granulométrico Del Agregado Fino.

FUENTE: PROPIA

2.2.2.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - LA NORMA NTP 400.022

Se colocó el agregado fino obtenido por cuarteo y secado a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C en un recipiente y cubrir con agua dejando reposar durante 24 horas. Luego se decantó el agua evitando pérdida de finos y se extendió el agregado sobre una superficie plana expuesta a una corriente de aire tibio y se removió frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. La muestra se colocó en el molde

cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y luego se levantó el molde. Si existe humedad libre en el cono y el agregado fino mantiene su forma entonces se sigue secando, se revolvió constantemente y probó hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, lo que indica que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca.

Se introdujo en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, y se llenó parcialmente con agua a una temperatura de 23 ± 2 °C hasta alcanzar la marca de 500 cm³. Se agitó el frasco para eliminar burbujas de aire de manera manualmente.

Manualmente se hizo rodar, invirtió y agitó el frasco para eliminar todas las burbujas de aire cerca de 15 a 20 minutos que son normalmente requeridos para eliminar las burbujas de aire.

Después de eliminar las burbujas de aire, se ajustó la temperatura del frasco y su contenido a 23 ± 2 °C, se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada y se determinó el peso total del frasco, espécimen y agua.

Luego se removió el agregado fino del frasco, se secó en el horno hasta peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, se enfrió a temperatura ambiente por $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{2}$ hora y se determinó el peso.



FIGURA 8: Absorción Del Agregado Fino – Arena En Condición De Superficie Seca

FUENTE: PROPIA

2.2.2.1.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - NORMA NTP 400.022/ASTM C-128.

Se mezcló la muestra y se redujo aproximadamente a la cantidad necesaria. Se descartó todo el material que pase el tamiz 4,75 mm (N° 4) por tamizado seco y luego se lavó el material para remover polvo u otras impurezas superficiales.

Se secó la muestra a peso constante, a una temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas, Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Luego se removió la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Se secó separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Después de haberse pesado, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en

agua a una temperatura entre $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hay que tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.

Se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100\text{ }^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$) y finalmente se pesó.



FIGURA 9: Peso De Agregado Grueso Seco

FUENTE: PROPIA

2.2.2.1.6. CONTENIDO DE HUMEDAD - NORMA NTP 339.185/ASTM C-566

Es la cantidad de agua total que tiene el agregado en relación al peso de la muestra seca expresado en porcentaje. La norma ASTM C-566 prescribe un método para la determinación del contenido de humedad del agregado. Aunque este método no es altamente exacto, el error comprendido es más pequeño que el error de muestreo. Es una característica importante pues

contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas

$$h = (A - B)/B * 100$$

Donde:

h = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)



FIGURA 10: Balanza Para Determinar El Contenido De Humedad

FUENTE: PROPIA

2.2.3. ENSAYOS DE LA ARCILLA

2.2.3.1. ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS

2.2.3.1.1. FINURA, MEDIANTE TAMIZADO HÚMEDO CON TAMIZ NORMALIZADO DE 45 μm (N° 325):

Se determinó la cantidad de muestra retenida mediante tamizado húmedo con tamiz normalizado de 45 μm (N° 325) de acuerdo con la NTP 334.045, con las siguientes excepciones:

Se calibró el tamiz de 45 μm (N° 325) utilizando un cemento Patrón, luego se procedió a calcular los factores de corrección

- Si el residuo para la muestra de ensayo es igual a cero ($R_s = 0$), luego el factor de corrección del tamiz no debe ser adicionado al resultado del ensayo para calcular el residuo del tamiz corregido, en tales casos el residuo debe ser reportada como cero.

2.2.3.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD - NORMA NTP 334.127.

Este ensayo se realizó según se especifica en la NTP 334.127. Se pesó la muestra, y se procedió a ser secada a una temperatura entre 105 °C a 110 °C.

Luego se calculó el porcentaje de humedad a una aproximación de 0.1% tal cual se especifica:

$$h = (A - B) * 100 / B$$

Donde:

h = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

2.2.3.2. ENSAYO PARA DETERMINAR COMPOSICIÓN QUÍMICA

2.2.3.2.1. ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

La Fluorescencia de Rayos-X Sirve para realizar el análisis semi cuantitativa de una amplia gama de materiales, con gran precisión y en general sin destrucción de la muestra a analizar. Sus características principales son una preparación simple de la muestra a analizar, el análisis de materias conductoras y no conductoras y un resultado rápido, exacto y preciso.

La técnica consiste en someter una muestra a un flujo de radiación gamma, de rayos X o de partículas aceleradas para excitar los elementos que en ella se encuentran, para luego identificarlos y cuantificarlos mediante los rayos X característicos producidos. Es posible determinar la concentración de elementos que están comprendidos entre el Sodio (Z=11) al Uranio (Z=92), no se pueden determinar los elementos livianos como hidrogeno, oxigeno, carbono, nitrógeno debido a la baja energía de sus rayos X característicos y a su bajo rendimiento de fluorescencia. Se aplica a muestras sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas, tales como líticos, cerámicos, pastas, pigmentos, vegetales, huesos, metales, etc. El análisis puede ser no destructivo e inmediatamente devuelto el objeto arqueológico analizado al usuario, sin ningún cambio ni efecto.

2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento para el diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en desarrollar primero los ensayos para los agregados.

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presentan en este capítulo es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas.

Aunque los mismos datos básicos y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concretos ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria.

Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre limitaciones pueden estar:

- Relación agua-cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.
- Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

2.2.4.1. PASOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

2.2.4.1.1. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{CR})

Las mezclas de concreto deben diseñarse para una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada.

La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las ecuaciones 1 y 2 del ACI.

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.33 s \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33 s - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

S = Desviación estándar, en Kg /cm²

La ecuación (1) da una probabilidad de 1 en 100 de que el promedio de tres resultados de ensayos esté por debajo de la resistencia de diseño especificada. La ecuación (2) da una probabilidad similar de que los resultados individuales de ensayos estén 35 Kg/cm² por debajo de la resistencia de diseño especificada.

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar de acuerdo a lo indicado anteriormente, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la tabla siguiente:

TABLA 6:

Resistencia A La Compresión Promedio Cuando no se Dispone De Datos

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
Sobre 350	F'c + 98

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

2.2.4.1.2. CALCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Si se cuenta con un registro de sus resultados de ensayos concreto durante los últimos doce meses, el cual está basado en por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia en compresión, o en dos grupos de resultados de ensayos que totalizan por lo menos 30 y se han efectuado en dicho período, deberá calcularse la desviación estándar de estos resultados.

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar deberá:

- Representar materiales, procedimientos de control de calidad, y condiciones de trabajo similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar. Las diferencias existentes en materiales y proporciones del registro del conjunto de ensayos no deberán ser más rigurosos que aquellas que se ha especificado para la otra propuesta.
- Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia en compresión de diseño especificada del orden de la del trabajo a ser iniciado; aceptándose un rango de variación de 35 Kg/cm², para resistencias en compresión hasta de 280

Kg/cm², y de 70 Kg/cm² para resistencias mayores en relación a la resistencia de diseño especificada para la otra propuesta.

- Consistir de por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Para las condiciones indicadas la desviación estándar se calculará a partir de los resultados con que se cuenta, aplicando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{n - 1}}$$

Dónde:

S = Desviación estándar.

n = Numero de ensayos de la serie.

X₁, X₂... X_n, = Resultados de resistencia de muestras de ensayos individuales

X = Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

Si se utiliza dos grupos de registros de resultados de muestras de ensayo para totalizar por lo menos 30, la desviación estándar a ser empleada en el cálculo de la resistencia promedio, deberá ser el promedio estadístico de los valores calculados para cada grupo de ensayos.

Para determinarla se utilizará la siguiente ecuación:

$$\check{S} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Dónde:

\bar{S} = Promedio estadístico de las desviaciones estándar cuando se utiliza los registros de ensayo para calcular la desviación estándar, en Kg/cm²

S1, S2 = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente, en Kg/cm².

n₁, n₂ = Numero de ensayos en cada grupo, respectivamente.

Si se tiene un registro de resultados de ensayo basado en 15 a 29 pruebas consecutivas, se deberá determinar la desviación estándar de estas y luego multiplicarla por el factor de corrección indicado en la Tabla 7, obteniéndose así la desviación estándar a ser utilizada en el cálculo de la resistencia promedio.

TABLA 7:

Factor de Corrección

ENSAYOS	FACTOR DE CORRECCION
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

2.2.4.1.3. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO.

La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo” como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo Nominal” como aquel que “corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

TABLA 8:

Porcentaje que pasa por las mallas

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2”	1 1/2 “	1”	3/4”	1/2”	3/8”	Nº 4	Nº 8
2”	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 30	-	0 - 5	-
1 1/2”	100	95 - 100	-	35 – 70	-	10 – 30	0 – 5	-
1”	-	100	95 – 100	-	25 – 60	-	0 – 10	0 – 5
3/4”	-	-	100	90 - 100	-	20 – 55	0 – 10	0 – 5
1/2”	-	-	-	100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5
3/8”	-	-	-	-	100	85 - 100	10 – 30	0 - 10

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. El ACI 318 y la Norma Técnica de Edificación E 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados;
- 1/3 del peralte de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo,

paquetes de barras, tendones o ductos de refuerzo.

En elementos de espesor reducido, o antes la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada. (Rivva López, 2000, p.183)

2.2.4.1.4. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP).

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50 mm).
- Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (75 mm a 100 mm).
- Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (mayor de 125 mm).

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la Tabla 9 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

TABLA 9:**Consistencia y asentamiento**

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" – 2"
PLASTICA	3" – 4"
FLUIDA	5" – 6"

FUENTE: A.C.I 211

TABLA 10:**Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.**

TIPO DE CONSTRUCCION	ASENTAMIENTO	
	MAXIMO	MINIMO
Zapatas y muros de cimentación armados.	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios.	4"	1"
Losas y pavimentos.	3"	1"
Concreto ciclópeo.	2"	1"

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

2.2.4.1.5. SELECCIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE.

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debió incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está al estado seco. La Tabla 11 ha sido preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI. Ella permitió seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco, en concretos preparados con y sin aire incorporado; teniendo como factores a ser considerados la consistencia que se desea para la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso seleccionado.

TABLA 11:

Volumen unitario de agua según el tamaño de los agregados

Asentamiento	Agua en 1/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	213	205	197	184	174	166	154	-

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

Los valores de esta tabla se emplearan en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corresponde a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C 33.

2.2.4.1.6. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C).

Desde que la mayoría de las propiedades deseables en el concreto endurecido dependen de la calidad de la pasta, producto final del proceso de hidratación del cemento, se considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua-cemento más adecuada.

La relación agua-cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que intervino en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco, es decir q no toma ni aporta agua. La relación agua-cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

Por resistencia. La selección de la relación agua-cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la relación de la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cubica de mezcla.

La tabla 12 es una adaptación confeccionada por el Comité 211 del ACI. Esta tabla de las relaciones agua-cemento en peso máximas permisibles para diferentes valores de la resistencia promedio, ya sea que se trate de concretos sin o con aire incorporado.

TABLA 12:

Relación agua/cemento por resistencia.

F'cr	RELACION AGUA – CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
28 días		
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

2.2.4.1.7. CÁLCULO DEL CONTENIDO DEL CEMENTO.

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua-cemento seleccionada, se pudo determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cubico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento de la unidad cúbica de concreto.

2.2.4.1.8. SELECCIÓN DEL AGREGADO.

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Para ellos es deseable que la granulometría total de las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas, sea mínimo.

Se determinó el contenido de agregado grueso mediante la tabla 13, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. Ello permitió obtener un coeficiente b/b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso expresado en Kg/m^3 .

TABLA 13:

Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO	MODULO FINEZA AGREGADO FINO								
	2.4	2.5	2.6	2.4	2.8	2.9	3	3.1	3.2
3/8"	0.42	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42
1/2"	0.51	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
3/4"	0.58	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
1"	0.63	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
1 1/2"	0.68	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68
2"	0.70	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
3"	0.73	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
6"	0.79	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS - ENRIQUE RIVVA LÓPEZ

El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado, tal como es definida por la norma ASTM C 29.

El cálculo del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente b/b_0 , permite obtener concretos con una trabajabilidad adecuada para concreto armado usual. Para concretos menos trabajables, tales como los que se requiere en pavimentos, la relación puede incrementarse en un 10%. Para concretos más trabajables, tales como los concretos bombeados, los valores pueden reducirse en un 10%.

Con el método del Comité 211 del ACI se determinó el volumen absoluto de agregado fino por diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso seco.

El volumen absoluto, o volumen desplazado por los diferentes ingredientes de la unidad cúbica de concreto, conocido también como volumen de sólidos, es igual al peso con que entra dicho material en la unidad cúbica de concreto dividido entre su peso sólido, definido este último como el producto del peso específico del material por el peso unitario de agua.

2.2.4.1.9. Ajuste por Humedad del Agregado.

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel. Generalmente en obra los agregados están en condición de humedad y su peso seco

deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

El agregado, desde el punto de vista de humedad, puede estar en obra en cuatro condiciones:

- Seco, cuando su superficie como sus poros internos están totalmente libres de agua. Esta es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregados fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado.
- Semiseco, cuando la superficie del agregado está seca pero sus poros internos están parcialmente llenos de agua. Esta condición es también conocida como secado al aire. Ella siempre es menor que la absorción del agregado.
- Saturado superficialmente seco, cuando la superficie del agregado está húmeda, pero la totalidad de sus poros internos están llenos de agua. Se considera la condición ideal del agregado porque en ella ni aporta ni toma agua de la mezcla.
- Húmedo o mojado, cuando el agregado está saturado superficialmente seco y adicionalmente presenta humedad superficial, la cual puede contribuir a incrementar el agua de

mezclado y obliga a una corrección en la mezcla por humedad del agregado.

Los conceptos de absorción, contenido de humedad y humedad superficial deben ser igualmente definidos:

- La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Normalmente se expresa en porcentaje.

$$\% \text{ Absorción} = 100(\text{SSS}-\text{S})/\text{S}$$

Dónde:

SSS = Peso del agregado al estado saturado superficialmente seco.

S = Peso del agregado al estado seco.

- El contenido de humedad de un agregado es la cantidad total de agua que él tiene y se determina por la diferencia entre su peso y su peso seco:

$$\text{Contenido de humedad} = 100(\text{H}-\text{S})/\text{S}$$

Dónde:

H = Peso del agregado

- La humedad superficial está dada por la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción. Puede ser positiva en cuyo caso el agregado aporta agua a la mezcla y dicha

cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para determinar el agua efectiva; o puede ser negativa, en cuyo caso el agregado tomará agua de la mezcla para llegar al estado de saturado superficialmente seco, debiendo adicionarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

En la corrección de las proporciones de la mezcla por condición de humedad del agregado pueden presentarse tres casos:

- (a) Que ambos agregados aporten agua a las mezclas.
- (b) Que uno de los agregados aporte agua y el otro quite agua a la mezcla.
- (c) Que ambos agregados disminuyan el agua de la mezcla. A continuación se desarrollara tres ejemplos que permitirán explicar cómo proceder en cada uno de estos casos.

2.2.5. ELABORACIÓN Y CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO.

a) Procedimiento para Preparación de la mezcla.

La mezcla de concreto debe ser tal que deje un 10 % de residuo después de haber moldeado el espécimen del ensayo.

- Mezcla con maquina: Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera. Siempre que sea posible, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adicción a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unos cuantas revoluciones se

adicionan el agregado fino, el cemento y el agua, con la mezcladora en funcionamiento.

Si para una mezcla particular o para un determinado ensayo no resulta práctico incorporar al agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora funcionando, ellos se incluirán con la máquina detenida, luego de haberse permitido algunas revoluciones.

Seguidamente se debió mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final.

Se debió cubrir el extremo abierto de mezcladora para evitar la evaporación durante el periodo de reposo.

Debe restituir todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora, para conservar las proporciones.

El concreto se debe recibir en el recipiente limpio y seco y se debe remezclar con un palustre o pala, hasta hacerlo uniforme y evitar la segregación.

Es difícil recobrar todo el mortero impregnado en las partes de las mezcladoras.

Para compensar esta dificultad puede seguirse unos de los procedimientos siguientes para asegurar las proporciones finales correctas en la Mezcla:

- Embadurnando la Mezcladora: Justo antes de mezclar la bachada, la mezcladora es “embadurnada” mezclando una bachada proporcionada de tal forma que simule cercanamente la bachada del ensayo. El mortero que se adhiera a la mezcladora después de descargar la bachada intenta compensar la pérdida de mortero de la bachada del ensayo.

- Sobre proporción de la mezcla: La mezcla de ensayo se proporcionó con una cantidad de mortero en exceso, cantidad estimada de antemano. Que pretende compensar en promedio aquella que se quede adherida a la mezcladora. En este caso, el tambor es limpiado antes de mezclar la bachada de ensayo.
- Mezcla manual: Se mezcló en una bandeja o vasija metálica, impermeable, limpia y húmeda, con un palustre despuntado de albañil, utilizando el siguiente procedimiento: Se debe mezclar el cemento, aditivo en polvo insoluble, si se va a utilizar, y el agregado fino sin adición de agua hasta que se logre una mezcla homogénea.
- Seguidamente, se adiciona el agregado grueso mezclándolo sin adición de agua, hasta que se distribuya uniformemente en la mezcla.

2.2.6. VACIADO DEL CONCRETO

- Lugar del moldeo: Se deben moldear los especímenes lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración y se colocarán sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Durante el transporte, se deben evitar sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.
- Colocación: El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un palustre o utensilio similar. Se debe seleccionar cada palada de concreto de tal manera que sea representativa de la bachada; además, la mezcla de concreto en el recipiente se debe remezclar continuamente durante el moldeo de los especímenes, con el objeto de prevenir la segregación. El palustre se debe mover alrededor del borde superior del molde a medida que se descarga el

concreto, con el fin de asegurar una distribución simétrica de éste y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación. En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde. No se permite la adición de muestras que no sean representativas del concreto dentro de un molde insuficientemente llenado.

- Número de capas: El número de capas con el cual se fabrica serán según lo indicado en la tabla de la Tabla 14.
- Compactación: La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla 14).
- Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm y para prismas de 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma.

TABLA 14:**Número de capas requeridas en la elaboración de las mezclas.**

TIPO DE TAMAÑO DE MUESTRA EN MM (PULGADAS)	METODO DE COMPACTACION	NUMERO DE CAPAS	ALTURA APROXIMADA DE LA CAPA EN MM (PULGADAS)
CILINDROS			
HASTA 300(12)	APISONADO (VARILLADO)	3 IGUALES	100 (4)
MAYOR QUE 300(12)	APISONADO (VARILLADO)	LAS REQUERIDAS	
HASTA 460 (18)	VIBRACION	2 IGUALES	200 (4)
MAYOR QUE 460 (18)	VIBRACION	3 O MAS	
PRISMAS			
HASTA 200 (8)	APISONADO (VARILLADO)	2 IGUALES	100 (4)
MAYOR QUE 200 (8)	APISONADO (VARILLADO)	3 O MAS	
HASTA 200 (8)	VIBRACION	1	200 (8) C172
MAYOR QUE 200 (8)	VIBRACION	2 O MAS	

FUENTE: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES – MTC

Apisonado por varillado. Se colocó el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Tabla 14) aproximadamente del mismo volumen.

Se apisonó cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla 15. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (½") la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos

después de apisonar cada capa.

Vibración. Se tuvo que mantener un mismo tiempo de vibración para un conjunto particular de concreto, vibrador y molde que se esté utilizando. La vibración se transmitió al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se llenó y vibró en capas iguales aproximadamente. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y la efectividad del vibrador. Se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

- Vibración interna. El diámetro del eje o dimensión lateral de un vibrador interno no debe ser mayor de $\frac{1}{3}$ del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al diámetro del vibrador debe ser igual o mayor de 4,0. Al compactar la muestra el vibrador no debe tocar el fondo, las paredes del molde u objetos embebidos en el concreto. El vibrador se debió extraer cuidadosamente de tal manera que no queden bolsas de aire dentro de las muestras. Se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarse que no queden aprisionadas burbujas de aire en su superficie.
- Vibración interna para cilindros. En cada capa se debió introducir el vibrador en tres sitios diferentes en cada capa el vibrador debe penetrar en la capa anterior aproximadamente 25 mm.
- Vibración interna para vigas y prismas. Se introdujo el vibrador en puntos separados por una distancia no mayor de 150 mm (6") a lo largo de la línea central de la mayor dimensión de la muestra. Para moldes de ancho mayor de 150 mm (6") se debe introducir el vibrador en dos líneas alternando las inserciones. Se

debe permitir penetrar el eje del vibrador en la capa del fondo aproximadamente 25 mm (1")

TABLA N° 15:
Diámetro de varilla y número de golpes por capa

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Numero de golpes por capa.
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior de la muestra en cm² (pulg²)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Numero de golpes por capa.
160 (25)	10 (3/8)	25
165 (26) a 310 (49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área.
320 (50) o más.	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de área.

FUENTE: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES – MTC

Se trabajó con un diámetro de 150mm en donde el diámetro de la varilla fue de 5/8" y el número de golpes por capa fue de 25.

Acabado. Después de la compactación, se efectuó el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja a nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debió tener depresiones o protuberancias mayores de 3,2 mm (1/8").

Acabados de cilindros. Después de la compactación, se efectuó el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado (capping).

2.2.7. CURADO DEL CONCRETO.

- Cubrimiento después del acabado. Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos debieron ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.
- Extracción de la muestra. Las muestras debieron ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se pudo emplear tiempos diferentes.
- Ambiente de curado: Las muestras se mantuvieron en condiciones de humedad con temperatura de $23,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo

El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado se hizo en un medio libre de vibraciones.

La condición de humedad debe lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua. Se permitió lograr la condición de humedad por el almacenamiento en un cuarto húmedo.

No deben exponerse los especímenes a condiciones de goteo o de corrientes de agua.

Debió evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.



FIGURA 11: Poza Para Curado De Probetas

FUENTE: PROPIA

2.2.8. ASENTAMIENTO (SLUMP).

- a) Molde: Debió ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debió ser la superficie lateral de un tronco de cono de 203 ± 2 mm ($8'' \pm 1/8''$) de diámetro en la base mayor, 102 ± 2 mm ($4'' \pm 1/8''$) de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm ($12'' \pm 1/8''$) de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono

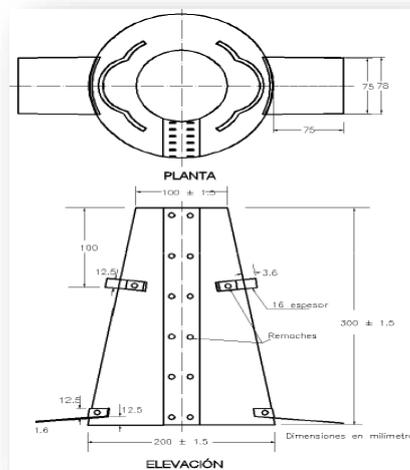


FIGURA 12: Molde Para Determinar El Asentamiento

FUENTE: MANUAL ENSAYO DE MATERIALES – MTC

Varilla compactadora: Debió ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm ($5/8''$) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm ($24''$); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm ($5/16''$) como se muestra en siguiente figura:

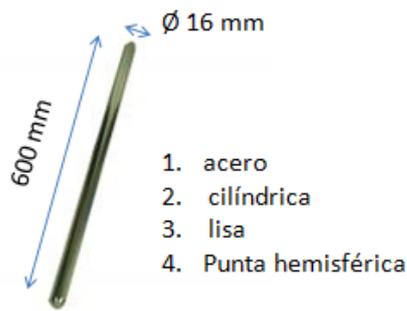


FIGURA 13: Varilla Compactadora

FUENTE: MANUAL ENSAYO DE MATERIALES – MTC

b) Procedimiento. Se humedeció el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujetó firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.

Cada capa debió compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro.

La capa del fondo se debió compactar en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.

Al llenar la capa superior se debió apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya

concreto sobre el molde. Después que la última capa ha sido compactada se debió alisar a ras la superficie del concreto. Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto del área que rodea la base del cono debió ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. El alzado del molde debió hacerse en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se impartiera movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos.

El ensayo de asentamiento se comenzó a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

Inmediatamente después, se midió el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen, como se puede ver en la Figura 14.

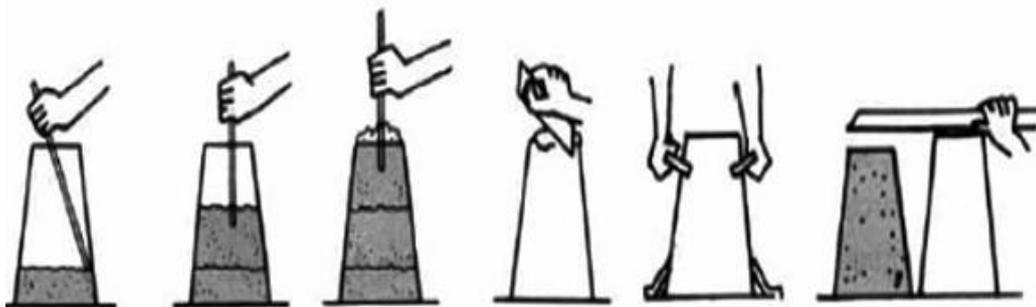


FIGURA 14 Procedimiento Para El Asentamiento Del Concreto Fresco

FUENTE: JAVIERLABORATORIO.BLOGSPOT.COM

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, se debe repetir el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

2.2.9. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debió tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales.

Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

a) Procedimiento

- Colocación de la Muestra: Se colocó el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

Se limpió con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se colocó el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alineó cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se tuvo que rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.

Antes de ensayar el espécimen se debió verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

- Velocidad de Carga: Se aplicó la carga continuamente sin golpes bruscos. La carga se debió aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (35 ± 7 psi/s). La velocidad escogida se tuvo que mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

Para máquinas de tipo tornillo o de deformación controlada, se requiere un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida

para generar la tasa de carga especificada. Dicha velocidad dependerá del tamaño del cilindro, del módulo elástico del concreto y de la rigidez de la máquina de ensayo.

Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última. Se registró la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anotó el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la Figura 15, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido.

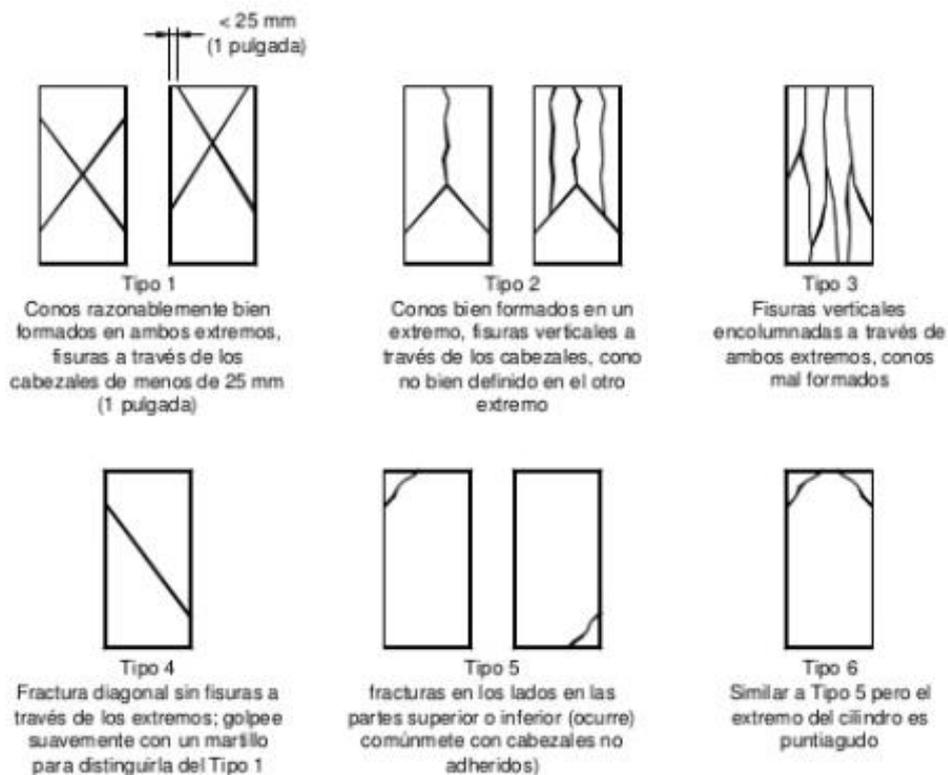


FIGURA 15: Esquemas De Modelos De Falla Típico.

FUENTE: NORMA TECNICA 339.034

2.3. MARCO NORMATIVO

- ITINTEC 334.038, o 334.040 - Normas ASTM C 150, Estas normas definen las características físicas y químicas de los cementos Portland normal tipo I, II y V.
- Norma ITINTEC 334.044 y la Norma ASTM C 595, estas normas definen los requisitos físicos y químicos de los cementos Portland puzolánicos Tipo IP y IPM.
- Norma ITINTEC 400.037 , esta norma define los límites granulométricos del agregado fino y del agregado grueso, se considera agregado fino a lo que pasa el Tamiz ITINTEC 9,5mm (3/8”) y agregado grueso al material retenido en el Tamiz ITINTEC 4.75mm (N°4).
- Norma ITINTEC 334.088, esta norma muestra los requisitos del agua para ser empleada en la preparación y curado del concreto.
- NTP 334.090 Y ASTM C-618 definen a la puzolana como “material silíceo - aluminoso, que finamente dividido y en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas”
- NTP 334.104 y ASTM C-618 (Cementos. Adiciones minerales del concreto: puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Especificaciones). Definen tres clases de cenizas volantes:
 - Clase F: Ceniza volante producidas por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso. Cenizas que poseen propiedades puzolánicas.
 - Clase N: Puzolanas naturales crudas o calcinadas, tal como las diatomitas; tufos y cenizas volcánicas, calcinadas o sin calcinar; y materiales que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.

- Clase C: Ceniza volante producida por la calcinación de carbón subbituminoso o lignito. Esta clase de ceniza, además de tener propiedades puzolánicas, también tiene propiedades cementicias.
- NTP 400.017 esta norma determina los equipos, métodos y procedimientos para la determinación de peso unitario suelto de los agregados para la elaboración del concreto.
- NTP 400.012 en esta norma determina los equipos, métodos y procedimientos para realizar el análisis granulométrico de los agregados para la elaboración del concreto.
- Norma ASTM C33 Requiere que el agregado fino tenga un Módulo de Fineza entre 2,30 y 3,10.
- NTP 400.022 muestra los equipos, métodos y procedimientos para calcular el peso específico y absorción del agregado fino y grueso.
- NTP 339.185/ASTM C-566 estas normas definen los procedimientos, equipos y métodos para calcular el contenido de humedad de los agregados pétreos.
- NTP 334.045 esta norma muestra los procedimientos, equipos y métodos para calcular Finura del cemento, mediante tamizado húmedo con tamiz normalizado (N° 325).
- Comité ACI 318-2011, Asociación Del Concreto Internacional define los procedimientos para elaborar Diseño De Mezcla del concreto según la resistencia especificada.
- NTP 339.035. esta norma de defines el procedimiento, equipos y métodos para determinar el Asentamiento del Concreto (Slump).

- NTP 339.034, esta norma define el procedimiento, equipos y métodos para calcular la Resistencia a la Compresión del Concreto.

2.4. MARCO CONTEXTUAL

La arcilla se extrajo de los terrenos agrícolas del distrito de Santa, este distrito es uno de los 9 distritos de la provincia del Santa que pertenece al Departamento de Ancash en el Perú. Limita por el norte con el distrito de Guadalupe (Virú), al este y sur-este con el distrito de Chimbote, por el sur con el distrito de Coishco y por el oeste con el Océano Pacífico. Esta zona predomina la actividad de la agricultura por lo cual esta arcilla es abundante que a simple vista parece tierra común.



FIGURA 16: Arcilla antes de ser calcinada.

Fuente: Propia

Los agregados pétreos se extrajeron de la cantera “La Sorpresa” ubicada a 40 minutos del Centro de Chimbote del departamento de Ancash en el Perú.

El cemento se adquirió de una ferretería de la localidad de Nuevo Chimbote del departamento de Ancash en el Perú.

Los ensayos de los agregados para la elaboración del Diseño de Mezcla del Concreto para un resistencia de $F'c$: 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm² se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional Del Santa del departamento de Ancash en el Perú.

La calcinación de la Arcilla se realizó en laboratorio de Ingeniería de la Universidad César Vallejo del departamento de Ancash en el Perú.

Los ensayos realizados a la arcilla calcinada se realizaron en el laboratorio de Tecnología de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo del departamento de La Libertad en el Perú.

El concreto se elaboró en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Nacional Del Santa del departamento de Ancash en el Perú.

Los ensayos al concreto en estado fresco y endurecido se realizó en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Nacional del Santa del departamento de Ancash en el Perú.



MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La Investigación es Cuantitativa porque de forma estructurada se recopila y analiza los datos obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio, empleando medios matemáticos y estadísticos para medir los resultados de manera concluyente y así desmentir o aprobar la hipótesis “La adición de arcilla calcinada al concreto estructural mejorará las propiedades físicas en un 30%” y es una Investigación Experimental, porque se realizará experimentos utilizando “arcilla calcinada en distintos porcentajes” para evaluar las propiedades físicas del concreto estructural.

Estos experimentos se llevarán a cabo dentro del laboratorio Mecánica de suelos y Concreto de la Universidad Nacional del Santa.

3.2. POBLACIÓN

La población es la arcilla del Distrito de Santa del departamento de Ancash del Perú.

3.3. MUESTRA

La muestra se estableció por conveniencia con un total de 156 testigos de concreto que serán realizados tal como se muestra en la Tabla 16, donde se detalla cómo se calculó la cantidad de probetas a elaborar. Se consideró 4 probetas elaboradas a los 7 días, 4 probetas elaboradas a los 14 días y 4 probetas elaboradas a los 28 días por cada porcentaje de cada resistencia de diseño ($F'c$: 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm²) debido a que se debe obtener un promedio ya que el comportamiento del concreto es impredecible. Se obtuvo un total de 48 probetas por resistencia de diseño, luego se optó para tener un control estadístico elaborar 30 probetas a los 28 días por cada diseño con el porcentaje de adición que obtuvo una mejor resistencia.

TABLA 16:*Cantidad de Testigos de Concreto*

CONCRETO F`C : 175 Kg/cm²				
TRATAMIENTO	ESPECÍMENES ENSAYADOS A LOS 7 DÍAS	ESPECÍMENES ENSAYADOS A LOS 14 DÍAS	ESPECÍMENES ENSAYADOS A LOS 28 DÍAS	TOTAL
CONCRETO CON 0 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON 10 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON 15 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON 20 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON % DE ARCILLA OPTIMO	0	0	30	30
TOTAL	16	16	46	78
CONCRETO F`C : 210 Kg/cm²				
TRATAMIENTO	ESPECÍMENES ENSAYADOS A LOS 7 DÍAS	ESPECÍMENES ENSAYADOS A LOS 14 DÍAS	ESPECÍMENES ENSAYADOS A LOS 28 DÍAS	TOTAL
CONCRETO CON 0 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON 10 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON 15 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON 20 % DE ARCILLA	4	4	4	12
CONCRETO CON % DE ARCILLA OPTIMO	0	0	30	30
TOTAL	16	16	46	78

FUENTE: PROPIA

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.4.1.1. OBSERVACIÓN:

Mediante la observación se estudió los efectos y cambios que genera la adición de arcilla calcinada al concreto convencional, todos estos cambios y efectos se anotaran para luego hacer el análisis mediante métodos números, gráficos y estadística.

TABLA 17:

Instrumentos usados para la recolección de datos

TECNICA	INSTRUMENTO	
OBSERVACION DIRECTA	OBSERVACION SISTEMATICA	CUADERNO, LAPICERO Y CAMARA FOTOGRAFICA
	FICHAS DE REPORTES	FORMATO PARA REGISTRAR DATOS
	PROTOCOLOS DE ENSAYOS	FORMATO PARA LOS ENSAYOS REALIZADOS

FUENTE: PROPIA

3.4.1.2. ANÁLISIS DE DOCUMENTOS:

Se revisó información contenida en libros, tesis, revistas, normas técnicas, etc., relacionados a la elaboración de concreto con arcilla calcinada.

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se extrajeron los agregados la cantera “La Sorpresa”, ubicada a 25 minutos del Centro de Chimbote, Provincia del Santa.
2. Se determinaron las características de los agregados, según las normas establecidas:
 - Contenido de humedad, ASTM C566 / NTP 339.185

- Peso unitario suelto y compactado, ASTM C29 / NTP 400.017
 - Peso específico y absorción, ASTM C127, ASTM C128 / NTP 400.021
 - Análisis granulométrico, ASTM C136 / NTP 400.012
3. Se extrajo la arcilla terrenos agrícolas ubicados en la provincia de Santa.
 4. Una vez extraído la arcilla, se tamizó el material por la malla N° 200, tomando como muestra todo lo que pasa la malla.
 5. Luego de obtener la arcilla (material que pasa la malla N° 200) se calcino a temperaturas de 850 °C. (Ver Antecedentes)
 6. Se realizó el Ensayo de espectrometría a la arcilla calcinada para ver que componentes presentan.
 7. Según el método del Comité ACI 211, se realizó el diseño de mezcla para el concreto de $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, para esto se utilizaron los resultados de las propiedades de los agregados y las especificaciones técnicas del cemento portland tipo I “Pacasmayo”.
 8. Se elaboró la mezcla para los especímenes según la norma ASTM C31 / NTP 339.0033, para el concreto patrón (0% de adición de arcilla) y para el concreto adicionando arcilla en distintos porcentajes al peso del cemento (10%, 15% y 20 %). Para cada mezcla se le realizó el ensayo de asentamiento (Slump), ASTM C143 / NTP 339.035 en el concreto fresco; el cual permite verificar la calidad del concreto.
 9. A las 24 horas de haber elaborado los especímenes de concreto, se procedió a desencofrarlos para luego colocarlos en la poza de curado a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ según la norma ASTM C31 / NTP 339.183.

10. Se retiraron los especímenes de la poza de curado y se ensayaron en la máquina de compresión axial a la edad de 7, 14 y 28 días; se verificó la resistencia.

3.6. TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS

La información obtenida mediante los diferentes ensayos realizados, se procesó registrando, ordenando y analizando; para esto se utilizaron hojas de cálculo en Microsoft Excel, cuadros comparativos y gráficos. Estos resultados fueron analizados teniendo en consideración los parámetros establecidos según las normas ASTM / NTP.

Procedimiento para analizar información:

1. Se determinó las características de los agregados para verificar el cumplimiento de los parámetros y límites establecidos por la norma ASTM C33 / NTP 400.037.
2. Según la ASTM C143 / NTP 339.035S, se analizaron los resultados del ensayo de asentamiento del concreto, el cual mediante la consistencia refleja directamente la trabajabilidad de este. Los resultados obtenidos cumplieron con el requerimiento planteado (consistencia plástica y slump de 3'' – 4'').
3. Se procesó la información obtenida del ensayo a compresión axial de los especímenes de concreto para obtener resultados, gráficas y cuadros comparativos; según la ASTM C39 / NTP 339.034.
4. El diseño de mezcla se realizó para el concreto de $F^c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y $F^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a la edad de 28 días, en la siguiente tabla se muestran los factores en porcentaje, los cuales se van a utilizar para calcular la resistencia a la que deben llegar los especímenes a los 7, 14 y 28 días en el ensayo a compresión.

TABLA 18:

Resistencia mínima a diferentes días

DIAS	RESISTENCIA MINIMA %
7	70
14	85
28	100

FUENTE: A.C.I. 318, 2014

5. Luego de verificar la resistencia se evaluó que porcentaje obtuvo mejor comportamiento resistente a la compresión para ser evaluado estadísticamente y elaborar el diagrama de distribución Normal para probabilidad de ocurrencia.
6. Para el procesamiento de Datos se empleará gráficos, tablas, hojas de cálculo elaboradas en Microsoft Excel y se considerará para la confiabilidad y validez de los resultados de resistencia a la compresión unas 30 probetas ensayadas a los 28 días.



RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO.

En esta sección se presentan los resultados de los ensayos realizados a los distintos agregados mencionados en el capítulo anterior, el Diseño de Mezcla usando el Método ACI - 211 así como la evaluación y análisis estadístico del concreto para cada resistencia diseñada con mejor comportamiento resistente.

Con el resultado obtenido de los ensayos de los agregados se elaboró el diseño de mezcla para un F^c : 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm²; la dosificación obtenida se trabajó en pesos luego se precedió a la elaboración de los testigos de concreto de 175 kg/cm² y 210 Kg/cm², de esta manera después de 07, 14 y 28 días respectivamente de curado las muestras se sometieron al Ensayo de Resistencia a la Compresión.

Se elaboraron especímenes con 0% de adición de arcilla calcinada y especímenes con arcilla calcinada desde 10%, 15% y 20% respectivamente, de esta forma evaluar cuál de los 3 porcentajes mejora la resistencia a la compresión promedio del concreto. Los testigos de concreto fueron elaborados en los laboratorios de la Universidad Nacional del Santa.

4.1.1.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS.

4.1.1.1. ARCILLA CALCINADA DEL DISTRITO DE SANTA.

TABLA N° 19:
Ensayo de contenido de humedad.

MUESTRA	PESO DE LA TARA (gr)	PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO TARA + SUELO SECO (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
M-1	23.125	102.756	102.749	0.007	79.624	0.01
M-2	23.745	105.765	105.759	0.006	82.014	0.01
M-3	23.789	105.968	105.96	0.008	82.171	0.01

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N° 20:
Ensayo de granulometría

PESO INICIAL SECO (gr)		500.00			
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO	RETENIDO	RETENIDO	% QUE PASA
		RETENIDO (gr)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.500	0.000	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 04	4.750	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 08	2.360	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 16	1.180	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 30	0.600	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 50	0.300	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 100	0.150	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 200	0.074	0.000	0.000	0.000	100.000
CAZOLETA		500.000	100.000	100.000	0.000
TOTAL		500.000	100.000		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 21:
Resultado del Ensayo Térmico Diferencial-Emisión de Gases

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO
CARBONO	%	61.32
HIDROGENO	%	5.6
OXIGENO	%	24.82
NITROGENO	%	0.17
AZUFRE	%	< 3

FUENTE: Análisis Térmico Diferencial del Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación – UNT

TABLA 22:
Resultado del ensayo térmico diferencial-emisión de gases

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	2.1
CENIZAS	%	0.4
MATERIA	%	88.63
VOLATIL		
CARBO FIJO	%	0.36

FUENTE: ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DEL LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACIÓN – UNT

TABLA N° 23:

Resultado del ensayo de fluorescencia de rayos x expresado en porcentajes.

Mg/Kg (ppm)					
MUESTRA	MAGNESIO	ALUMINIO	HIERRO	SILICE	CALCIO
CONCENTRACION RELATIVA	0.17%	2.60%	1.54%	80.50%	3.84%

FUENTE: ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DEL LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACIÓN – UNT

TABLA N° 24:

Resultado del ensayo de fluorescencia de Rayos x expresado en óxidos

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
OXIDO DE SILICIO	76.72%	
OXIDO DE CALCIO	6.11%	
OXIDO DE HIERRO	2.37%	
OXIDO DE ALUMINIO	3.77%	FLUORESCENCIA
OXIDO DE MANGANESIO	0.21%	DE RAYOS X
ELEMENTOS LIVIANOS	10.82%	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

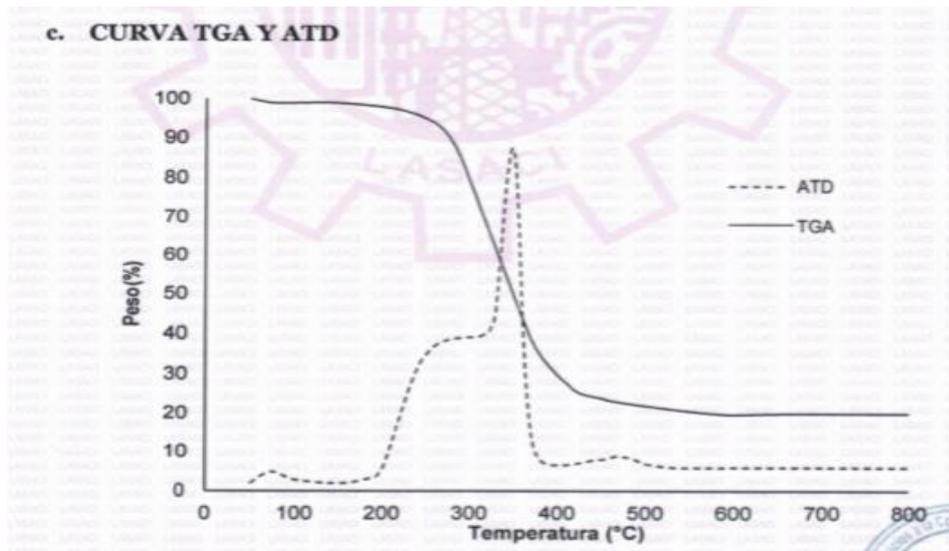


FIGURA 17: CURVA TGA Y ATD

FUENTE: ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DEL LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACIÓN – UNT

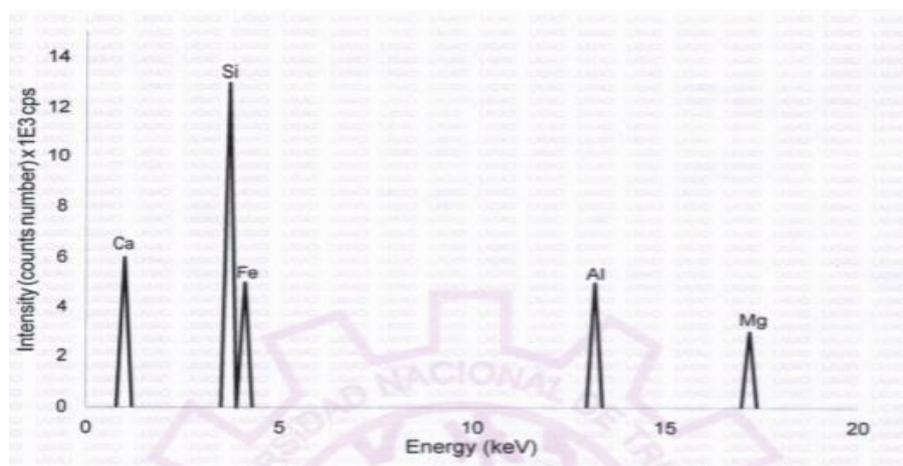


FIGURA 18: Espectro de la muestra

FUENTE: ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DEL LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACIÓN – UNT

4.1.1.2. AGREGADO GRUESO– CANTERA “LA SORPRESA”

TABLA 25:

Resultado de los ensayos realizados al agregado grueso.

AGREGADO GRUESO (PIEDRA ZARANDEADA)	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
PESO SECO VARILLADO- Kg/m ³	1624.10
PESO ESPECIFICO	2.70
ABSORCIÓN - %	0.22
CONTENIDO DE HUMEDAD - %	0.31
PESO UNITARIO SUELTO – Kg/m ³	1473.81

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1.3. AGREGADO FINO -CANTERA “LA SORPRESA”

TABLA 26:

Resultado de los ensayos realizados al agregado fino

AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)	
MÓDULO DE FINEZA	2.74
PESO ESPECIFICO	2.75
ABSORCIÓN - %	1.43
CONTENIDO DE HUMEDAD - %	0.50
PESO UNITARIO SUELTO – Kg/m ³	1586.61

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1.4. DISEÑO DE MEZCLA

TABLA 27:

Resultado del diseño de mezcla para un F'c: 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm²

RESISTENCIA	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGUA
F'C :175 Kg/cm²	1	2.48	3.15	0.65
F'C : 210 Kg/cm²	1	2.1	2.8	0.56

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.2.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

4.1.2.1. TESTIGOS DE CONCRETO - PATRON

TABLA 28:

Especímenes F'c: 175 Kg/cm² - 0% de arcilla calcinada.

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS			
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C
1	30712.00 Kg	15.00 cm	173.79 Kg/cm ²
2	30717.00 Kg	15.00 cm	173.82 Kg/cm ²
3	31002.00 Kg	15.00 cm	175.44 Kg/cm ²
4	31722.00 Kg	15.00 cm	179.51 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO :			175.64 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS			
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C
5	39002.00 Kg	15.00 cm	220.71 Kg/cm ²
6	39242.00 Kg	15.00 cm	222.06 Kg/cm ²
7	38002.00 Kg	15.00 cm	215.05 Kg/cm ²
8	38254.00 Kg	15.00 cm	216.47 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO :			218.57 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS			
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C
9	42287.00 Kg	15.00 cm	239.30 Kg/cm ²
10	41138.00 Kg	15.00 cm	232.79 Kg/cm ²
11	42884.00 Kg	15.00 cm	242.67 Kg/cm ²
12	42984.00 Kg	15.00 cm	243.24 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO :			239.50 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N° 29:**Especímenes F'c: 210 Kg/cm² - 0% de arcilla calcinada.**

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS			
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C
01	35939.00 Kg	15.00 cm	203.37 Kg/cm ²
02	36749.00 Kg	15.00 cm	207.96 Kg/cm ²
03	37732.00 Kg	15.00 cm	213.52 Kg/cm ²
04	35939.00 Kg	15.00 cm	203.37 Kg/cm ²
PROMEDIO :			207.06 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS			
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C
05	44311.00 Kg	15.00 cm	250.75 Kg/cm ²
06	44461.00 Kg	15.00 cm	251.60 Kg/cm ²
07	44256.00 Kg	15.00 cm	250.44 Kg/cm ²
08	44861.00 Kg	15.00 cm	253.86 Kg/cm ²
PROMEDIO :			251.66 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS			
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C
09	51625.00 Kg	15.00 cm	292.14 Kg/cm ²
10	52113.00 Kg	15.00 cm	294.90 Kg/cm ²
11	50492.00 Kg	15.00 cm	285.73 Kg/cm ²
12	51456.00 Kg	15.00 cm	291.18 Kg/cm ²
PROMEDIO :			290.99 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**4.1.2.2. TESTIGOS DE CONCRETO CON 10% ADICIÓN DE ARCILLA
CALCINADA.**

TABLA 30:

Especímenes – F'c = 175 Kg/cm²- 10% de arcilla calcinada.

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
01	36789.00 Kg	15.00 cm	208.18 Kg/cm ²	86.92%
02	35456.00 Kg	15.00 cm	200.64 Kg/cm ²	83.77%
03	34896.00 Kg	15.00 cm	197.47 Kg/cm ²	82.45%
04	35012.00 Kg	15.00 cm	198.13 Kg/cm ²	82.73%
	PROMEDIO :		201.11 Kg/cm²	83.97%
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
05	43960.00 Kg	15.00 cm	248.76 Kg/cm ²	103.87%
06	42189.00 Kg	15.00 cm	238.74 Kg/cm ²	99.68%
07	41896.00 Kg	15.00 cm	237.08 Kg/cm ²	98.99%
08	40156.00 Kg	15.00 cm	227.24 Kg/cm ²	94.88%
	PROMEDIO :		237.96 Kg/cm²	99.35%
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
09	46563.00 Kg	15.00 cm	263.49 Kg/cm ²	110.02%
10	47896.00 Kg	15.00 cm	271.04 Kg/cm ²	113.17%
11	47589.00 Kg	15.00 cm	269.30 Kg/cm ²	112.44%
12	46895.00 Kg	15.00 cm	265.37 Kg/cm ²	110.80%
	PROMEDIO :		267.30 Kg/cm²	111.61%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 31:**Especímenes – F'c = 210 Kg/cm² - 10% de arcilla calcinada.**

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'c	%
01	42185.00 Kg	15.00 cm	238.72 Kg/cm ²	82.04%
02	42285.00 Kg	15.00 cm	239.28 Kg/cm ²	82.23%
03	42659.00 Kg	15.00 cm	241.40 Kg/cm ²	82.96%
04	43896.00 Kg	15.00 cm	248.40 Kg/cm ²	85.36%
PROMEDIO :			241.95 Kg/cm²	83.15%
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'c	%
05	50960.00 Kg	15.00 cm	288.37 Kg/cm ²	99.10%
06	49898.00 Kg	15.00 cm	282.36 Kg/cm ²	97.04%
07	49996.00 Kg	15.00 cm	282.92 Kg/cm ²	97.23%
08	50541.00 Kg	15.00 cm	286.00 Kg/cm ²	98.29%
PROMEDIO :			284.91 Kg/cm²	98.07%
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'c	%
09	57925.00 Kg	15.00 cm	327.79 Kg/cm ²	112.65%
10	56556.00 Kg	15.00 cm	320.04 Kg/cm ²	109.98%
11	57289.00 Kg	15.00 cm	324.19 Kg/cm ²	111.41%
12	58913.00 Kg	15.00 cm	333.38 Kg/cm ²	114.57%
PROMEDIO :			326.35 Kg/cm²	112.15%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**4.1.2.3. MUESTRA DE CONCRETO CON 15% ADICIÓN DE ARCILLA
CALCINADA.**

TABLA 32:

Especímenes – F'c = 175 Kg/cm²- 15% de arcilla calcinada.

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
01	33258.00 Kg	15.00 cm	188.20 Kg/cm ²	78.58%
02	34126.00 Kg	15.00 cm	193.11 Kg/cm ²	80.63%
03	34852.00 Kg	15.00 cm	197.22 Kg/cm ²	82.35%
04	33954.00 Kg	15.00 cm	192.14 Kg/cm ²	80.23%
PROMEDIO :			192.67 Kg/cm²	80.45%
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
05	39854.00 Kg	15.00 cm	225.53 Kg/cm ²	94.17%
06	39025.00 Kg	15.00 cm	220.84 Kg/cm ²	92.21%
07	38965.00 Kg	15.00 cm	220.50 Kg/cm ²	92.07%
08	39902.00 Kg	15.00 cm	225.80 Kg/cm ²	94.28%
PROMEDIO :			223.17 Kg/cm²	93.18%
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
09	45252.00 Kg	15.00 cm	256.07 Kg/cm ²	106.92%
10	45698.00 Kg	15.00 cm	258.60 Kg/cm ²	107.97%
11	46321.00 Kg	15.00 cm	262.12 Kg/cm ²	109.44%
12	44741.00 Kg	15.00 cm	253.18 Kg/cm ²	105.71%
PROMEDIO :			257.49 Kg/cm²	107.51%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 33:**Especímenes – F'c = 210 Kg/cm²- 15% de arcilla calcinada.**

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
01	41258.00 Kg	15.00 cm	233.47 Kg/cm ²	80.23%
02	42321.00 Kg	15.00 cm	239.49 Kg/cm ²	82.30%
03	41856.00 Kg	15.00 cm	236.86 Kg/cm ²	81.40%
04	41023.00 Kg	15.00 cm	232.14 Kg/cm ²	79.78%
PROMEDIO :			235.49 Kg/cm²	80.93%
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
05	48741.00 Kg	15.00 cm	275.82 Kg/cm ²	94.79%
06	47958.00 Kg	15.00 cm	271.39 Kg/cm ²	93.27%
07	48364.00 Kg	15.00 cm	273.68 Kg/cm ²	94.05%
08	47902.00 Kg	15.00 cm	271.07 Kg/cm ²	93.16%
PROMEDIO :			272.99 Kg/cm²	94.03%
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
09	54741.00 Kg	15.00 cm	309.77 Kg/cm ²	106.45%
10	54302.00 Kg	15.00 cm	307.29 Kg/cm ²	105.60%
11	55102.00 Kg	15.00 cm	311.81 Kg/cm ²	107.16%
12	54987.00 Kg	15.00 cm	311.16 Kg/cm ²	106.93%
PROMEDIO :			310.01 Kg/cm²	106.54%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**4.1.2.4. MUESTRA DE CONCRETO CON 20% DE ADICIÓN DE
ARCILLA CALCINADA.**

TABLA 34:

Especímenes - F'c = 175 Kg/cm²- 20% de arcilla calcinada.

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
01	31852.00 Kg	15.00 cm	180.25 Kg/cm ²	75.26%
02	31159.00 Kg	15.00 cm	176.32 Kg/cm ²	73.62%
03	31965.00 Kg	15.00 cm	180.88 Kg/cm ²	75.52%
04	30012.00 Kg	15.00 cm	169.83 Kg/cm ²	70.91%
PROMEDIO :			176.82 Kg/cm²	73.83%
RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
05	39785.00 Kg	15.00 cm	225.14 Kg/cm ²	94.00%
06	40145.00 Kg	15.00 cm	227.17 Kg/cm ²	94.85%
07	39159.00 Kg	15.00 cm	221.59 Kg/cm ²	92.52%
08	38983.00 Kg	15.00 cm	220.60 Kg/cm ²	92.11%
PROMEDIO :			223.63 Kg/cm²	93.37%
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
09	43258.00 Kg	15.00 cm	244.79 Kg/cm ²	102.21%
10	42569.00 Kg	15.00 cm	240.89 Kg/cm ²	100.58%
11	43025.00 Kg	15.00 cm	243.47 Kg/cm ²	101.66%
12	44747.00 Kg	15.00 cm	253.22 Kg/cm ²	105.73%
PROMEDIO :			245.59 Kg/cm²	102.54%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 35:**Especímenes – F'c = 210 Kg/cm²- 20% de arcilla calcinada.**

RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS F'C				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
01	38541.00 Kg	15.00 cm	218.10 Kg/cm ²	74.95%
02	38545.00 Kg	15.00 cm	218.12 Kg/cm ²	74.96%
03	37964.00 Kg	15.00 cm	214.83 Kg/cm ²	73.83%
04	37258.00 Kg	15.00 cm	210.84 Kg/cm ²	72.46%
	PROMEDIO :		215.47 Kg/cm²	74.05%

RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS F'C				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
05	45654.00 Kg	15.00 cm	258.35 Kg/cm ²	88.78%
06	46125.00 Kg	15.00 cm	261.01 Kg/cm ²	89.70%
07	46965.00 Kg	15.00 cm	265.77 Kg/cm ²	91.33%
08	45025.00 Kg	15.00 cm	254.79 Kg/cm ²	87.56%
	PROMEDIO :		259.98 Kg/cm²	89.24%

RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS F'C				
PROBETA	FUERZA	DIÁMETRO	F'C	%
09	53857.00 Kg	15.00 cm	304.77 Kg/cm ²	104.74%
10	52852.00 Kg	15.00 cm	299.08 Kg/cm ²	102.78%
11	52284.00 Kg	15.00 cm	295.87 Kg/cm ²	101.68%
12	53958.00 Kg	15.00 cm	305.34 Kg/cm ²	104.93%
	PROMEDIO :		301.27 Kg/cm²	103.53%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.2.5. GRAFICOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO CON Y SIN ADICIÓN DE ARCILLAS CALCINADA

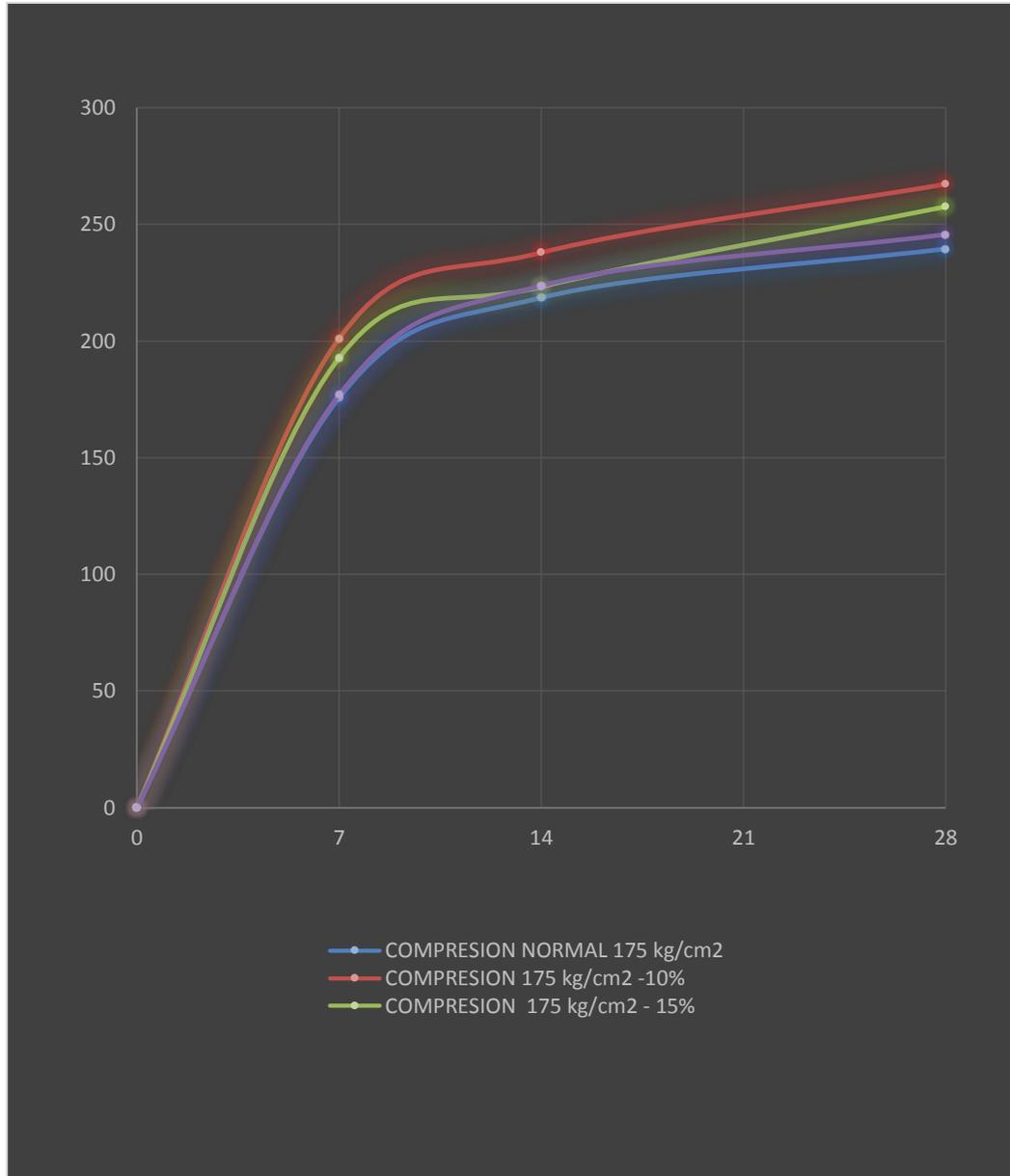


FIGURA 19 . COMPARACIÓN DE ESPECÍMENES DE F'C=175 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

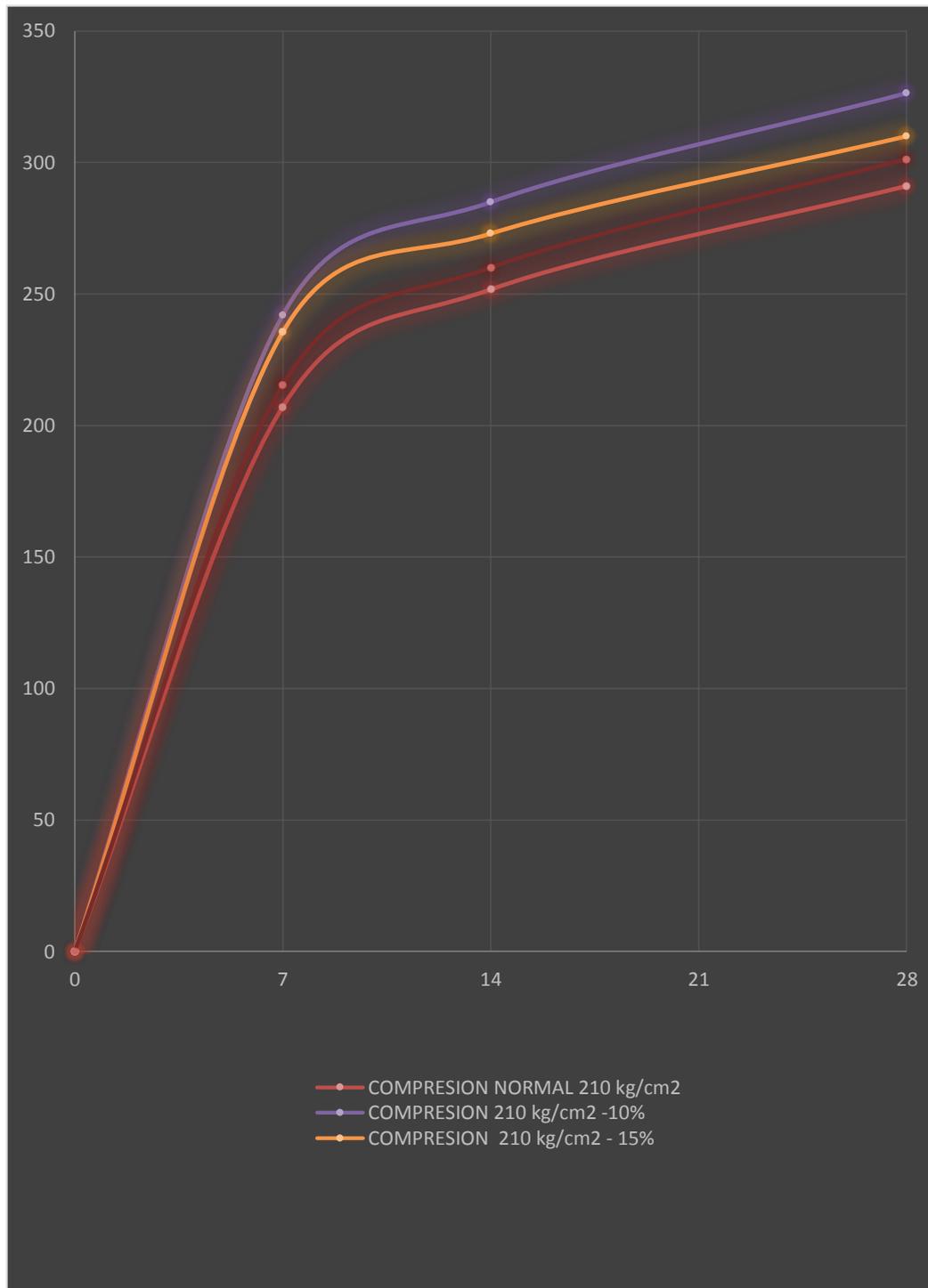


FIGURA 20: COMPARACIÓN DE ESPECÍMENES DE F'C=210 Kg/cm²

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

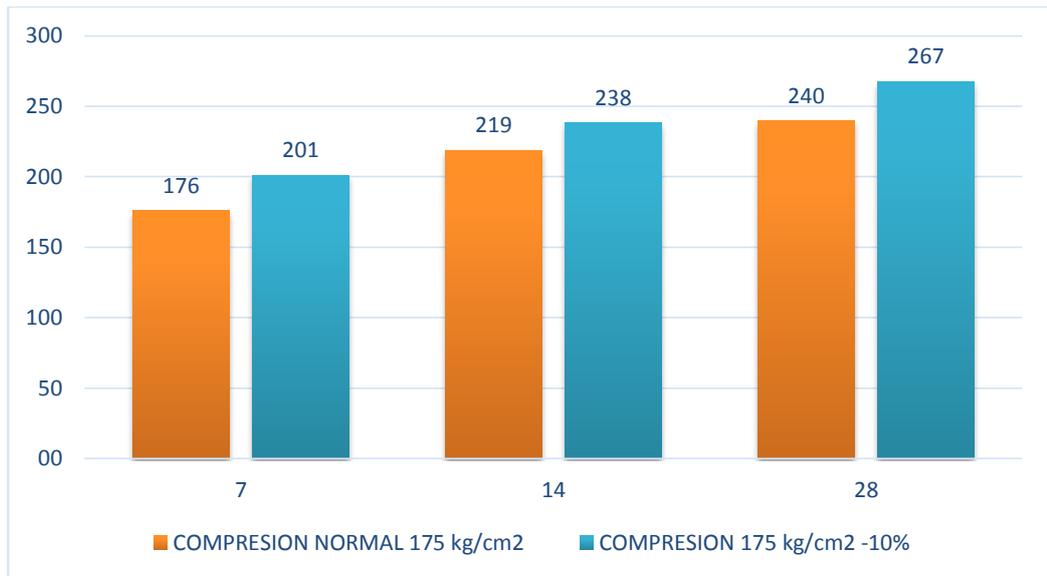


FIGURA 21: DIAGRAMA DE BARRAS DE ESPECÍMENES DE $F'C=175 \text{ Kg/cm}^2$ PATRÓN - 10 % DE ARCILLA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

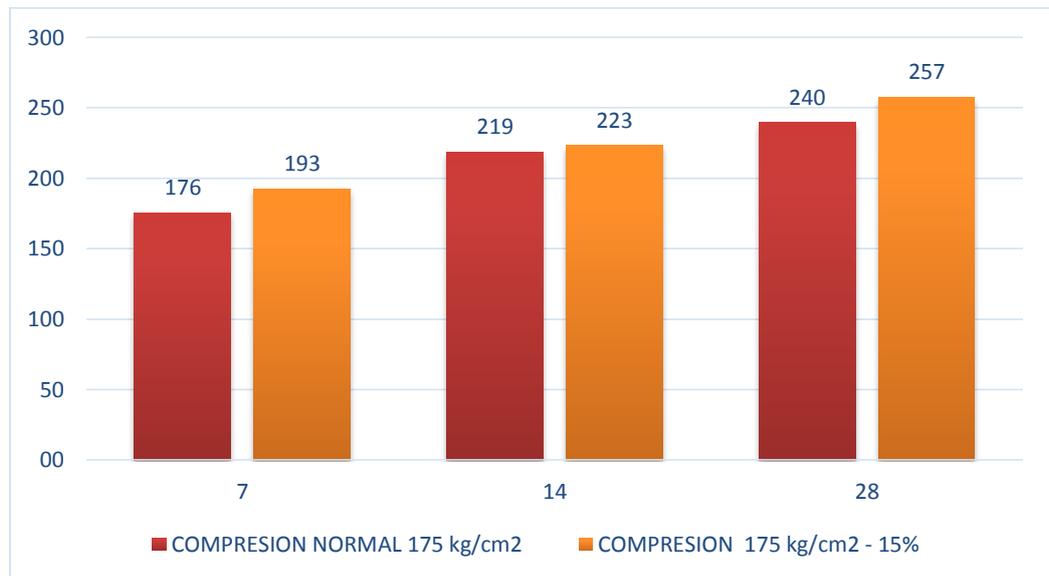
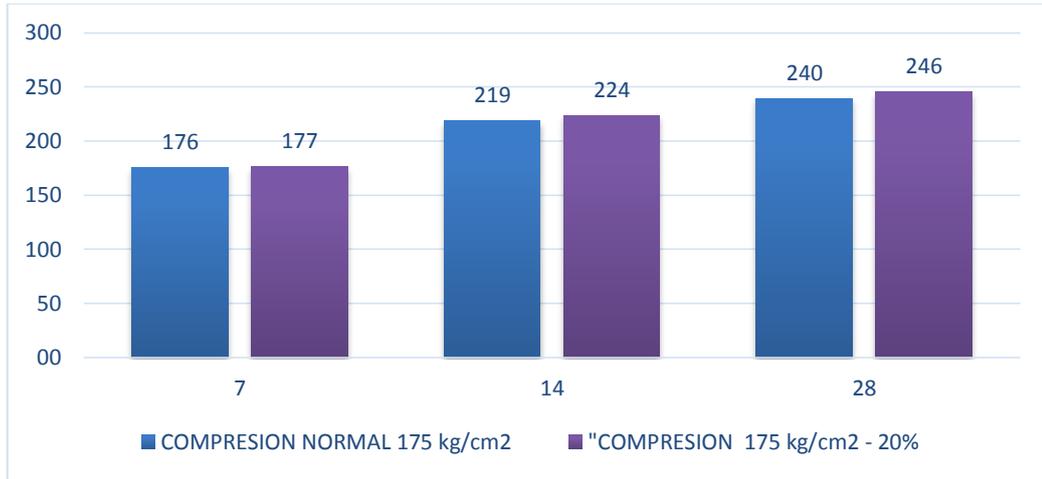


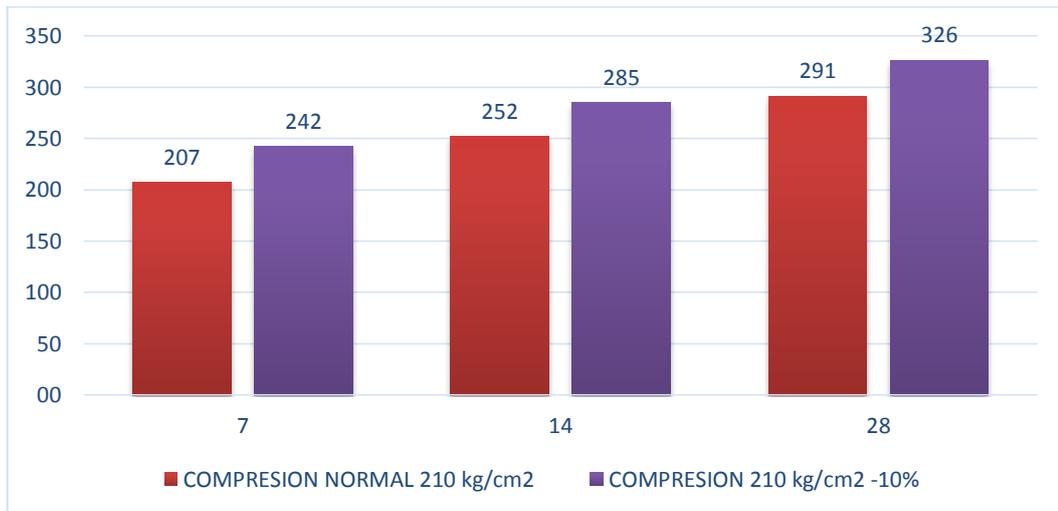
FIGURA 22: DIAGRAMA DE BARRAS DE ESPECÍMENES DE 175 Kg/cm^2 PATRÓN - 15 % DE ARCILLA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**FIGURA 23: DIAGRAMA DE BARRAS DE ESPECÍMENES DE
F'C=175 Kg/cm² PATRÓN - 20 % DE ARCILLA**

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**FIGURA 24: DIAGRAMA DE BARRAS DE ESPECÍMENES DE
F'C=210 Kg/cm² PATRÓN - 10 % DE ARCILLA**

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

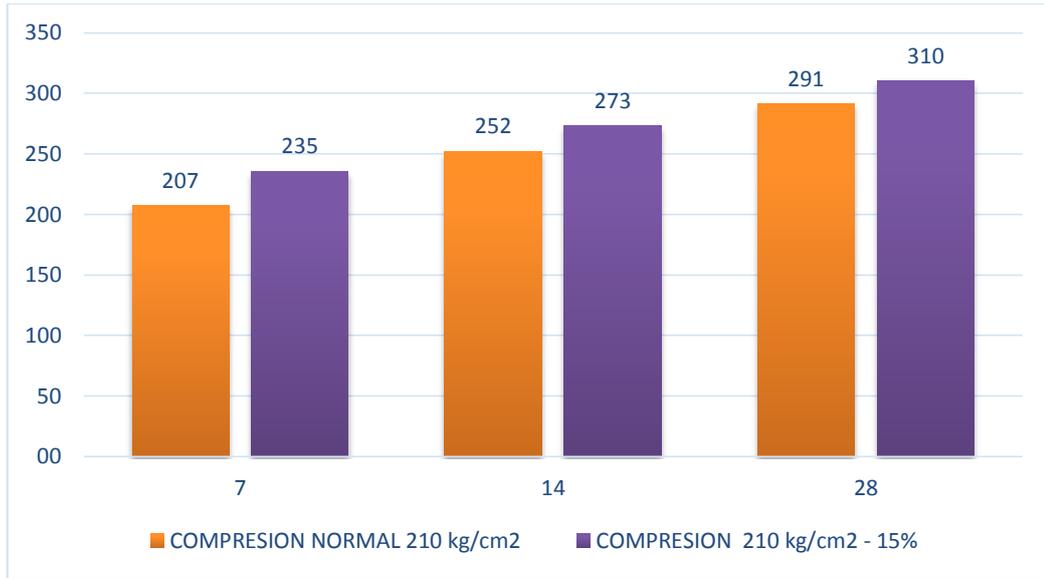


FIGURA 25: DIAGRAMA DE BARRAS DE ESPECÍMENES DE F'C=210 Kg/cm² PATRÓN - 15% DE ARCILLA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

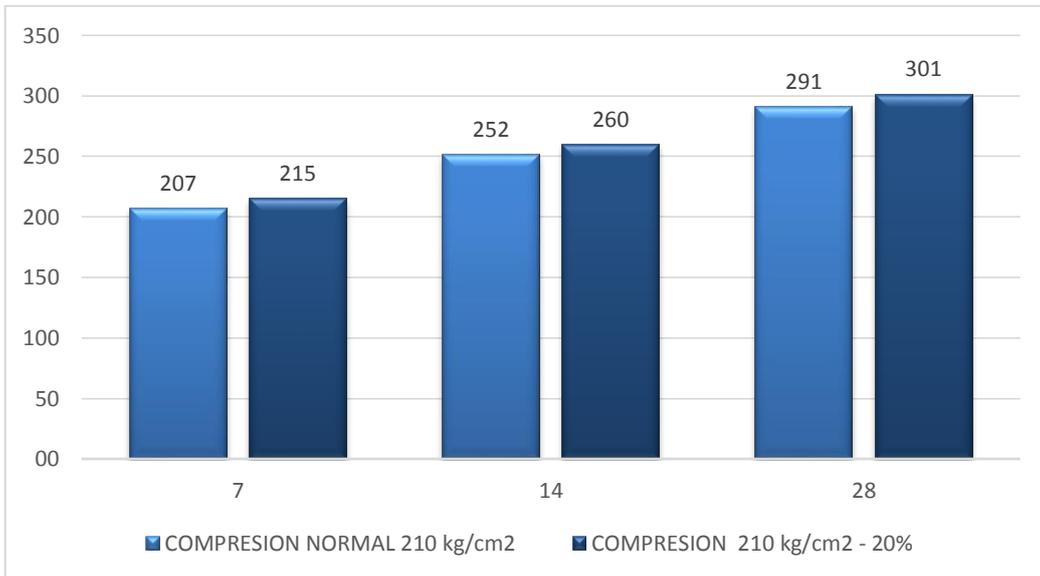


FIGURA 26: DIAGRAMA DE BARRAS DE ESPECÍMENES DE F'C=210 Kg/cm² PATRÓN - 20 % DE ARCILLA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**4.1.3. RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS CON MEJOR
COMPORTAMIENTO RESISTENTE**

TABLA N° 36 :

Testigos de concreto de $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de adición evaluados a los 28 días.

T-C	DÍAS DE CURADO	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	ÁREA cm²	FUERZA Kg	RESISTENCIA Kg/cm²
N-01	28	15	30	176.715	54991	311.185
N-02	28	15	30	176.715	57896	327.624
N-03	28	15	30	176.715	55660	314.971
N-04	28	15	30	176.715	58965	333.674
N-05	28	15	30	176.715	56160	317.801
N-06	28	15	30	176.715	55874	316.182
N-07	28	15	30	176.715	55000	311.236
N-08	28	15	30	176.715	58021	328.332
N-09	28	15	30	176.715	55125	311.944
N-10	28	15	30	176.715	57841	327.313
N-11	28	15	30	176.715	59941	339.197
N-12	28	15	30	176.715	56941	322.220
N-13	28	15	30	176.715	55854	316.069
N-14	28	15	30	176.715	59444	336.384
N-15	28	15	30	176.715	57014	322.633
N-16	28	15	30	176.715	59141	334.670
N-17	28	15	30	176.715	58036	328.417
N-18	28	15	30	176.715	59991	339.480
N-19	28	15	30	176.715	57843	327.324
N-20	28	15	30	176.715	58160	329.118
N-21	28	15	30	176.715	56852	321.717
N-22	28	15	30	176.715	57896	327.624
N-23	28	15	30	176.715	58025	328.354
N-24	28	15	30	176.715	59301	335.575
N-25	28	15	30	176.715	57654	326.255
N-26	28	15	30	176.715	53491	302.697
N-27	28	15	30	176.715	57331	324.427
N-28	28	15	30	176.715	53111	300.547
N-29	28	15	30	176.715	58852	333.034
N-30	28	15	30	176.715	53941	305.244

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 37:

Testigos de concreto de $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de adición evaluados a los 28 días.

T-C	DÍAS DE CURADO	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	ÁREA cm ²	FUERZA Kg	RESISTENCIA Kg/cm ²
N-01	28	15	30	176.715	48000	271.624
N-02	28	15	30	176.715	46958	265.728
N-03	28	15	30	176.715	48218	272.858
N-04	28	15	30	176.715	47621	269.480
N-05	28	15	30	176.715	48214	272.835
N-06	28	15	30	176.715	46023	260.437
N-07	28	15	30	176.715	48210	272.813
N-08	28	15	30	176.715	46023	260.437
N-09	28	15	30	176.715	45062	254.999
N-10	28	15	30	176.715	48842	276.389
N-11	28	15	30	176.715	46986	265.886
N-12	28	15	30	176.715	45307	256.385
N-13	28	15	30	176.715	44664	252.747
N-14	28	15	30	176.715	49850	282.093
N-15	28	15	30	176.715	48964	277.080
N-16	28	15	30	176.715	47404	268.252
N-17	28	15	30	176.715	46302	262.016
N-18	28	15	30	176.715	47307	267.703
N-19	28	15	30	176.715	48503	274.471
N-20	28	15	30	176.715	47007	266.005
N-21	28	15	30	176.715	44831	253.692
N-22	28	15	30	176.715	46664	264.064
N-23	28	15	30	176.715	47856	270.810
N-24	28	15	30	176.715	49631	280.854
N-25	28	15	30	176.715	46344	262.253
N-26	28	15	30	176.715	48520	274.567
N-27	28	15	30	176.715	46063	260.663
N-28	28	15	30	176.715	46984	265.875
N-29	28	15	30	176.715	47802	270.504
N-30	28	15	30	176.715	46000	260.307

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.1.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO

DE F'C= 210 Kg/cm² CON 10 % DE ADICIÓN

TABLA 38:

Resultado de la estadística descriptiva de las muestras de concreto de F'C= 210

Kg/cm² con 10% de adición

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	
MEDIA	323.3749
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	10.5937
MÍNIMO	300.5
MÁXIMO	339.5
MUESTRA	30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 39:

Frecuencias - concreto de F'C= 210 Kg/cm² con 10% de adición

INTERVALO	FRECUENCIA
292.8 ≤ 300.5	1
300.5 ≤ 308.3	2
308.3 ≤ 316.1	5
316.1 ≤ 323.9	5
323.9 ≤ 331.7	10
331.7 ≤ 339.5	7

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

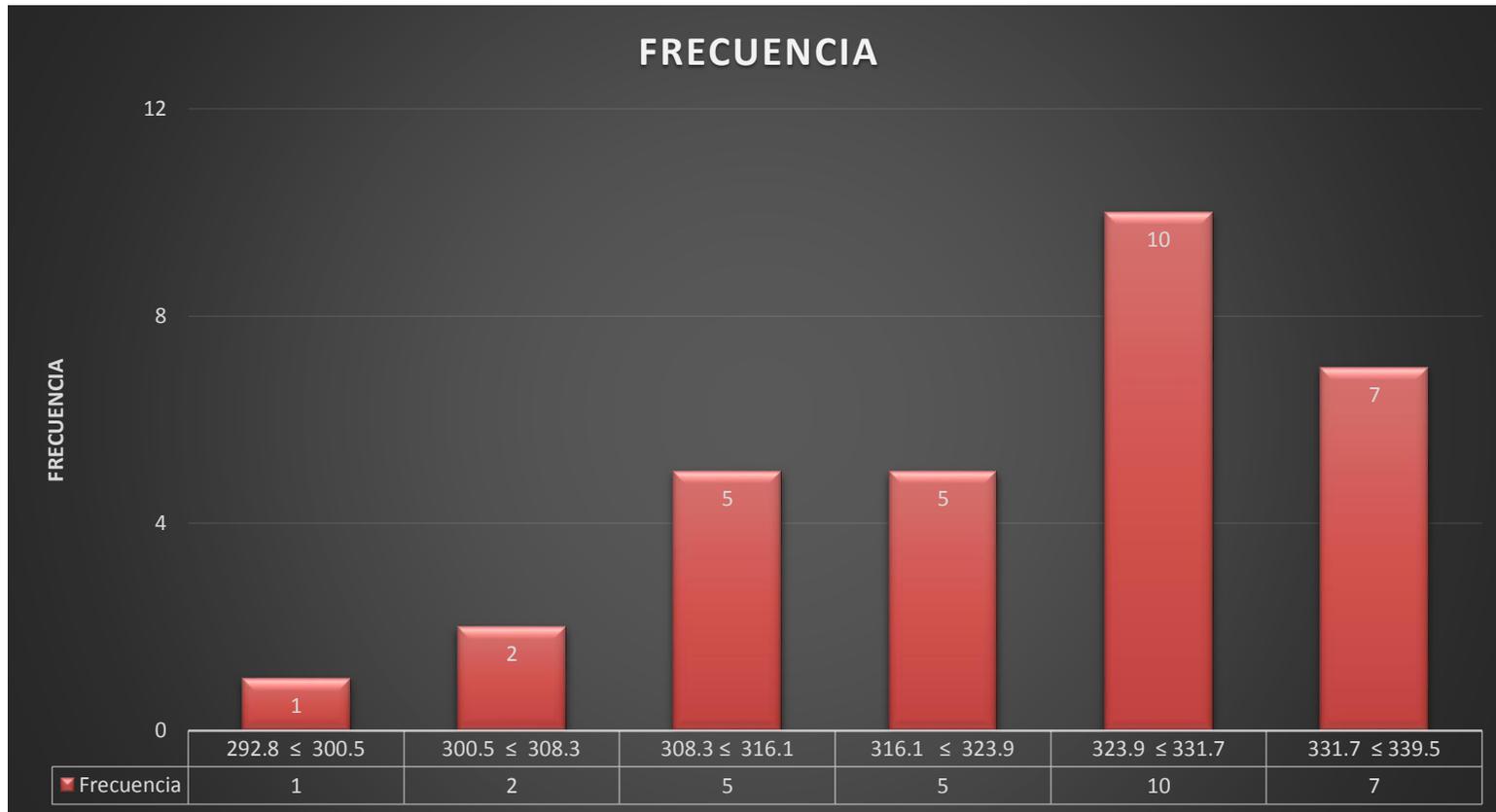
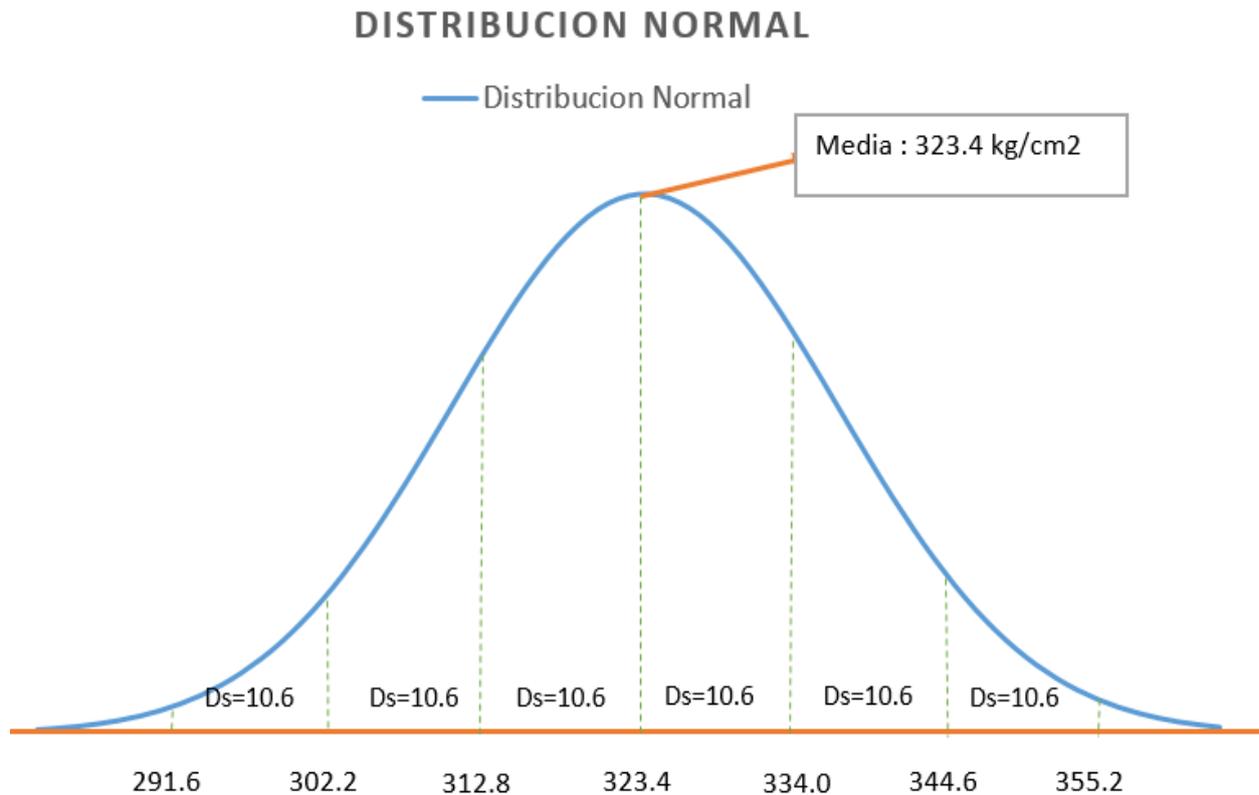


FIGURA 27: HISTOGRAMA -CONCRETO DE F'C= 210 Kg/cm² - 10% DE ADICIÓN

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**FIGURA 28: DISTRIBUCIÓN NORMAL - CONCRETO DE F'C= 210 Kg/cm² -10%
DE ADICIÓN**

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Del grafico de distribución normal se dice lo siguiente:

- Existe la probabilidad de que el 68.0% de los testigos de concreto elaborados con 10 % arcilla calcinada tengan una resistencia a la compresión entre 312.8 Kg/cm² y 334.0 Kg/cm² a la edad de 28 días.
- Existe la probabilidad de que el 95.1% de los testigos de concreto elaborados con 10 % arcilla calcinada tengan una resistencia a la compresión entre 302.2 Kg/cm² y 344.6 Kg/cm² a la edad de 28 días.
- Existe la probabilidad de que el 99.7% de los testigos de concreto elaborados con 10 % arcilla calcinada tengan una resistencia a la compresión entre 291.6 Kg/cm² y 355.2 Kg/cm².

**4.1.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO
DE F'C= 175 Kg/cm² CON 10 % DE ADICIÓN**

TABLA 40:

**Resultado de la estadística descriptiva - concreto de F'c= 175 Kg/cm² -
10% de adición**

RESULTADO DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	
MEDIA	267.1275428
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.767776941
MÍNIMO	252.7465379
MÁXIMO	282.0932947
MUESTRA	30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 41:

**Frecuencia de las muestras de concreto de F'C= 175 Kg/cm² con 10% de
adición**

DATOS	FRECUENCIA
246.9 ≤ 252.7	1
252.7 ≤ 258.6	3
258.6 ≤ 264.4	7
264.4 ≤ 270.3	7
270.3 ≤ 276.2	8
276.2 ≤ 282.1	4

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

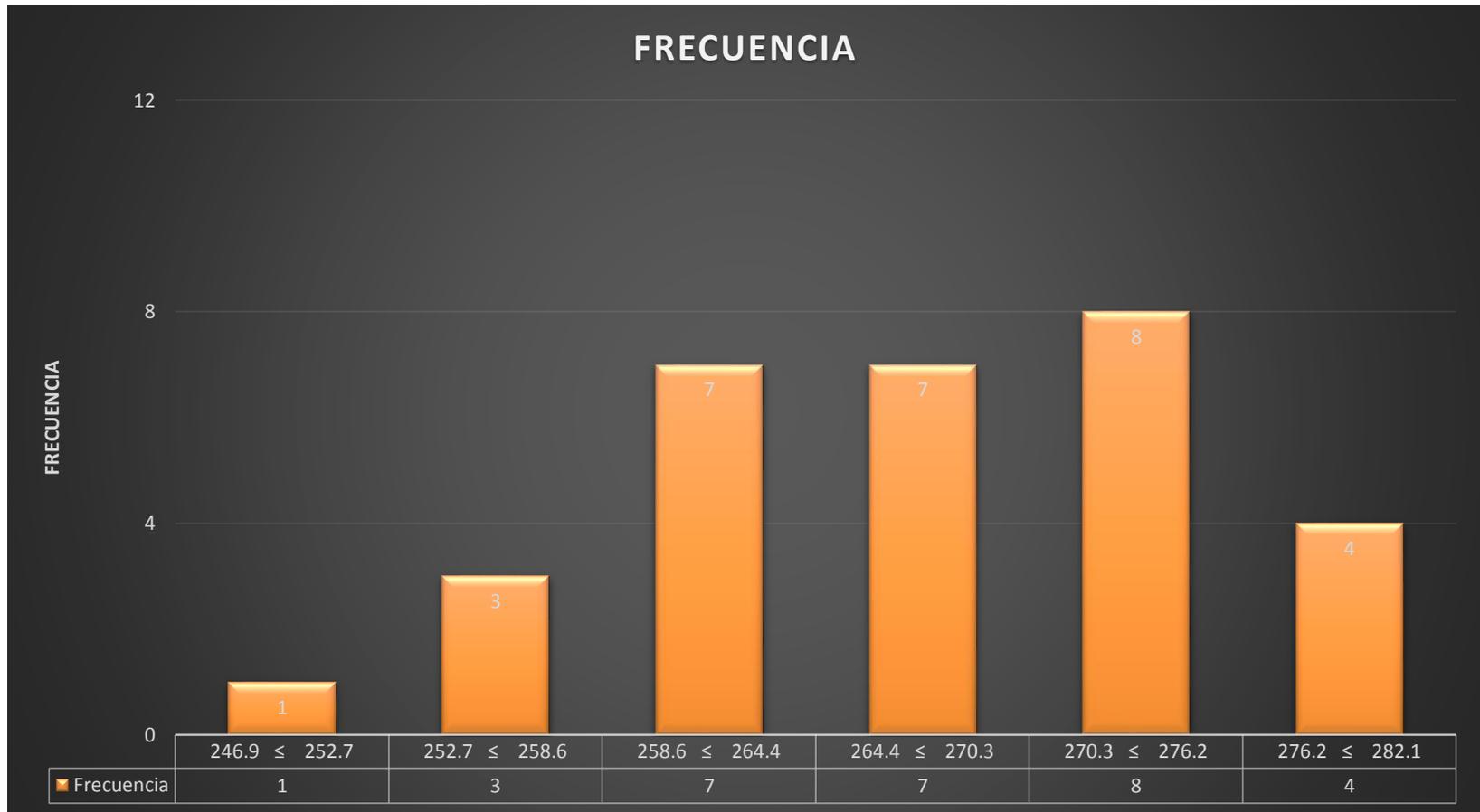


FIGURA 29: HISTOGRAMA - CONCRETO DE F'C= 175 Kg/cm² CON 10% DE ADICIÓN

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

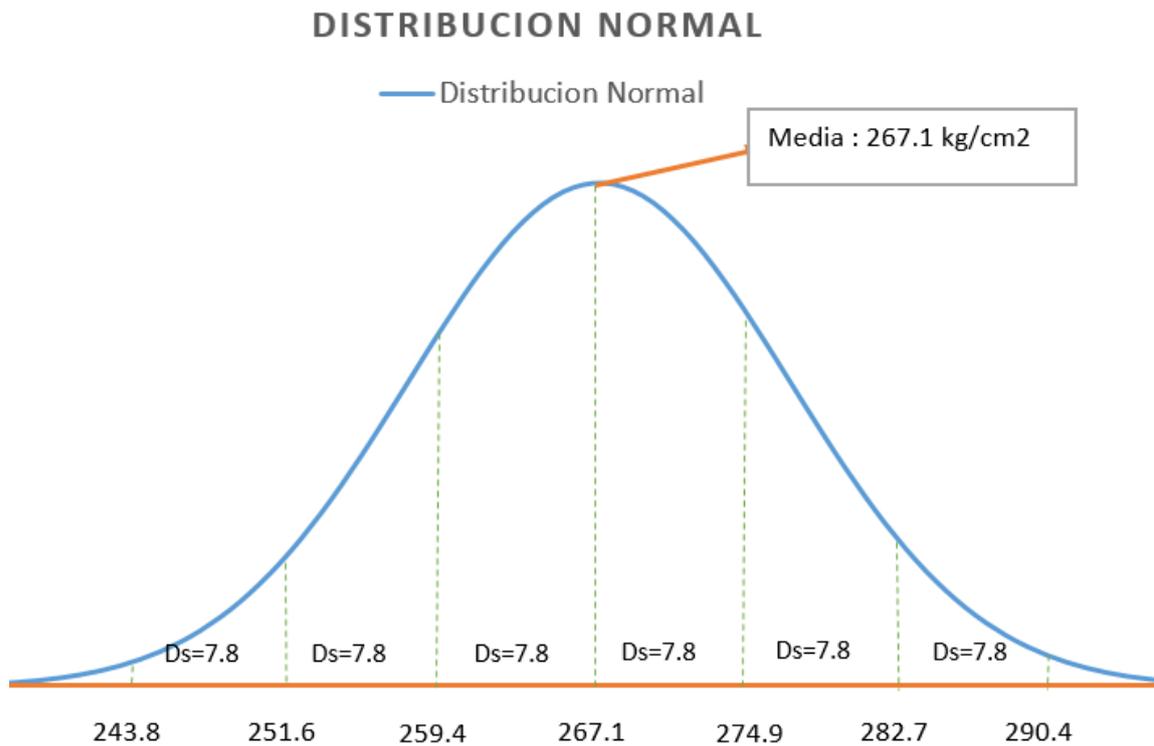


FIGURA 30: CURVA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL - F'C= 175 Kg/cm² CON 10% DE ADICIÓN.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Del grafico de Distribución Normal se dice lo siguiente:

- Existe la probabilidad de que el 68.0% de los testigos de concreto elaborados con 10% de adición de arcilla calcinada tengan una resistencia a la compresión entre 259.4 Kg/cm² y 274.9 Kg/cm² a la edad de 28 días.
- Existe la probabilidad de que el 95.1% de los testigos de concreto elaborados con 10% de adición de arcilla calcinada tengan una resistencia a la compresión entre 251.6 Kg/cm² y 282.7 Kg/cm² a la edad de 28 días.
- Existe la probabilidad de que el 99.7% de los testigos de concreto elaborados con 10% de adición de arcilla calcinada tengan una resistencia a la compresión entre 243.8 Kg/cm² y 290.4 Kg/cm²

4.1.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIONES

4.1.5.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

“La adición de arcilla calcinada del distrito de Santa, en la preparación de concreto estructural mejorará sus propiedades físicas en un 30%.”

La hipótesis fue aceptada.

Para aceptar o rechazar la hipótesis planteada se determinó la resistencia a la compresión de los testigos de concreto de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm con adición de arcilla calcinada a una temperatura de 850°C. Los testigos de concreto fueron curados por 7, 14 y 28 días respectivamente para luego ser sometidos al ensayo de resistencia a la compresión obteniendo resultados positivos respecto a la hipótesis planteada, como se muestra en la Figura 19 y la Figura N° 20.

4.1.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

4.1.5.2.1. Concreto con 0% de arcilla calcinada. (Muestra Patrón)

Los testigos de concreto de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura se diseñaron para un $F'c$: de 175 Kg/cm² y 210 Kg/cm². Se obtuvo una mezcla trabajable de consistencia plástica con un slump de 4”.

4.1.5.2.2. Concreto Con Adición de Arcilla calcinada

- a) El slump para el diseño de 175 Kg/cm² y 210 Kg/cm² empezó a disminuir al adicionar el arcilla calcinada, se verificó lo siguiente :
 - ✓ Al añadir mayor porcentaje de arcilla calcinada, disminuye el slump y se pierde la trabajabilidad.

- b) Al adicionar arcilla calcinada en 10%, 15% y 20% hubo un aumento de resistencia. Para los especímenes de $F'c$: 210 Kg/cm^2 , la resistencia obtenida en los 3 porcentajes (10%, 15% y 20%) es superior a la resistencia de la muestra patrón, ver Figura 20, 24, 25 y 26.
- c) Para los especímenes de $F'c$: 175 Kg/cm^2 , la resistencia aumento en los 3 porcentajes (10%, 15% y 20%) que se adicionó. La resistencia del concreto con adición de arcilla calcinada es superior a la resistencia obtenida con la muestra patrón, ver Figura 19, 21, 22 y 23.
- d) Entre los porcentajes de adición (10 %, 15 % y 20 %) que se utilizaron, se obtuvo una mejor resistencia a la compresión del concreto con el de adición al 10%. Posteriormente para la evaluación estadística se realizó 30 probetas de concreto a los 28 días con 10% de adición de arcilla calcinada para ambos diseños 210 Kg/cm^2 y 175 Kg/cm^2 .
- e) En la Figura 21 muestra que para una adición de 10% de arcilla calcinada al concreto de 175 Kg/cm^2 hay un aumento de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia adicionando un 10% a la edad de 28 días supera en 27.8 Kg/cm^2 al concreto patrón.
- f) En la Figura 22 muestra que para una adición de 15% de arcilla calcinada al concreto de 175 Kg/cm^2 hay un aumento de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia adicionando un 15% a los 28 días de curado supera en 18 Kg/cm^2 al concreto patrón.
- g) En la Figura 23 muestra que para una adición de 20% de arcilla calcinada al concreto de 175 Kg/cm^2 hay un aumento de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia adicionando un 20% a la

edad de 28 días supera en 6.1 Kg/cm² al concreto patrón.

- h) En la Figura 24 muestra que para una adición de 10% de arcilla calcinada al concreto de 210 Kg/cm² hay un aumento de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia adicionando un 10% a la edad de 28 días supera en 35.4 Kg/cm² al concreto patrón.
- i) En la Figura 25 muestra que para una adición de 15% de arcilla calcinada al concreto de 210 kg/cm² hay un aumento de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia adicionando un 15% a los 28 días de curado supera en 19 Kg/cm² al concreto patrón.
- j) En la Figura 26 muestra que para una adición de 20% de arcilla calcinada al concreto de 210 Kg/cm², hay un aumento de resistencia con respecto al patrón. Además, se observa que la resistencia adicionando un 15% a la edad de 28 días supera en 10.3 Kg/cm² al concreto patrón.

4.1.6. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Entre los porcentajes de adición usados para elaborar concreto de F'c: 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm². Hubo un mejor comportamiento adicionando el 10% de arcilla calcinada. Se realizó 30 probetas con adición de 10% de arcilla calcinada para realizar la evaluación estadística como se observa en las Tablas 36 y 37.

4.1.6.1. CONCRETO - 210 Kg/cm²

- a) Al aplicar la estadística se obtuvo los datos mostrado en la Tabla 39, obteniendo un desviación estándar de 10.6, una variación de 3.3. Variación:
 $10.6 / 323.4 \times 100 = 3.3$

TABLA 42:

Tabla de dispersión del concreto

DISPERSIÓN TOTAL					
Clase de operación	Desviación Estándar para Diferentes Grados de control (Kg/cm²)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de operación	Coefficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS, ING. ENRIQUE RIVVA LOPEZ

- b) Al comparar la desviación estándar en la dispersión entre los testigos de concretos elaborados en el laboratorio, se obtiene que el concreto es Excelente al tener $D_s = 10.6 < 14.1$
- c) Al comparar la variación en la dispersión entre los testigos de concretos elaborados en el laboratorio, el concreto es deficiente al tener $3 < V=3.3 < 4$
- d) Al observar la Figura 11 y la Tabla 38 que de 30 testigos 10 se encuentra en el siguiente intervalo $323.9 \leq 331.7$.
- e) Los gráficos de distribución normal (Figura 28) para los testigos de concreto de con 10% de arcilla calcinada, indican lo siguiente:

TABLA 43:

**Probabilidad de ocurrencia de los testigos 210 Kg/cm² – 10 % de adición
a los 28 días.**

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		
PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	312.8	334.0
95.10%	302.2	344.6
99.70%	291.6	355.2

FUENTE: PROPIA

- f) Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y la evaluación estadística de los testigos de concreto con adición arcilla calcinada (10%) se obtiene que hay un 99.7% de probabilidad que la resistencia llegue a 291.6 Kg/cm² superando notablemente un concreto de F'c: 210 Kg/cm² por lo tanto la Hipótesis planteada es aceptada.

4.1.6.2. CONCRETO - 175 Kg/cm²

- a) Al aplicar la estadística se obtuvo los datos mostrados en la Tabla 41, obteniendo una desviación estándar de 7.8, una variación de 2.9. Variación: $7.8 / 267.1 \times 100 = 2.9$

TABLA 44:

Tabla de dispersión del concreto

DISPERSIÓN TOTAL					
Clase de operación	Desviación Estándar para Diferentes Grados de control (Kg/cm²)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de operación	Coefficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

FUENTE: DISEÑO DE MEZCLAS, ING. ENRIQUE RIVVA LOPEZ

- b) Al comparar la desviación estándar de los testigos de concreto elaborados en el laboratorio con la dispersión total se obtiene que el concreto en laboratorio es excelente al tener $D_s = 7.8 < 14.1$
- c) Al comparar la variación con la dispersión de los testigos elaborados en el laboratorio obtenemos que el concreto en laboratorio es Muy bueno al tener $2 < V=2.9 < 3$
- d) Al observar la Figura 29 y la Tabla 44, se deduce que de 30 testigos 8 están en el siguiente intervalo $270.3 \leq 276.2$.

- e) Los gráficos de distribución normal (Figura 30) para los testigos de concreto de con 10% de arcilla calcinada ,indican lo siguiente:

TABLA 45:

Probabilidad de ocurrencia de los testigos 175 Kg/cm² – 10 % de adición a los 28 días.

PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	259.4	274.9
95.10%	251.6	282.7
99.70%	243.8	290.4

FUENTE: PROPIA

- f) Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y la evaluación estadística de los testigos de concreto con adición arcilla calcinada (10%) se obtiene que hay un 99.7% de probabilidad que la resistencia llegue a 243.8 Kg/cm² superando notablemente un concreto de F'c: 175 Kg/cm² por lo tanto la Hipótesis planteada es aceptada.

4.2. DISCUSIONES

Según Chagas (2001) en su investigación “Concreto de Alto rendimiento con Meta caolinita”, se elaboró concreto reemplazando porcentualmente el cemento por meta caolinita. Se extrajo arcilla caolinita del municipio Campo Dos Gotaycazes y se activó térmicamente para producir meta caolinita a temperaturas aproximadas de 550°C. La meta caolinita es de color blanco y presenta SiO₂ en un 49.55%, Al₂O₃ en un 23.11%, Fe₂O₃ en un 0.57% y CaO en un 2.71%; se sustituyó en porcentajes de 10 y 15% obteniendo resultados positivos mejorando considerablemente la resistencia del concreto y llegando a la conclusión que la metacaolinita se presenta como una alternativa de uso como adición mineral al cemento Portland puzolánico y como sustitución al cemento en hormigones y morteros de alto rendimiento. Al compararla con esta tesis “Adición de Arcilla Calcinada del Distrito de Santa en Concreto Estructural para Mejora de sus Propiedades Físicas”; en ambas investigaciones se activó térmicamente las arcillas, en esta tesis se activó a 850 °C la arcilla y tuvo un color rojo anaranjado presentando SiO₂ en un 76.72%, Al₂O₃ en un 3.77%, Fe₂O₃ en un 2.37% y CaO% en un 6.11%; se trabajó la arcilla como un material adiconante en función al peso del cemento (10% , 15% y 20%) obteniendo mejoras en la resistencia del concreto aceptando así la hipótesis planteada.

Según Mejía, Torres Y Silva (2006) en su investigación “Influencia De La Adición De Meta caolín A Morteros Y Hormigones”, utilizaron meta caolín y humo de sílice como adición en función al peso del cemento para elaborar concreto de alta resistencia de 39 MPa considerado también aditivos superplastificantes para mantener la relación a/c sin perder trabajabilidad.

El Meta caolín procede de la región Antioquia activado térmicamente a 700 °C tiene los siguientes componentes SiO₂ (%) -52.57%, Al₂O₃ (%) -44.95%, Fe₂O₃ (%) - 1.5 %

y se trabajó en porcentajes de adición (10 % ,15%, 20%, 30%). El humo de sílice es un producto de importación y tiene SiO₂ (%) - 94.28%, Al₂O₃ (%) -1.06%, Fe₂O₃ (%) - 0.29% y CaO (%) – 61.70% y se trabajó solo en porcentaje de 10% de adición. Con respecto al Meta caolín se obtuvo mejores resultados con la adición del 20% mejorando la resistencia del concreto notablemente cuando se adiciono 20% y 30% las resistencias a los 28 días empezó a disminuir, quedando como porcentaje optimo el 20% pero mejor resultados se obtuvo con el humo del sílice obteniendo un resistencia superior entre todos los porcentajes de adición. Con respecto a la elaboración del concreto se necesitó mayor aditivo supe plastificante con la adición de Metacaolín para mantener la relación $a/c = 0.40$

Se llegó a la conclusión que el metacaolín producido a partir de materias primas colombianas constituye una puzolana de alta reactividad que puede llegar a competir en el mercado con el humo de sílice importado, con la ventaja de su color blanco. Al comparar con esta tesis “Adición De Arcilla Calcinada Del Distrito De Santa En Concreto Estructural Para Mejora De Sus Propiedades Físicas”, la arcilla se activó térmicamente a 850 °C basándose en la investigación de Ramírez: “Evolución de la actividad puzolánica del material arcilloso del depósito La Delta Moa, Cuba”.

Esta arcilla tiene mayor contenido de óxido sílice y óxido de hierro pero menor cantidad de óxido de aluminio que el Meta caolín usado en la investigación Mejía, Torres y Silva y el humo de sílice presenta menor cantidad de óxido de sílice y mayor cantidad de óxido de hierro, óxido de aluminio y óxido de calcio comparado con la arcilla de esta investigación “Adición De Arcilla Calcinada Del Distrito De Santa En Concreto Estructural Para Mejora De Sus Propiedades Físicas”. Al realizar la comparación de los materiales utilizado la arcilla proveniente del distrito de Santa del

departamento de Ancash presenta propiedades puzolánicas que llegan a mejorar la resistencia del concreto considerando un material amigable para el concreto.

Según Mancipe, Pereira y Bermúdez (2007) en su tesis “Diseño De Concretos De Alta Resistencia A Partir De Una Puzolana Natural” se elaboró concreto patrón de 4500 Psi equivalente a 316.3 Kg/cm^2 y concreto reemplazando el cemento por caolín al 5%, 10% y 15% para ver si la adición de caolín incrementa la resistencia para así superar el concreto patrón. Al determinar la resistencia los 28 días el concreto con 5% de caolín llego a 2951 PSI, el concreto con 10% de caolín a 3065 PSI, el concreto con 15% de caolín a 2600 PSI y el concreto patrón a 3785 PSI. Con estos resultados que concluyo que el caolín disminuyo la resistencia.

Según Acuña y Figueredo (2013) en su investigación “Elaboración De Hormigones De Alta Resistencia Utilizando Meta caolín De Producción Paraguaya”, el Meta caolín de procedencia Paraguaya se calcino a $950 \text{ }^\circ\text{C}$ y tiene los siguientes componentes SiO_2 en un 58.68%, Al_2O_3 en un 32.90%, Fe_2O_3 en un 0.75% .Para elaborar concreto se utilizó superplastificante y el caolín se utilizar como reemplazo porcentual del cemento en porcentajes de 5%,10%, 20%, 30%, 40% y 50%.

El concreto patrón a los 28 días de curado obtuvo una resistencia de 23.5 MPa equivalente a 240 Kg/cm^2 , el de 5% llego a 25.2 MPa, el de 10% llego a 29.7 MPa, el de 20% llego a 31.1 Mpa, el de 30% llego a 13.1 MPa, el de 40% llego a 26 MPa y el de 50% llego a 18.5 MPa, de los cuales los mejores resultados se obtuvo entre el 10% y 20% de caolín.

A partir de los $750 \text{ }^\circ\text{C}$ se activa las propiedades puzolánicas del caolín en un 75% y que el caolín es apto para producir concreto de alta resistencia, el porcentaje de caolín óptimo es de 20%. Al compararla con esta investigación “Adición De Arcilla Calcinada Del Distrito De Santa En Concreto Estructural Para Mejora De Sus

Propiedades Físicas” se acepta que la temperatura para activar las propiedades puzolánicas comienza desde los 750 °C. En esta investigación “Adición De Arcilla Calcinada Del Distrito De Santa En Concreto Estructural Para Mejora De Sus Propiedades Físicas”. Se activó las propiedades puzolánicas de la arcilla a 850 °C obteniendo buenos resultados al considerarlas como adición en función al peso del cemento.

Según Ramírez y otros (2016) en su investigación “Evolución de la actividad puzolánica del material arcilloso del depósito La Delta Moa ,Cuba ” en esta investigación se extrajo material arcilloso del depósito La Delta al sur este de la localidad de Moa, provincia de Holguín, a 6 km de la carretera Moa-Baracoa, cercano a la localidad de La Melba. Esta arcilla tiene los siguientes componentes SiO₂ en un 43.1%, Al₂O₃ en un 29.11%, Fe₂O₃ en un 11.6%, CaO% en un 0.05%, MgO en un 0.53%, SO₃ en un 0.13% y K₂O en un 0.17%.

Los resultados de la composición química del material arcilloso muestran que el contenido de SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃ superior al 70% permite asegurar que los materiales caracterizados cumplen con las recomendaciones expresadas en la ASTM C 618-08 para materiales puzolánicos , siendo un material con buen potencial para ser usado como sustituto parcial del cemento.

Los altos valores de Al₂O₃ y SiO₂ se asocian la presencia de fases arcillosas y el alto contenido de hierro reportado indica la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro, lo cual se corrobora en el difractograma de rayos X.

Con respecto a esta investigación “Adición De Arcilla Calcinada Del Distrito De Santa En Concreto Estructural Para Mejora De Sus Propiedades Físicas”, se obtuvieron resultados similares en la composición química de la arcilla al tener un 70% de SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃ por lo cual se considera la arcilla proveniente de la

provincia de Santa como material con propiedades puzolánicas y al ser adicionado al concreto mejorar sus propiedades mecánicas.

Solano y Mercedes en su investigación “Influencia Del Caolín Como Reemplazo Parcial Del Cemento En La Resistencia A Compresión Axial Del Concreto De $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ”. En esta investigación se utilizó caolín proveniente de la cantera Llaca Nora, se calcino a $900 \text{ }^\circ\text{C}$ y se trituro para luego ser tamizado por la malla n° 100. El caolín tiene la siguiente composición química SiO_2 en 48.3%, Al_2O_3 en 30.1% y Fe_2O_3 en 1.36% y se usó como reemplazo parcial del cemento en 5%, 10% y 15%. La muestra patrón para un $F'c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ llego a los 28 días a 209.8 Kg/cm^2 , el 5% a 277.01 Kg/cm^2 , el 10% a 368.98 Kg/cm^2 , el 15% a 392.45 Kg/cm^2 . Se concluye que la resistencia aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de caolín. Al compararla con esta investigación “Adición de Arcilla Calcinada del Distrito de Santa en Concreto Estructural para Mejora de sus Propiedades Físicas”. Se apreció que el caolín tiene menor cantidad de SiO_2 , Fe_2O_3 y mayor cantidad de Al_2O_3 que la arcilla utilizada en esta investigación, en esta investigación “Adición de Arcilla Calcinada del Distrito de Santa en Concreto Estructural para Mejora de sus Propiedades Físicas”. Se utilizó la arcilla como adición y se obtuvo resultados positivos con respecto a la hipótesis planteada.

Gonzales, en su investigación “Resistencia del mortero con cemento sustituido por el 13% por una combinación de arcilla y concha cuchara”. La arcilla se extrajo de Acopampa – Carhuaz y la concha de cuchara de Pucallpa. Se elaboró mortero de albañilería, se trabajó la arcilla y la concha de cuchara como sustituto porcentual del cemento. Se utilizó la arcilla al 10% de sustitución y la concha de cuchara al 3%.

El polvo de la concha cuchara obtenido por trituración fue sometido a una calcinación controlada de 1000°C por 4 hora, a fin de convertir su contenido de carbonato de

calcio en oxido de calcio (CaO), que es la fase en la cual el material es cementante mente activo.

La pulverización de la arcilla es sometida a una calcinación controlada de 800°C por 1 hora, a fin de convertir sus contenidos de silicio (SiO₂) y aluminio (Al₂O₃) a oxido de silicio y oxido de aluminio, que son activamente cementantes.

La composición química de la concha de cuchara presenta Cao en 97.182%, K₂O en 1.495%, SiO₂ en 1.176%, SrO en 0.118% y So₃ en 0.029% y la composición química de la concha de arcilla presenta AlO₃ en 52.03%, K₂O en 6.869%, SiO₂ en 33.638%, Fe₂O₃ 6.086%, TiO₂ en 0.611 %, CaO en 0.345%, So₃ en 0.047%, V₂O₅ en 0.033%, SrO en 0.014 %, ZnO en 0.012% y Rb₂O en 0.009%.

El mortero patrón a los 28 días llego a 207.86 Kg/cm² y el mortero con arcilla y concha de cuchara a los 28 días llega a la resistencia de 307.12 Kg/cm², se concluyó que estos materiales mejoran la resistencia del concreto. Al contrastar con esta investigación “Adición de Arcilla Calcinada del Distrito de Santa en Concreto Estructural para Mejora de sus Propiedades Físicas”. En desarrollo se observa que la arcilla de Carhuaz presenta menor cantidad de SiO₂ y mayor cantidad de Fe₂O₃ y AlO₃ y más óxidos que la arcilla utilizada en esta investigación. Los resultados fueron positivos para ambas investigaciones considerando como un tema para seguir investigando e innovar el concreto.



**CAPÍTULO
IV**

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Habiendo desarrollado la presente tesis se llegó a la conclusión de que la adición de arcilla calcinada logra mejorar las propiedades físicas resistentes de una mezcla convencional de concreto para una resistencia de $F'c$: 210 Kg/cm² en un 38.8% y para una resistencia de $F'c$: 175 Kg/cm² un 39.3% superando lo estipulado en la Hipótesis “La adición de arcilla calcinada al concreto estructural mejorará las propiedades físicas en un 30%” por lo tanto la hipótesis es aceptada.
- La composición química de la arcilla calcinada determinada por el análisis de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, demuestran la presencia de Dióxido de Silicio SiO₂ (76.72%), Trióxido de Aluminio Al₂O₃ (3.77%), Óxido de Hierro Fe₂O₃ (2.37) %, Oxido de Calcio CaO (6.11%) y (10.82%) de elementos livianos que se pierde al calcinar la arcilla.
- La arcilla proveniente del distrito de Santa presenta propiedades puzolánicas, siendo de clase N según las normas ASTM C 618 – 03 y NTP 334.104 por lo cual es considerado material apto para elaborar concreto de altas resistencias.

- Se obtuvo un asentamiento y resistencia mostrados en el siguiente Tabla :

Tabla 46:
Resultados de la investigación

MUESTRA		SLUMP	RESISTENCIA - Kg/cm² OBTENIDA A LOS		
			7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
210 Kg/cm ²	PATRON	4 "	207.06	251.66	290.99
	10 % ADICIÓN	3.5"	241.95	284.91	326.35
	15% ADICIÓN	3.2 "	235.49	272.99	310.01
	20 % ADICIÓN	2.9"	215.47	259.98	301.27
MUESTRA		SLUMP	RESISTENCIA - Kg/cm² OBTENIDA A LOS		
			7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
175 Kg/cm ²	PATRON	4"	175.64	218.57	239.5
	10 % ADICIÓN	3.6"	201.11	237.96	267.3
	15% ADICIÓN	3.4"	192.67	223.17	257.49
	20 % ADICIÓN	3.1"	176.82	223.63	245.59

Fuente: Elaboración Propia

- Con el 10% de adición de arcilla calcinada al concreto se obtiene un asentamiento promedio de 3.55" aproximadamente 9 cm siendo una mezcla plástica y trabajable con facilidad de ser colocada y moldeada.

5.2. RECOMENDACIONES

- Al desarrollar la presente tesis y luego de haber analizado los resultados, se recomienda aun seguir investigando como usar arcilla calcinada del distrito de Santa por sus altos contenidos de dióxidos de sílices en la elaboración de concreto.
- Se recomienda realizar más diseños de mezcla adicionando arcilla calcinada y variando los porcentajes de su uso para así comparar con los resultados obtenidos en la presente investigación así mismo considerar el uso de aditivos plastificantes para mantener la trabajabilidad del concreto.
- Se recomienda realizar más ensayos de resistencia a la compresión axial del concreto estructural con adición de arcilla calcinada para edades superiores a los 28 días.
- Se recomienda realizar investigaciones de las propiedades anticorrosivas así como su durabilidad y permeabilidad del concreto estructural con adición de arcilla calcinada.
- Se recomienda realizar investigaciones con otros materiales arcillosos, para luego comparar la composición química de las arcillas y a su vez poder evaluar las propiedades del concreto al usarlas en su elaboración.
- Para su facilidad de utilización de la investigación y para futuras investigaciones con concreto estructural, se recomienda trabajar la dosificación también en volumen para su facilidad de uso fuera de laboratorios.



CAPÍTULO IV

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto. (2001). Tecnología del concreto. Lima: San Marcos.
- Acuña y Figueredo. (2013). Elaboración de hormigones de alta resistencia utilizando meta caolín de producción paraguaya. San Lorenzo.
- American Concrete Institute. (1981). Hormigón Armado.
- Bartolomé, J. F. (1997). El Caolín: composición, estructura, génesis y aplicaciones. Madrid.
- Cardozo, G. (2013). Estudio del comportamiento del concreto con mezcla de conglomerantes de cemento blanco y meta caolín.
- Cemento Pacasmayo. Recuperado de (<http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).
- Concrete Association National Ready Mixed. (1998). CIP 30 Adiciones al cemento.
- Concreto en la práctica, 1. Obtenido de <http://www.construsur.com.ar/Article75.html>
- Gonzales (2018) “Resistencia del mortero con cemento sustituido por el 13% por una combinación de arcilla y concha cuchara” (Tesis de Pregrado. Universidad San Pedro, Perú.
- López (2017) Estudio experimental del curado interno de un concreto con adiciones de arcilla coaccionada en reemplazo del agregado grueso (Tesis de Pregrado).Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Mancipe, Pereira y Bermúdez. (2007). Diseño de concretos de alta resistencia a partir de una puzolana natural. Bogotá D.C.
- Mejía de Gutiérrez, R., Torres, J., & Silva, J. (2006). Influencia de la adición de meta caolín a morteros y hormigones. Cali.

- Pasquel. (1998). Tópicos de tecnología. Lima.
- Restrepo y Tobón. (2006). Efectos de la adición de Meta caolín en el cemento Portland. Medellín.
- Resultados del Censo Nacional (2017) Obtenido de <https://www.inei.gob.pe>
- Rivva. (2002). Concretos de alta resistencia. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Rivva. (2008). Materiales para el concreto. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Rivva. (2013). Diseño de mezclas. Lima: Williams E.I.R.L.



CAPÍTULO IV

ANEXOS

VII. ANEXOS

7.1. ANEXO 01 - PANEL FOTOGRÁFICO

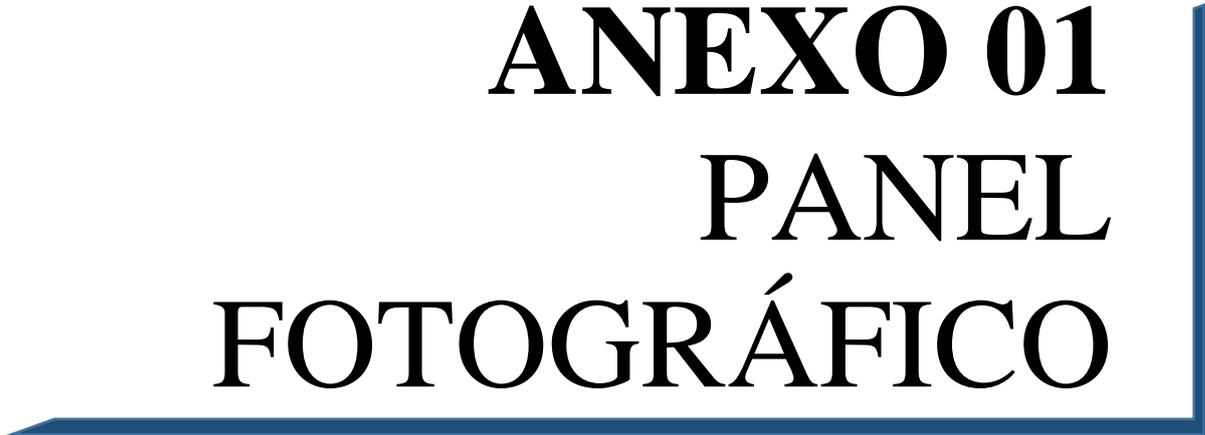
7.2. ANEXO 02 - ENSAYO DE ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

7.3. ANEXO 03 - ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

7.4. ANEXO 04 - ENSAYO DE LOS AGREGADOS

7.5. ANEXO 05 - DISEÑO DE MEZCLA

ANEXO 01
PANEL
FOTOGRAFÍCO



PANEL FOTOGRÁFICO

FOTO N° 1



HACIENDO EL CUARTEO DEL AGREGADO FINO

FOTO N° 2



REALIZANDO EL ENSAYO PARA CALCULAR EL PESO VARILLADO DEL
AGREGADO GRUESO.

FOTO N° 3



TAMIZADO MANUAL PARA LUEGO CALCULAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS.

FOTO N° 4



PESANDO LA MUESTRA CONTENIDA EN LA MALLAS PARA LUEGO CALCULAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS.

FOTO N° 5



NIVELANDO EL AGREGADO GRUESO PARA LUEGO CALCULAR EL PESO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO.

FOTO N° 6



ENRAZANDO EL AGREGADO FINO PARA LUEGO CALCULAR EL PESO SUELTO DEL AGREGADO.

FOTO N° 7



PENSANDO EL AGREGADO FINO PARA OBTENER EL PESO SUELTO..

FOTO N° 8



CALCINACIÓN DE LA ARCILLA A 850 °C.

FOTO N° 9



MUESTRA DE LA ARCILLA LUEGO DE LA CALCINACIÓN.

FOTO N° 10



AGREGADOS LISTO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO.

FOTO N° 11



SATURANDO EL TROMPO ANTES DE AÑADIR LOS AGREGADOS.

FOTO N° 12



FRAGUADO DEL CONCRETO POR 24 HORAS.

FOTO N° 13



DESENCOFRADO Y LIMPIEZA DE LAS PROBETAS

FOTO N° 14



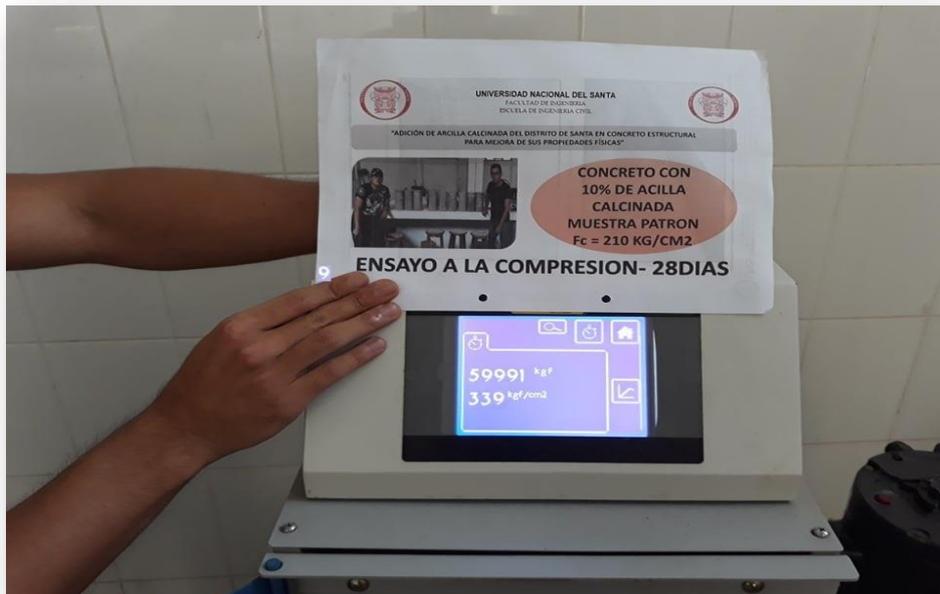
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS
DE CONCRETO DE 210 Kg/cm²**

FOTO N° 15



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS
DE CONCRETO DE 175 Kg/cm^2

FOTO N° 16



SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 339 Kg/cm^2 PARA EL
CONCRETO DE $F'c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ -10% DE ADICIÓN DE ARCILLA
CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 17



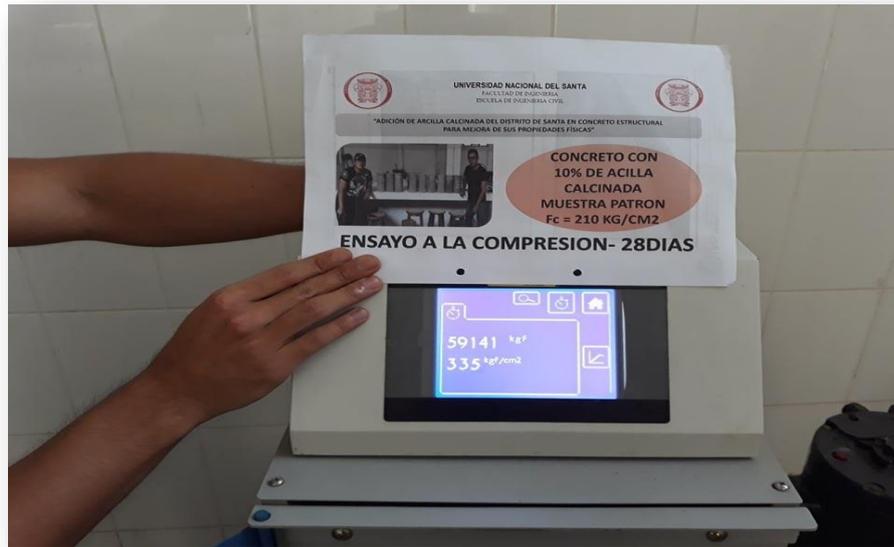
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 305 Kg/cm^2 PARA EL CONCRETO DE $F'_c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ -10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 18



SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 311 Kg/cm^2 PARA EL CONCRETO DE $F'_c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ -10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 19



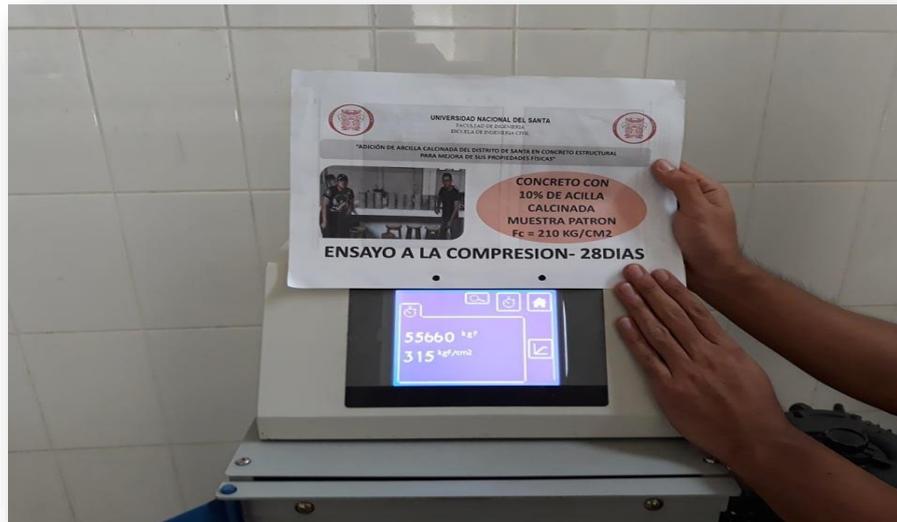
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 335 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'c: 210 Kg/cm²-10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 20



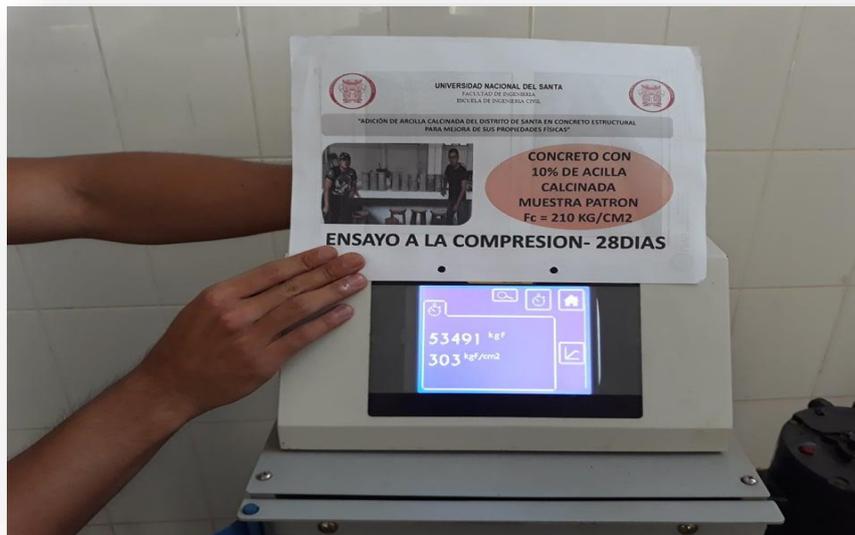
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 312 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'c: 210 Kg/cm²-10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 21



SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 315 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'_c: 210 Kg/cm²-10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 22



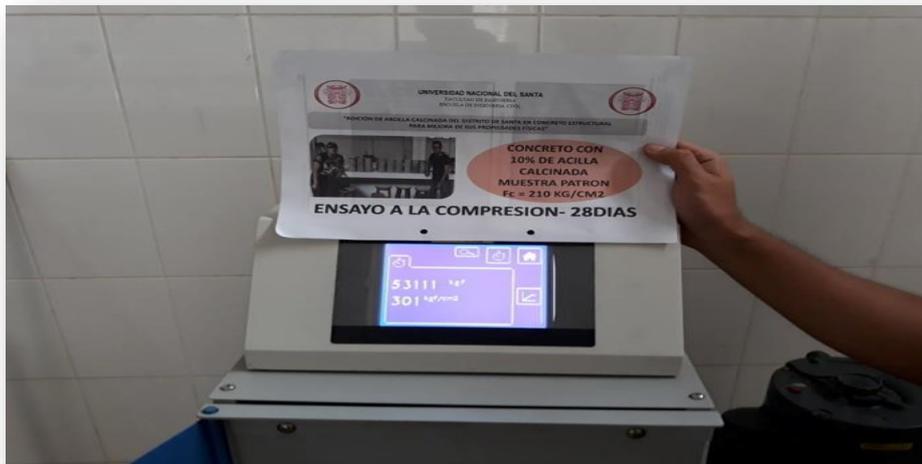
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 303 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'_c: 210 Kg/cm²-10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 23



SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 336 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'c: 210 Kg/cm²-10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 24



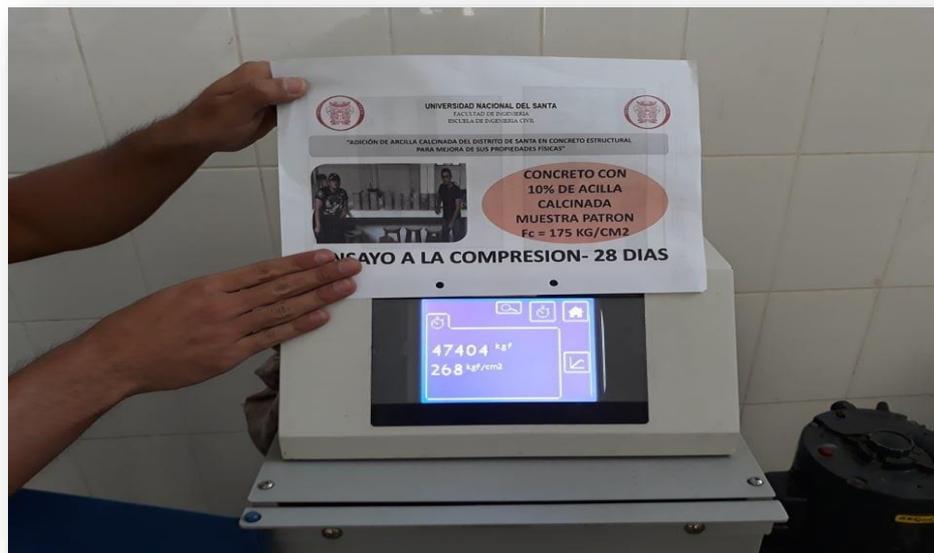
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 301 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'c: 210 Kg/cm²-10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS

FOTO N° 25



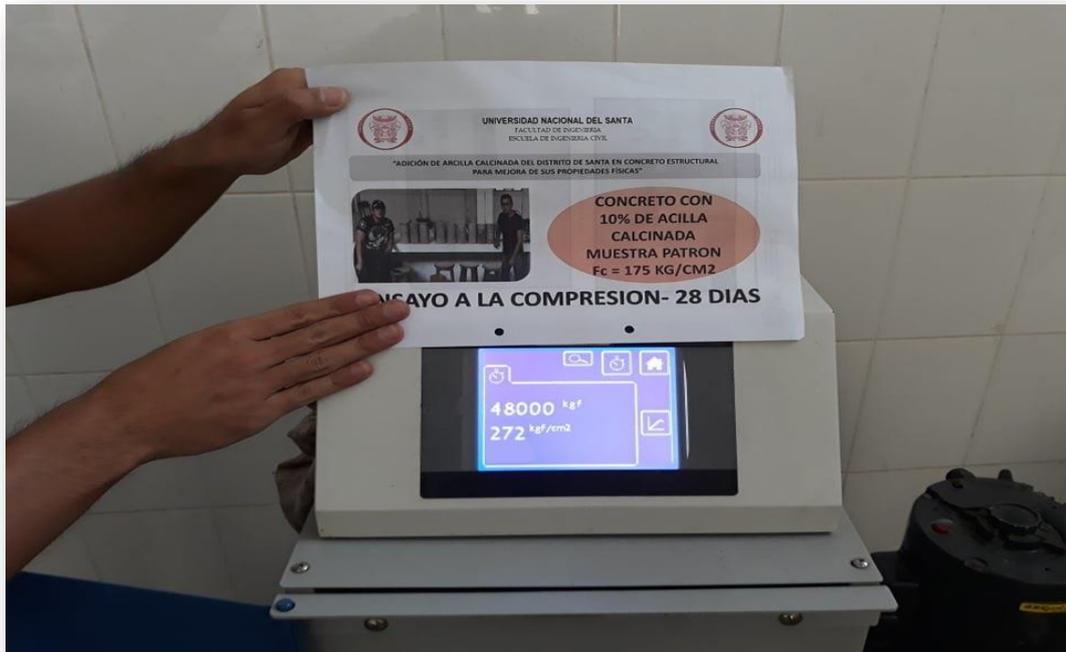
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 282 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'_c:175 Kg/cm² CON 10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS.

FOTO N° 26



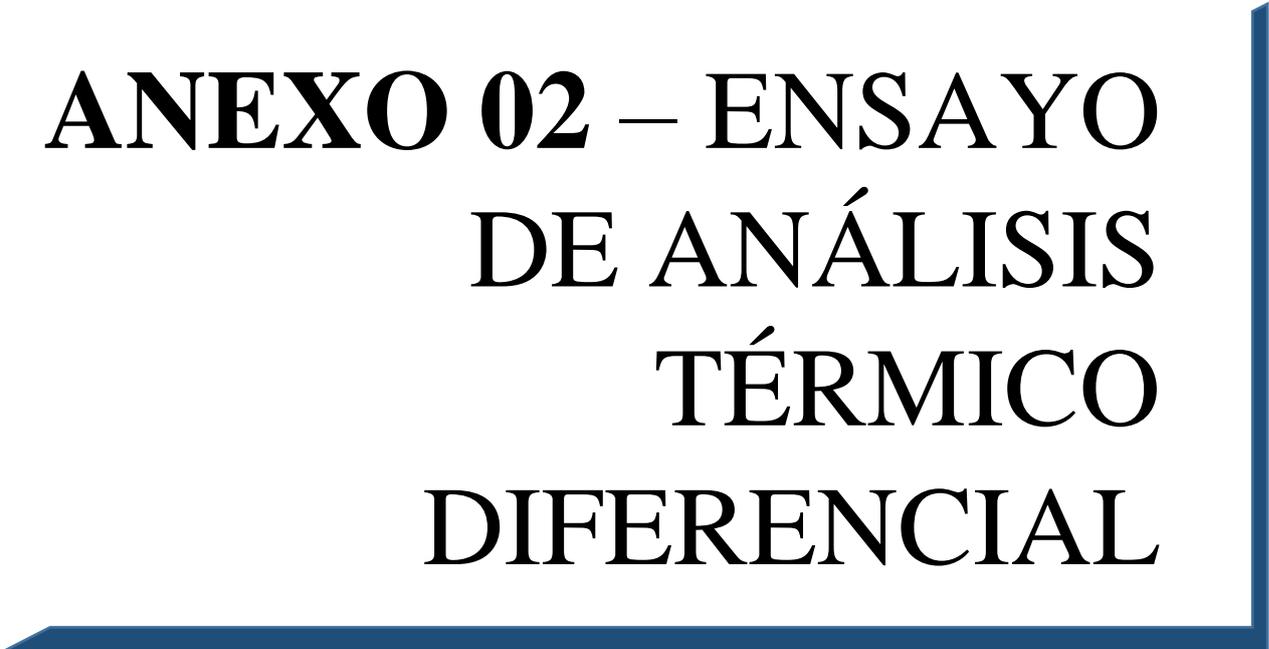
SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 268 Kg/cm² PARA EL CONCRETO DE F'_c: 175 Kg/cm² CON 10% DE ADICIÓN DE ARCILLA CALCINADA A LOS 28 DÍAS.

FOTO N° 27



SE OBTUVO UNA RESISTENCIA DE 272 Kg/cm² PARA EL
CONCRETO DE F_c: 175 Kg/cm² CON 10% DE ADICIÓN DE ARCILLA
CALCINADA A LOS 28 DÍAS.

**ANEXO 02 – ENSAYO
DE ANÁLISIS
TÉRMICO
DIFERENCIAL**





LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	Bach. Cueva Bustos, Brian Pedro Bach. Villavicencio Alvarez, Luis Felipe
TESIS	"Adicion de arcilla calcinada del distrito de Santa en concreto estructural para mejora de sus propiedades físicas"
MUESTRA	ARCILLA
FECHA	02 de Mayo del 2019
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: Arcilla (1. GR)

N° DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA
1	35 MG

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

DIRECTOR DEL LABORATORIO ING. MSC. CARLOS VALQUI
MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE ING. MSC. CARLOS VALQUI
MENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974



4. RESULTADOS

LASACI

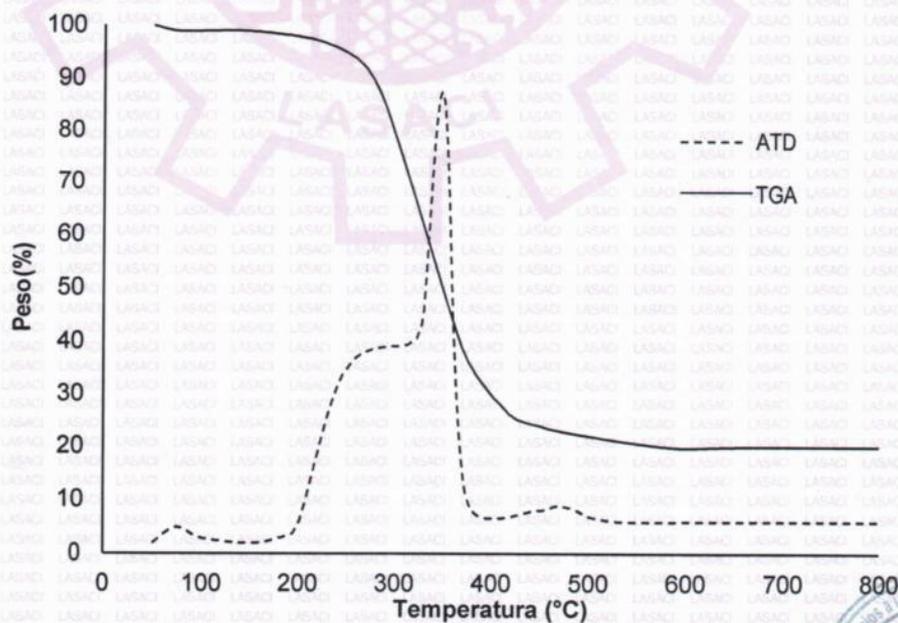
a. EMISION DE GASES

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO
CARBONO	%	61.32
HIDROGENO	%	5.60
OXIGENO	%	24.82
NITROGENO	%	0.17
AZUFRE	%	< 0.03

b. EMISION DEL QUEMADO

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	2.10
CENIZAS	%	0.4
MATERIA VOLATIL	%	88.63
CARBON FIJO	%	0.36

c. CURVA TGA Y ATD





LASACI

5. CONCLUSION

- Para la presente investigación del arcilla, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.4%.
- El análisis termogravimetrico de arcilla indica que la perdida fundamental de masa, 70.3 %, ocurrió entre 200 y 420 °C; con un pico de temperatura máxima de 350°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 420 y 580 °C ocurre la descomposición de un 6.2 % de la biomasa.


 Ing. Msc. Carlos A. Valqui Mendoza
 DIRECTOR LASACI

Trujillo, 10 de mayo del 2019

**ANEXO 03 - ENSAYO
DE FLUORESCENCIA
DE RAYOS X**





LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Table with 2 columns: Field Name and Value. Fields include SOLICITANTE, TESIS, MUESTRA, FECHA, INSTITUCION, and MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO.

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA CUANTIFICACION:

Elemento: Galio (Ga)

Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de cenizas de arcilla, la cual fue tamizada previamente a malla 325 mesh.

3. METODO

- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
VOLUMETRIA : USAQ-ME06

DIRECTOR DEL LABORATORIO ING. MSC. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE ING. MSC. CARLOS VALQUI MENDO





4. RESULTADOS

LASACI

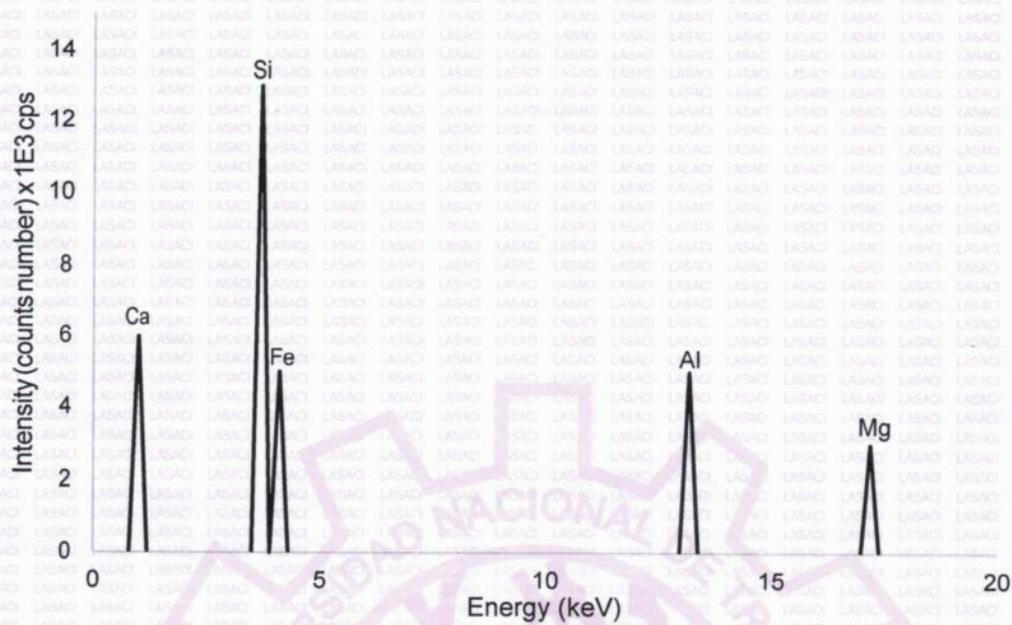


Figura 1. Espectro de la muestra codificada analizada.

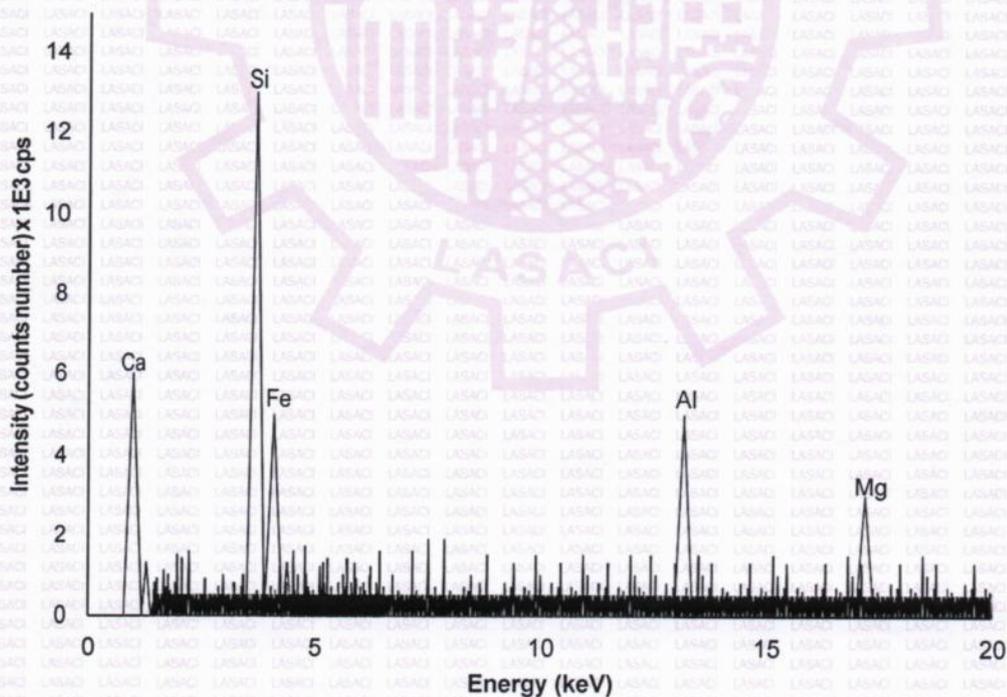


Figura 2. Espectro de la muestra analizada con los correspondientes elementos detectados.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

Tabla 1. Espectro de la muestra analizada con los correspondientes elementos detectados.

MUESTRA	Mg/kg (ppm)				
	MAGNESIO (MG)	ALUMINIO (AL)	HIERRO (FE)	SÍLICE (SI)	CALCIO (CA)
Concentración relativa	0.17%	2.6%	1.54%	80.5%	3.84%

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada (véase la figura 1) con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio (Na), se encontraron principalmente sílice (Si) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Trujillo, 10 de mayo del 2019


 Ing. Msc. Carlos A. Valqui Mendoza
 DIRECTOR LASACI

ANEXO 04 - ENSAYO DE LOS AGREGADOS



ENSAYO DE LOS AGREGADOS

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

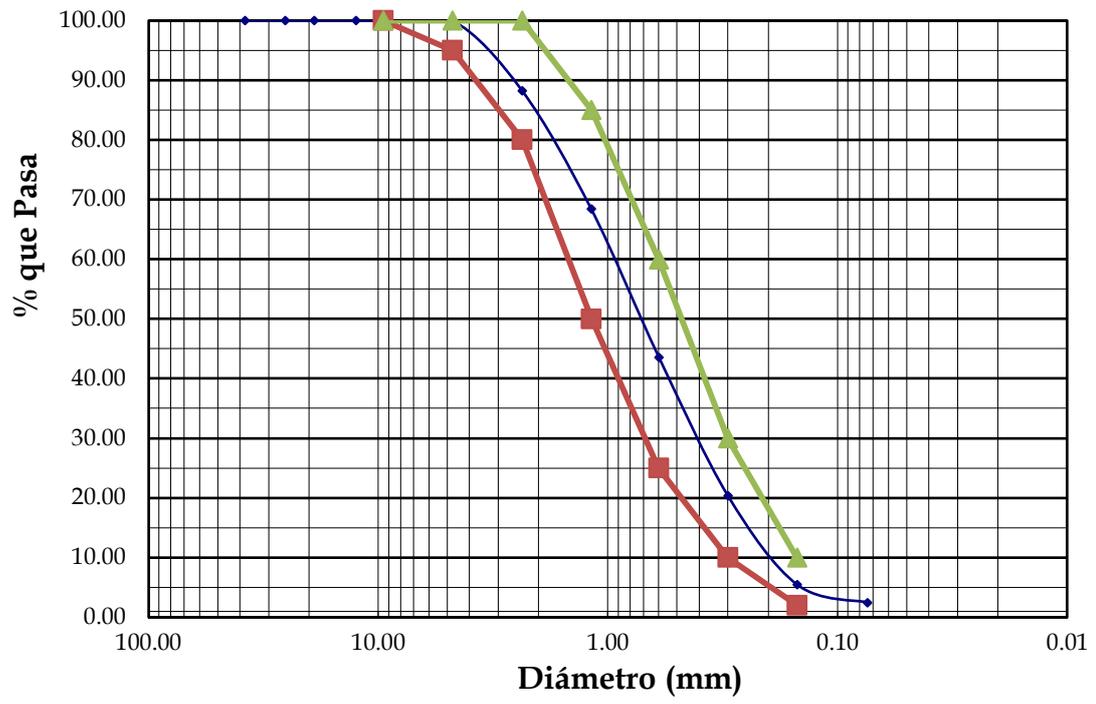
LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ATM C136 / NTP 400.037)

Peso inicial seco (gr)		2016.00			
Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.500	0.000	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 04	4.750	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 08	2.360	237.000	11.756	11.756	88.244
N° 16	1.180	400.000	19.841	31.597	68.403
N° 30	0.600	500.000	24.802	56.399	43.601
N° 50	0.300	469.000	23.264	79.663	20.337
N° 100	0.150	300.000	14.881	94.544	5.456
N° 200	0.074	60.000	2.976	97.520	2.480
Cazoleta		50.000	2.480	100.000	0.000
TOTAL		2016.000	100.000		

CURVA GRANULOMÉTRICA



LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

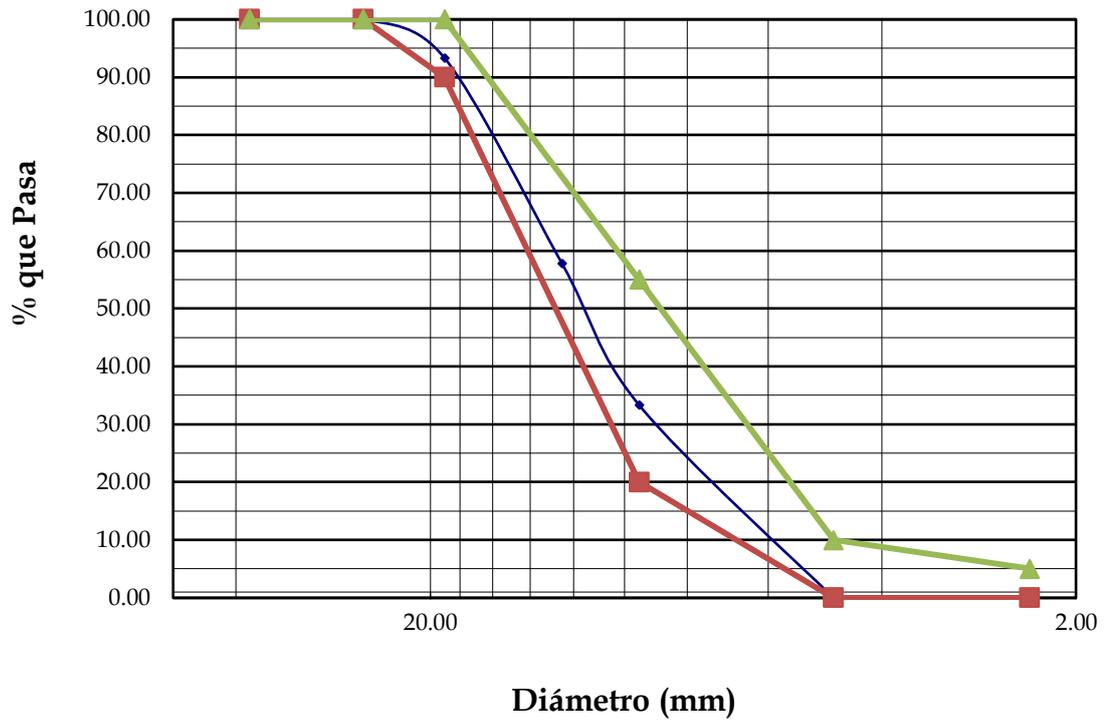
LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Peso inicial seco (gr)		450.00				
Mallas	Abertura	Peso	Retenido	Retenido	% que	Tamaño
	(mm)	Retenido	Parcial (%)	Acumulado	Pasa	Máximo
		(gr)		(%)		Nominal
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.000	30.000	6.667	6.667	93.333	3/4"
1/2"	12.500	160.000	35.556	42.222	57.778	
3/8"	9.500	110.000	24.444	66.667	33.333	
N° 04	4.750	150.000	33.333	100.000	0.000	
Cazoleta		0.000	0.000	100.000	0.000	
TOTAL		450.000	100.000			

CURVA GRANULOMÉTRICA



LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
01	Peso de la tara (gr)	27.260	27.211	26.908
02	Peso tara + suelo húmedo (gr)	104.961	109.670	88.850
03	Peso tara + suelo seco (gr)	104.56	109.28	88.54
04	Peso del agua (gr)	0.40	0.39	0.31
05	Peso del suelo seco (gr)	77.30	82.07	61.63
06	Contenido de humedad (%)	0.52	0.47	0.50
<u>Contenido de humedad (%) :</u>			<u>0.50</u>	

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)

DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3
01 Peso de la tara (gr)	27.552	29.120	27.055
02 Peso tara + suelo húmedo (gr)	58.270	68.576	62.693
03 Peso tara + suelo seco (gr)	58.213	68.411	62.579
04 Peso del agua (gr)	0.06	0.16	0.11
05 Peso del suelo seco (gr)	30.66	39.29	35.52
06 Contenido de humedad (%)	0.19	0.42	0.32
<u>Contenido de humedad (%) :</u>	<u>0.31</u>		

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

PESO ESPECIFICO - ABSORCIÓN (ASTM C127 / NTP 400.021)			
01	S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	152.15	PROMEDIO
02	A = Peso de la muestra seca (gr)	150.00	
03	B = Peso del picnómetro + agua (gr)	666.00	
04	C = Peso del picnómetro + muestra saturada superficialmente seca + agua (gr)	761.50	
05	Peso Específico Nominal	2.75	2.75
06	Absorción (%)	1.43	1.43

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



PESO ESPECIFICO - ABSORCIÓN (ASTM C127 / NTP 400.021)

01	A = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	3249.00	PROMEDI
02	B = Peso de la muestra seca (gr)	3242.00	0
03	C = Peso de la muestra sumergida (gr)	2040.00	
04	Peso Específico Nominal	2.70	2.70
05	Absorción (%)	0.22	0.22

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

01	Peso del molde (gr)	3565.00	3565.00	3565.00	PROMEDIO
02	Volumen del molde (cm ³)	8749.44	8749.44	8749.44	
03	Peso del molde + muestra compactada (gr)	16460.00	16360.00	16560.00	
04	Peso de la muestra compactada (gr)	12895.00	12795.00	12995.00	
05	Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1473.81	1462.38	1485.24	1473.81

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

01	Peso del molde (gr)	3565.00	3565.00	3565.00	PROMEDIO
02	Volumen del molde (cm ³)	8749.44	8749.44	8749.44	
03	Peso del molde + muestra compactada (gr)	17602.00	17846.00	17948.00	
04	Peso de la muestra compactada (gr)	14037.00	14281.00	14383.00	
05	Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1604.33	1632.22	1643.88	1624.10

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH - PERÚ
FECHA : ENERO 2019
TESISTAS : BACH. CUEVA BUSTOS, BRIAN PEDRO
BACH. VILLAVICENCIO ÁLVAREZ, LUIS FELIPE
ASESOR : ING. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
MUESTRA : AGREGADO FINO DE LA CANTERA "LA SORPRESA"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

1	Peso del molde (gr)	1624.00	1624.00	1624.00	PROMEDIO
2	Volumen del molde (cm ³)	2744.00	2744.00	2744.00	
3	Peso del molde + muestra suelta (gr)	5995.00	6049.00	5889.00	
4	Peso de la muestra suelta (gr)	4371.00	4425.00	4265.00	
5	Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1592.93	1612.61	1554.30	1586.61

ANEXO 05 - DISEÑO DE MEZCLA



DISEÑO DE MEZCLA- FC : 210 Kg/cm²

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Fecha de Diseño : 18/01/2019

Realizado por : CUEVA-VILLAVICENCIO

Revisado por : Laboratorio de Tecnología de concreto - UNS

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Cantera de donde se extraen los materiales :

LA SORPRESA

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión especificada del Concreto ($f'c$) =	210	Kg / cm ²
Desviación estándar de antiguos ensayos realizados en esta Cantera (σ) =	84	Kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ($f'cr$) =	294	Kg / cm ²

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

AGREGADO FINO

Peso específico de masa :	2,75
Absorción (%) :	1,43
Contenido de Humedad (%) :	0,50
Módulo de finura :	2,71

AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo nominal (Pulg.):	3/4
Peso seco compactado (Kg / m ³) :	1624,10
Peso específico de masa :	2,70
Absorción (%) :	0,22
Contenido de Humedad (%) :	0,31

CEMENTO

Tipo de Cemento Portland a usar :	ASTM Tipo 1 "sol"
Peso Específico :	3,11

AGUA

DISEÑO DE MEZCLA

Selección del Asentamiento :	Tipo de consistencia :	Plástica
------------------------------	------------------------	----------

		Asentamiento :	3 " a 4 "
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto sin aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		205,00	lt / m ³
Contenido de aire total :		2,00	%
Relación Agua / Cemento :		0,56	
Factor cemento :	Factor Cemento =	366,07	Kg / m ³
	Factor Cemento =	8,61	Bolsas / m ³
	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :	0,629	m ³
Contenido de Agregado Grueso	Peso del Agregado Grueso :	1021,561	Kg / m ³
	Cemento :	0,118	m ³
	Agua :	0,205	m ³
	Aire :	0,020	m ³
	Agregado Grueso:	0,379	m ³
	Suma de Volúmenes:	0,721	m ³
	Volumen Absoluto de Agregado Fino :	0,279	m ³
Contenido de Agregado Fino	Peso del Agregado Fino seco :	767	Kg / m ³
	Cemento :	366,07	Kg / m ³
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño po m3.	Agua de diseño :	205,00	lt / m ³
	Agregado Fino seco:	767,00	Kg / m ³
	Agregado Grueso seco:	1022,00	Kg / m ³
	Cemento :	42,50	Kg / saco
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Agua de diseño :	23,80	lt / saco
	Agregado Fino seco :	89,05	Kg / saco
	Agregado Grueso seco:	118,65	Kg / saco
	Cemento :	1	
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Agregado fino seco :	2,10	
	Agregado grueso seco:	2,79	
	Agua de Diseño :	23,8	lt / saco

CORRECCIÓN POR HUMEDAD USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Fecha de Diseño : 18/01/2019

Realizado por : CUEVA-VILLAVICENCIO

Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNS

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO

Cantera de donde se extraen los materiales :

LA SORPRESA

Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0,50	%
	Agregado Grueso :	0,31	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Fino :	771,00	Kg / m ³
	Agregado Grueso :	1025,00	Kg / m ³
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino :	-0,94	%
	Agregado Grueso :	0,09	%
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	-7,00	lt / m ³
	Agregado Grueso :	1,00	lt / m ³
Agua Efectiva :	Aporte Total :	-6,00	lt / m ³
	Agua Efectiva :	211,00	lt / m ³
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0,56	
Peso de los materiales corregidos por humedad A ser empleados en las mezclas de prueba por m3.	Cemento :	366,07	Kg / m ³
	Agua Efectiva :	211,00	lt / m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva :	Agregado Fino Húmedo :	771,00	Kg / m ³
	Agregado Grueso Húmedo :	1025,00	Kg / m ³
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		0,58	
	Cemento :	42,5	Kg / saco
	Agua Efectiva :	24,5	lt / saco
	Agregado fino húmedo :	89,5	Kg / saco
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Agregado grueso húmedo :	119,0	Kg / saco
	Cemento :	1	
	Agregado fino húmedo :	2,11	
	Agregado grueso húmedo :	2,80	
	Agua Efectiva :	24,5	lt / saco

DISEÑO DE MEZCLA- FC : 175 Kg/cm²

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO



DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Fecha de Diseño : 18/01/2019
Realizado por : CUEVA-VILLAVICENCIO
Chequeado por : Laboratorio de Tecnología de concreto - UNS

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Cantera de donde se extraen los materiales : LA
SORPRESA

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión especificada del Concreto ($f'c$) =	175	Kg / cm ²
Desviación estándar de antiguos ensayos realizados en esta Cantera (s) =	70	Kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ($f'cr$) =	245	Kg / cm ²

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

AGREGADO FINO

Peso específico de masa :	2.75
Absorción (%) :	1.43
Contenido de Humedad (%) :	0.50
Módulo de finura :	2.71

AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo nominal (Pulg.) :	3/4
Peso seco compactado (Kg / m ³) :	1624.10
Peso específico de masa :	2.70
Absorción (%) :	0.22
Contenido de Humedad (%) :	0.31

CEMENTO		AGUA
Tipo de Cemento	ASTM Tipo	
Portland a usar :	1 "sol"	
Peso Específico :	3.11	

DISEÑO DE MEZCLA

Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia :	Plástica
		Asentamiento :	3 " a 4 "
Tipo de Concreto a diseñar :			Concreto sin aire incorporado
Volumen unitario de Agua :		205.00	lt / m ³
Contenido de aire total :		2.00	%
Relación Agua / Cemento :		0.63	
Factor cemento :	Factor Cemento =	325.40	Kg / m ³
	Factor Cemento =	7.66	Bolsas / m ³
Contenido de Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :		0.629	m ³
Agregado Grueso : Peso del Agregado Grueso :		1021.561	Kg / m ³
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales	Cemento :	0.105	m ³
	Agua :	0.205	m ³
	Aire :	0.020	m ³
	Agregado Grueso :	0.379	m ³
	Suma de Volúmenes :	0.708	m ³
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino :	0.292	m ³
	Peso del Agregado Fino seco :	803	Kg / m ³
	Cemento :	325.40	Kg / m ³
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño por m3.	Agua de diseño :	205.00	lt / m ³
	Agregado Fino seco :	803.00	Kg / m ³

	Agregado Grueso	1022.00	Kg / m ³
	seco :		
	Cemento	42.50	Kg / saco
	:		
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Agua de diseño	26.78	lt / saco
	:		
	Agregado Fino seco	104.88	Kg / saco
	:		
	Agregado Grueso seco :	133.48	Kg / saco
	Cemento	1	
	:		
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Agregado fino seco	2.47	
	:		
	Agregado grueso seco :	3.14	
	Agua de Diseño	26.8	lt / saco
	:		

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO

Cantera de donde se extraen los materiales :	LA SORPRESA		
Contenido de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	0.50	%
	Agregado Grueso :	0.31	%
Peso Húmedo de los Agregados :	Agregado Fino :	807.00	Kg / m ³
	Agregado Grueso :	1025.00	Kg / m ³
Humedad Superficial de los Agregados :	Agregado Fino :	-0.94	%
	Agregado Grueso :	0.09	%
Aporte de Humedad de los Agregados :	Agregado Fino :	-8.00	lt / m ³
	Agregado Grueso :	1.00	lt / m ³
	Aporte Total :	-7.00	lt / m ³
Agua Efectiva :	Agua Efectiva :	212.00	lt / m ³
Relación Agua / Cemento de Diseño :		0.63	
	Cemento :	325.40	Kg / m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m³.	Agua Efectiva :	212.00	lt / m ³
	Agregado Fino Húmedo :	807.00	Kg / m ³
	Agregado Grueso Húmedo :	1025.00	Kg / m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva :		0.65	
	Cemento :	42.5	Kg / saco
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Agua Efectiva :	27.7	lt / saco
	Agregado fino húmedo :	105.4	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo :	133.9	Kg / saco
	Cemento :	1	
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Agregado fino húmedo :	2.48	
	Agregado grueso húmedo :	3.15	
	Agua Efectiva :	27.7	lt / saco
