

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE MEZCLADO EN LA  
RESISTENCIA DEL CONCRETO Y VELOCIDAD DE FRAGUADO EN  
CONCRETO NORMAL  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”**

**TESIS**

**DARÍO LEONEL COLQUEHUANCA HAÑARI**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PROMOCIÓN 2013

PUNO – PERU

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE MEZCLADO EN LA  
RESISTENCIA DEL CONCRETO Y VELOCIDAD DE FRAGUADO EN  
CONCRETO NORMAL  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”**

TESIS PRESENTADO POR:

**BACH. DARIO LEONEL COLQUEHUANCA HAÑARI**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

ING. DOUGLAS ARTURO QUINTANILLA ANYAIPOMA

PRIMER MIEMBRO

ING. RAÚL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

SEGUNDO MIEMBRO

ING. JOSÉ LUIS CUTIPA ARAPA

DIRECTOR

ING. EMILIO AUGUSTO MOLINA CHAVEZ

ASESOR

ING. CARLOS ALBERTO GONZALES GUTIERREZ

Área: Construcciones

Tema: construcciones especiales

Línea de Investigación: la tecnología de los materiales en la construcción



### **DEDICATORIA**

*Quiero dedicarle esta Tesis a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para seguir en este camino.*

*A mis padres como testimonio de mi gratitud por su amor, apoyo y estímulo en cada uno de los pasos que he dado hacia esta meta y por compartir mis horas grises y mis momentos felices por estar ahí cuando más los necesité; en especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación a mis hermanos por sus interminables consejos*

*A aquellos que me enseñaron a creer en la amistad y el compañerismo mis amigos y compañeros.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*Mi eterno agradecimiento a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad.*

*Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, a mis hermanos por ser parte importante en mi vida.*

*Agradezco a la O.A.C. y a los profesionales que laboran ahí que me apoyaron cuando lo requería.*

*Agradezco a la Empresa MASTER CON GS por haberme acogido en sus instalaciones para poder realizar y hacer posible este trabajo de investigación.*

*A mi alma Mater Universidad Nacional Del Altiplano Puno, a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, a la E.P.I.C., Mi infinito agradecimiento a mis docentes de la E.P.I.C., Por sus sabios consejos y enseñanzas que me guiaron durante la vida universitaria.*

*Por último agradezco a mis compañeros de la E.P.I.C. por haber compartido aulas y momentos gratos.*

*A todos gracias,*

*Atte.*

*Darío Leonel Colquehuanca Hañari*

## INDICE

<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>18</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>18</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.2 ANTECEDENTES .....	19
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	27
1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	29
1.4.1 OBJETIVOS GENERALES. ....	29
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	29
1.5 HIPÓTESIS .....	29
1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL .....	29
1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	29
1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES: .....	29
1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	29
1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES .....	30
1.7 METODOLOGÍA .....	30
1.7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	30
1.7.2 TIPO DE DISEÑO.....	30
1.7.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	30
1.7.4 INSTRUMENTOS.....	30
1.7.5 PROCEDIMIENTO .....	30
1.8 ÁMBITO DE ESTUDIO .....	30
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>31</b>
<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>31</b>
2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	31
2.1.1. GENERALIDADES .....	31
2.1.2. CONCRETO.....	31
2.1.3. CONCRETO NORMAL .....	31
2.1.4. MATERIALES COMPONENTES.....	32
2.1.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO .....	56
2.2. ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO .....	58
2.2.1. ASENTAMIENTO .....	58
2.2.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO .....	58
2.2.3. CONTENIDO DE AIRE.....	59
2.2.4. RENDIMIENTO DEL CONCRETO.....	59
2.2.5. TEMPERATURA DEL CONCRETO.....	60
2.3. ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO .....	60
2.3.1. ELABORACION Y CURADO DE PROBETAS .....	60
2.3.2. TIEMPO DE FRAGUA .....	61
2.3.3. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	62

2.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	70
2.3.5. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	72
2.3.6. MEDICION DE LA FIABILIDAD .....	72
2.3.7. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN PEARSON.....	73
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>76</b>
<b>3. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO .....</b>	<b>76</b>
3.1. GENERALIDADES: .....	76
3.2. ENSAYO DE MATERIALES.....	76
3.2.1. MUESTREO DE LOS AGREGADOS.....	76
3.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	78
3.2.3. MATERIAL MÁS FINO QUE LA MALLA # 200.....	83
3.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	87
3.2.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	91
3.2.6. PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE VACIOS .....	94
3.2.7. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	97
3.3. DISEÑO DE MEZCLAS.....	100
3.4. ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO .....	108
3.4.1. ELAVORACION DE CONCRETO FRESCO Y MUESTREO .....	108
3.4.2. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO.....	110
3.4.3. MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE MUESTRAS DE CONCRETO .....	117
3.4.4. ENSAYOS DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO .....	120
3.4.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN .....	126
3.4.6. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO.....	131
3.5. ENAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO.....	133
3.5.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO .....	133
3.5.2. ENSaYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUA .....	139
3.5.3. CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS EN LABORATORIO .....	153
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>155</b>
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>155</b>
4.1. GENERALIDADES .....	155
4.2. TEMPERATURA:.....	155
4.3. ASENTAMIENTO: .....	156
4.4. CONTENIDO DE AIRE: .....	158
4.5. PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO:.....	161
4.6. TIEMPO DE FRAGUA: .....	162
4.7. RESISTENCIA A LA COMPRESION:.....	163
4.8. ANÁLISIS ESTADISTICO: .....	167
4.9. CONTRASTACION DE HIPÓTESIS .....	174
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>177</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>177</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	177

5.2. RECOMENDACIONES .....	178
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>180</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>181</b>

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Peso específico de agregados de uso común.....	32
Tabla 2: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto..	32
Tabla 3: Principales Componentes del Cemento Pórland .....	33
Tabla 4: Números de mallas y porcentajes pasantes. ....	37
Tabla 5: Husos granulométricos del Agregado Grueso Norma ASTM C 136 .....	40
Tabla 6: Cantidad mínima para el ensayo según el tamaño máximo nominal .....	43
Tabla 7: Muestra de ensayo del agregado.....	44
Tabla 8 : Cantidad mínima de muestra para el ensayo de malla # 200 .....	47
Tabla 9: Partes por millón aceptables en el agua de mezcla.....	47
Tabla 10: Contenido de Aire Atrapado .....	49
Tabla 11: Contenido de Aire Incorporado y Total .....	49
Tabla 12: Clases de mezclas según su asentamiento.....	57
Tabla 13: Requisitos de la barra compactadora .....	61
Tabla 14: Método de consolidación requisitos de aplicación .....	61
Tabla 15: Moldeo de especímenes por apisonado.....	61
Tabla 16: Tolerancias prescritas para los ensayos .....	63
Tabla 17: Grado de Control y su respectivo coeficiente de variación.....	72
Tabla 18 Tabla de aceptabilidad para el Alfa de Cronbach.....	73
Tabla 19: Escala de interpretación para el coeficiente de Karl Pearson.....	74
Tabla 20: Medida de muestras .....	77
Tabla 21: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso .....	79
Tabla 22: Análisis granulométrico del agregado fino. ....	80
Tabla 23: Análisis granulométrico del agregado grueso. ....	81
Tabla 24: Porcentaje retenido acumulado de ambos agregados para módulo de fineza. .....	82
Tabla 25: Cantidad mínima de muestra para ensayo de malla N°200 .....	84
Tabla 26: Límites para sustancias perjudiciales en agregado fino para concreto .....	85
Tabla 27: Parámetros para sustancias perjudiciales .....	85
Tabla 28: Peso específico y absorción de agregado grueso.....	88
Tabla 29: Peso específico y absorción de agregado fino.....	93
Tabla 30: Capacidad de la medida .....	95
Tabla 31: Peso unitario del agregado fino .....	96
Tabla 32: Peso unitario del agregado grueso .....	96
Tabla 33: Muestra de ensayo del agregado.....	98
Tabla 34: Contenido de humedad para los tres diseños .....	99
Tabla 35: Resumen de datos para el diseño.....	101
Tabla 36: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra .....	102

Tabla 37: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra .....	102
Tabla 38: Clases de concreto según su asentamiento .....	103
Tabla 39: Volumen unitario de agua .....	103
Tabla 40: Estimación de la relación agua cemento .....	104
Tabla 41: Combinación de agregados .....	105
Tabla 42: Resumen del P.U.C. Máximo .....	106
Tabla 43: Probetas elaboradas en la investigación para las edades de la tabla .....	110
Tabla 44: Resumen de asentamientos para el diseño I .....	114
Tabla 45: Resumen de asentamientos del diseño II .....	115
Tabla 46: Resumen de asentamientos del diseño III .....	116
Tabla 47: Requisitos de la barra compactadora .....	118
Tabla 48: Requisitos para moldeo de especímenes .....	118
Tabla 49: Capacidad de los recipientes de medición .....	122
Tabla 50: Rendimiento diseño I .....	124
Tabla 51: Rendimiento diseño II .....	124
Tabla 52: Rendimiento diseño III .....	125
Tabla 53: Cuadro de registro de temperaturas .....	132
Tabla 54: Tolerancias permisibles para la edad de ensayo .....	134
Tabla 55: resistencia a la compresión Diseño I .....	136
Tabla 56: Resistencia a la compresión Diseño II .....	137
Tabla 57: Resistencia a la compresión diseño III .....	138
Tabla 58: Temperatura ambiente, del concreto y humedad relativa .....	155
Tabla 59: Tabla de asentamientos .....	156
Tabla 60: Variación del contenido de aire en relación al asentamiento .....	158
Tabla 61: Resumen de pesos unitarios de los 3 diseños .....	161
Tabla 62: Resumen del tiempo de fragua inicial y final del concreto .....	162
Tabla 63: Resumen de la resistencia alcanzada en porcentajes del Diseño I .....	163
Tabla 64: Resumen de la resistencia alcanzada en porcentajes del Diseño II .....	165
Tabla 65: Resumen de la resistencia alcanzada en porcentajes del Diseño III .....	166
Tabla 66: Resumen del tiempo de curado y resistencia en % diseño I .....	167
Tabla 67: Resumen del tiempo de curado y resistencia en % diseño II .....	170
Tabla 68: Resumen del tiempo de curado y resistencia en % diseño III .....	172
Tabla 69: Resumen de los coeficientes de Correlación de Pearson .....	173

### LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Construcción de la reserva del rio Medellín - Colombia Area=3200m <sup>2</sup> Concreto=15000m <sup>3</sup> Resistencia=280kg/cm <sup>2</sup> .....	15
Ilustración 2 : Construcción de la sede institucional del banco de la nación San Borja Lima Area=66539m <sup>2</sup> Concreto= 5600m <sup>3</sup> Resistencia=420kg/cm .....	15
Ilustración 3 : Construcción del edificio conocido como EDIFICIO DE 15 PISOS Universidad Nacional del Altiplano – PUNO Area=1110m <sup>2</sup> Concreto= 4560m <sup>3</sup> Resistencia=280kg/cm <sup>2</sup> .....	16
Ilustración 4 Camion Mixer cargado con concreto esperando habilitación en obra .....	16
Ilustración 5 Camion Mixer cargado con concreto fangado en carretera trocha	

carrozable.....	17
Ilustración 6.- nube de puntos dependencia estocástica. ....	75
Ilustración 7:: Cabanillas, Cantera de producción de agregados(piedra chancada huso 67).....	78
Ilustración 8 Cuarteo de agregado para uniformizar proporciones.....	78
Ilustración 9: Serie de tamices ordenados .....	80
Ilustración 10 Análisis granulométrico por tamizado. ....	80
Ilustración 11: Recipientes en el que se lavan los agregados. ....	87
Ilustración 12: Procedimiento de decantación del material.....	87
Ilustración 13: Procedimiento para obtener el peso saturado superficialmente seco. ....	93
Ilustración 14: Equipos para el ensayo de peso específico.....	93
Ilustración 15: obtención del peso unitario de los agregados. ....	97
Ilustración 16: peso unitario del agregado fino.....	97
Ilustración 17: cocina y bandejas para el ensayo de contenido de humedad.....	100
Ilustración 18: contenido de humedad de agregados. ....	100
Ilustración 19: Pesar los materiales para realizar el diseño. ....	109
Ilustración 20: Verter los materiales a la mezcladora .....	109
Ilustración 21: Controlar el tiempo de mezclado y las revoluciones por minuto. ....	110
Ilustración 22: Realizar la toma de muestra para realizar los ensayos de control .....	110
Ilustración 23: Equipos para realizar el ensayo de asentamiento (cono de abrams).....	112
Ilustración 24: Procedimiento para determinar el asentamiento. ....	112
Ilustración 25: se humedecen los equipos para realizar el ensayo. ....	113
Ilustración 26 14: en 3 capas de igual volumen se compacta con 25 golpes inclinando la varilla en la primera capa.....	113
Ilustración 27 : Variación del asentamiento: 13:20pm Slump = 8 ¼”, 14:00pm Slump = 7 1/2”, 15:00pm Slump = 6” y 16:00pm Slump = 4”.....	113
Ilustración 28: Curva de pérdida de asentamiento en el diseño I.....	114
Ilustración 29: Variación del asentamiento: 09:40am Slump = 8 ¼”, 10:20am Slump = 6 1/2”, 11:20am Slump = 4 1/4” y 12:20pm Slump = 1 1/4”. ....	114
Ilustración 30: Curva de pérdida de asentamiento en el diseño II .....	115
<b>Ilustración 31:</b> Variación del asentamiento: 11:50am Slump = 8 ¼”, 12:10pm Slump = 7 1/4”, 12:30pm Slump = 6”, 13:30pm Slump = 2 1/4” y 14:30pm Slump = 1/4”. ....	116
Ilustración 32: Curva de pérdida de asentamiento del diseño III.....	117
Ilustración 33: Superposición de Curvas de Asentamiento .....	117
Ilustración 34: Compactado en 3 capas de igual volumen. ....	120
Ilustración 35: la última capa se realiza un sobre llenado para el enrazado. ....	120
Ilustración 36: llenado en 3 capas de igual volumen.....	122
Ilustración 37: enrasado de la última capa.....	122
Ilustración 38: se determina el peso del recipiente más el concreto para luego restar el peso del recipiente. ....	123
Ilustración 39: el registro del peso se realiza con el recipiente exteriormente limpio. .	123
Ilustración 40: Rendimientos diseño III: .....	123
Ilustración 41: se compacta en 3 capas de igual volumen con 25 golpes.....	129
Ilustración 42: se golpea los costados de 10 a 15 veces por capa. ....	129
Ilustración 43: se realiza la limpieza del borde superior para garantizar el hermetismo. ....	129
Ilustración 44: se procede a cerrar y presionar los seguros por lados opuestos.....	129
Ilustración 45: llenar con agua por las válvulas de paso y cerrarlas, se bombea aire hasta que el indicador este en el punto de inicio.....	129
Ilustración 46: se presiona la válvula principal de aire. ....	129

Ilustración 47: Contenido de aire: 13:30pm 0.6%, 14:00pm 0.8%, 15:00pm 1.1% y 16:00pm 1.4% .....	130
Ilustración 48: Contenido de aire: 09:40am 0.7%, 10:20am 1.0%, 11:20am 1.5%, y 12:20pm 1.8% .....	130
Ilustración 49: Contenido de aire: 12:10pm 1.2%, 12:30pm 1.5%, 13:30pm 1.9% y 14:30pm 2.3% .....	131
Ilustración 50: Termómetro rodeado con 3" de concreto como min.....	132
Ilustración 51: durante 2min. O hasta que se establezca la lectura. ....	132
Ilustración 52: prensa hidráulica para el ensayo de resistencia a la compresión. ....	139
Ilustración 53: probetas ensayadas en los respectivos tiempos de curado. ....	139
Ilustración 54: tamizado húmedo del concreto para obtener el mortero. ....	152
Ilustración 55: después del tamizado se coloca en los moldes Hmin=140mm.....	152
Ilustración 56: Se inclina el molde para extraer el agua de exudación .....	152
Ilustración 57: Se coloca el termómetro para determinar la temperatura del concreto. ....	152
Ilustración 58: luego de 6hr. Se libera los moldes de sus respectivas protecciones. ....	152
Ilustración 59: Se procede con el ensayo de resistencia a la penetración .....	152
Ilustración 60: aplicación de la carga con las agujas a distancias de 1" entre puntos de aplicación.....	153
Ilustración 61: Poza de curado en agua con hidróxido de calcio .....	154
Ilustración 62: poza de curado con hidróxido de calcio (80gr para 0.5m <sup>3</sup> de agua) ....	154
Ilustración 63: control de temperatura de la poza de curado .....	154
Ilustración 64: temperatura de la poza de curado 17.1°C.....	154
Ilustración 65: Aire total atrapado en las probetas de concreto .....	160

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva de desarrollo del grado de saturación.....	91
Figura 2: Curva de máxima densidad compactada .....	106
Figura 3: Esquema de los patrones de tipos de fracturas.....	135
Figura 4: tiempo de fragua del concreto Diseño I.....	143
Figura 5: tiempo de fragua del concreto Diseño I y II .....	145
Figura 6: determinación del tiempo de fragua del concreto Diseño II.....	147
Figura 7: determinación del tiempo de fragua del concreto Diseño III.....	149
Figura 8: determinación del tiempo de fragua del concreto Diseño III.....	151
FIGURA 9: Comparativo de Pérdida de Asentamientos.....	157
FIGURA 10 Comparativo incremento del % de aire .....	159
Figura 11: Evolución de la resistencia de acuerdo al tiempo de mezclado del Diseño I .....	164
Figura 12: Evolución de la resistencia de acuerdo al tiempo de mezclado del Diseño II .....	165
Figura 13: Evolución de la resistencia de acuerdo al tiempo de mezclado del Diseño III .....	166
Figura 14. Distribución de la nube de puntos. ....	168

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad dar una perspectiva al lector, acerca de los tiempos de mezclado de un concreto normal y haciendo uso de aditivos retardadores de fragua, se determina el tiempo mínimo requerido para el mezclado del concreto y el tiempo máximo permisible, la evolución y velocidad de fragua de acuerdo a los diferentes tiempos de mezclado y proporciones del aditivo.

Para determinar la influencia del tiempo de mezclado en la resistencia del concreto, se ha considerado mezclas de prueba de las mismas características del concreto premezclado con tiempos variables de mezclado y curado bajo las mismas condiciones. Las resistencias obtenidas se comparan con la elaboración de cuadros estadísticos y gráficos de desarrollo de la resistencia vs tiempo de mezclado de acuerdo a cada edad.

Los resultados muestran que a medida que aumenta el tiempo de mezclado, aumenta la resistencia con una disminución considerable de la consistencia, y un incremento en el la cantidad de aire atrapado, llegando a un límite de tiempo el mismo que significa el tiempo máximo de mezclado, resultado que es consistente con estudios previos, y que además confirma la hipótesis propuesta.

**PALABRAS CLAVES:** aditivo, retardadores, concreto normal, tiempo de fragua, concreto premezclado, curado.

## ABSTRACT

The present research work the present research work is intended to give a perspective to the reader a perspective on the mixing times of a normal concrete and making use of retardant additives of the forge, the minimum time required for mixing the concrete and the maximum permissible time, The evolution and speed of setting according to the different mixing times and proportions of the additive.

To determine the influence of the mixing time on the strength of the concrete, test mixes of the same characteristics of the premixed concrete with varying times of mixing and curing under the same conditions have been considered. The obtained resistances are compared with the elaboration of statistical tables and graphs of resistance development vs time of mixing according to each age.

The results show that as the mixing time increases, the resistance increases with a considerable decrease in the consistency, and an increase in the amount of trapped air, reaching a time limit which means the maximum mixing time, a result that is consistent with previous studies, and confirms the proposed hypothesis.

**KEYWORDS:** additive, retarders, normal concrete, time of forge, ready-mixed concrete, curing.

## INTRODUCCION

La evolución de la industria de la construcción ha generado la necesidad de uso de concretos en grandes volúmenes, para ello los más indicados para poder abastecer dichas cantidades son los camiones mezcladores, los mismos que, se dosifican en planta y luego son transportados distancias considerables para su colocación final. El tiempo que demore en llegar desde la planta de producción hasta la obra es el tiempo total de mezclado el mismo que se considera como una variable determinante debido a que si excede del tiempo límite este disminuye su trabajabilidad obligando al constructor a adicionarle agua el cual variará la relación agua/cemento y por lo tanto bajará la resistencia de diseño y en consecuencia generan problemas en obra, para ello se realiza el estudio, para determinar el tiempo de fraguado del concreto considerando diferentes tiempos de mezclado.

Según Cement and Concrete Terminology ACI 116R-00 define al fraguado como: La condición alcanzada por una pasta cementicia, mortero u hormigón que ha perdido plasticidad hasta un nivel arbitrario, generalmente medido en términos de la resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidización; fraguado final se refiere a una rigidez significativa; también, deformación remanente luego de retirada la tensión.

El tiempo de fraguado es un periodo en el cual mediante reacciones químicas del cemento y el agua conducen a un proceso, que mediante diferentes velocidades de reacción, generan calor y dan origen a nuevos compuestos, estos en la pasta de cemento generan que este endurezca y aglutine al agregado de la mezcla de hormigón, y se ponga fuerte y denso, adquiriendo de este modo una cierta resistencia, este tiempo es de suma importancia debido a que nos permite colocar y acabar el hormigón.

Típicamente, el fraguado inicial ocurre entre dos y cuatro horas después del hormigonado, y nos define el límite de manejo, o sea el tiempo por el cual el hormigón

fresco ya no puede ser mezclado adecuadamente, colocado y compactado, el fraguado final ocurre entre cuatro y ocho horas después del hormigonado, y está definido por el desarrollo de la resistencia, que se genera con gran velocidad. El fraguado inicial y el fraguado final se determinan arbitrariamente por el ensayo de resistencia a la penetración.

El fraguado inicial indica el momento en el que la masa ha adquirido tanta rigidez que no puede ser vibrado sin dañar su estructura interna. Por lo tanto, el conocimiento del comportamiento de fraguado del hormigón es esencial, para planear los tiempos de acabado de un pavimento.

En la ejecución de la contracción de los pavimentos de hormigón el tiempo de fraguado del hormigón adquiere gran importancia. El aserrado se debe coordinar con el tiempo de fraguado del hormigón. Se debe empezar tan pronto como el hormigón haya endurecido para prevenir que los agregados se desplacen por la sierra (normalmente entre 4 y 12 hs después del endurecido el hormigón).

Los principales factores a tener en cuenta son temperatura/clima, relación agua-materiales cementicios ( $a/mc$ ), contenido de cemento/adiciones, tipo de cemento, aditivos químicos, tiempo de adición de los aditivos, mezclado.

La característica principal por el que se toca este tema es la disminución en la resistencia del concreto, debido al tiempo de espera de los camiones mezcladores en todo tipo de vaciados, sin embargo, la gravedad es mayor cuando se trata de vaciados masivos, en las siguientes imágenes se muestran algunos hitos de vaciados masivos donde fueron realizados con concreto premezclado

**Ilustración 1:** Construcción de la reserva del río Medellín - Colombia Area=3200m<sup>2</sup>  
Concreto=15000m<sup>3</sup> Resistencia=280kg/cm<sup>2</sup>



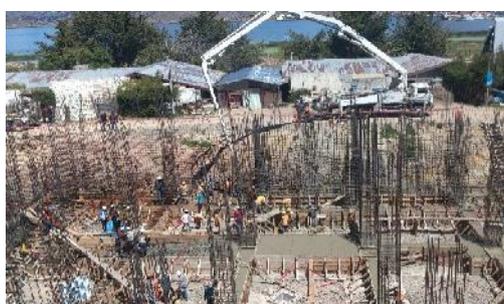
**Fuente:** <http://blog.360gradosenconcreto.com/reserva-del-rio-vaciado-masivo-a-la-medida/> [Imagen]. (2017)

**Ilustración 2 :** Construcción de la sede institucional del banco de la nación San Borja  
Lima Area=66539m<sup>2</sup> Concreto= 5600m<sup>3</sup> Resistencia=420kg/cm



**Fuente:** <http://blog.360gradosenconcreto.com/banco-de-la-nacion-de-peru-control-de-temperatura-en-estructuras-de-concreto/> [Imagen]. (2017)

**Ilustración 3 :** Construcción del edificio conocido como EDIFICIO DE 15 PISOS  
Universidad Nacional del Altiplano – PUNO Area=1110m<sup>2</sup> Concreto=  
4560m<sup>3</sup> Resistencia=280kg/cm<sup>2</sup>



**Ilustración 4** Camion Mixer cargado con concreto esperando habilitación en obra.



**Fuente:** <http://blog.360gradosenconcreto.com/vaciado-masivo-proyecto-reserva-del-parque-constructora-bienes-bienes/> [Imagen]. (2017).

**Ilustración 5** Camion Mixer cargado con concreto fangado en carretera trocha carrozable



**Fuente:** [Fotografía]. (2016)

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso del concreto premezclado, ha venido incursionando en nuestra región en estos años especialmente para las múltiples aplicaciones en la construcción de edificaciones y elementos estructurales; sin embargo el concreto premezclado, trae consigo limitaciones como por ejemplo el tiempo de mezclado mínimo tiempo de mezclado máximo y también que tenga que ser concreto fluido para así ser bombeado hasta el lugar requerido, para lograr esta propiedad es necesario hacer uso de aditivos Plastificantes y/o Retardadores de fragua sin hacer que varíe la relación agua cemento. El empleo de concretos bombeables requiere hacer diseños con el uso de aditivos generalmente con pruebas ensayadas en laboratorio sin embargo el uso de aditivos trae consigo una serie de recomendaciones y restricciones en las que estrictamente se deberán de cumplir.

De acuerdo a los antecedentes de los trabajos realizados existe un tiempo mínimo de mezclado del concreto con el aditivo sin embargo existe la pregunta que sucede si la mezcla no alcanza el tiempo mínimo de mezclado requerido o que sucede si el tiempo de mezclado es excesivo debido a esas interrogantes nace el problema siguiente

**¿Cuál es la influencia del tiempo de mezclado en la resistencia del concreto y velocidad de fraguado en concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ?**

## 1.2 ANTECEDENTES

El presente estudio de investigación es motivado debido a que en el vaciado de una placa estructural en una obra de la UNA Puno, se produjo el atascamiento de la tubería de bombeo de concreto, significando la paralización del vaciado de la placa aproximadamente por espacio de 2 horas mientras se solucionaba el problema, tiempo que se continuo con el mezclado del concreto en el camión mezclador, concluido el proceso de vaciado y verificada la resistencia del concreto a los 7 días se constató que había una gran diferencia en la resistencia de diseño del concreto, por lo que se tuvo que reconstruir la placa.

Sin embargo el problema se inicia cuando se obtiene la certificación con los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a los 7 días y se agrava; cuando dicha actividad incide en la ruta crítica de la programación de obra lo que implica tiempo en:

1. Esperar 7 días para la obtención de los resultados de la certificación (7)
2. Realizar ensayos para determinar la calidad in situ del elemento (1)
3. Demoler la placa en caso se obtenga resultados bajos (2)
4. Realizar el encofrado para vaciar nuevamente (1)
5. Vaciar el elemento (1)
6. Desencofrar y esperar por lo menos un día para iniciar con el encofrado de vigas para proceder con el encofrado de la losa (1)

Todo esto conlleva a las conclusiones siguientes:

Un elemento con resistencias bajas retrasa en el avance de obra en aproximadamente 13 días considerando un caso ideal.

Por lo cual se presume que este problema es ocasionado por el prolongado tiempo de mezclado para ello en la presente investigación se determinará en cuánto y cómo influye

el tiempo de mezclado en la resistencia final del concreto para ello se determinará el tiempo de fraguado inicial y final del concreto y su incidencia respecto a la .resistencia del concreto.

Se ha realizado una investigación realizado por James K. Cable (1998) con el título “EVALUACION DEL TIEMPO DE MEZCLA EN EL CONCRETO CONSISTENCIA Y CONSOLIDACION” (Evaluation of Mix Time on Concrete Consistency and Consolidation)

Esta investigación se orientó a evaluar el efecto del tiempo de mezcla Sobre las características físicas del hormigón de cemento Portland acabado pavimento. Consideró tres diseños de mezcla, dos diferencias Hormigoneras y cuatro tiempos de mezclado. Los resultados de la investigación, En comparación con los objetivos de investigación, indican las siguientes conclusiones:

1. Segregación potencial en las unidades de acarreo: Unidades no cambian o disminuyen significativamente la calidad de El material entregado a la pavimentadora y debe continuar Además de los vehículos de transporte de tipo agitador De cemento de Portland materiales de pavimentación de hormigón.

2. Consolidación del hormigón y calidad de la trabajabilidad en el sitio de pavimentación: Los resultados del ANOVA (análisis of variance) indican que los tiempos de mezcla de 60 segundos O mayor tienen una influencia positiva en las características físicas Del producto de hormigón. Se recomienda que, Se conserva un tiempo mínimo de mezcla de 60 segundos para todos los tipos de mezcladores en este momento.

3. Contenido y distribución de aire endurecido: Los datos de este conjunto de Pruebas indica que para Iowa DOT (department of transportation) el tiempo de mezcla del diseñado de mezcla No afectó significativamente los atributos físicos del hormigón.

Los resultados mostraron un conflicto de ideas para el contratista diseñador de mezcla. Sugerimos que este resultado tanto de una Matriz de agregado grueso y fino en la mezcla del contratista como las anteriores mezclas de Iowa DOT. Se abre un nuevo conjunto de Parámetros para la aprobación de la mezcla, junto con las Mezclas utilizadas o consideradas.

Es recomendado Que los diseños de mezcla del contratista deben ser probados minuciosamente A la construcción para determinar el impacto de las mezclas y la Diferencias en la matriz de agregado / cemento en la Factores de rendimiento deseados por la agencia.

4. Tipo de mezclador de hormigón y tiempos de mezcla: Prueba visual y física Los datos indican que los tiempos de mezclado reducidos para los mezcladores de tipo alternativo Sólo se debe permitir cuando se han tomado medidas para cambiar El proceso de mezcla para eliminar cualquier partícula de agregado que No se recubren al descargar en la unidad de acarreo. (pg. 77).

Asi mismo, se considera importante La consistencia y pérdida de asentamiento para lo cual la investigación realizada por Carlos Eduardo Cardenas Aranguren y Viviana Paola Ponzon Ballesteros con el Título “EFECTO DE LA PERDIDA DE ASENTAMIENTO EN LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE 3000 PSI (211 kg/cm<sup>2</sup>)” en la que llegaron a las siguientes conclusiones:

- A pesar de su simplicidad, con el ensayo de asentamiento es posible establecer que la pérdida del mismo en la mezcla de concreto afecta en parte a la resistencia final, por lo tanto el uso adecuado del mismo y la importancia de este son ideales para el manejo adecuado en obra del concreto garantizando resistencias finales ideales.

- Factores externos como el sol, la lluvia, el viento, la variación climática del día en la cual fue realizada la mezcla conlleva como consecuencia a que la manejabilidad de la

misma se vea afectada ya que a causa del sol o el viento la mezcla endurece con prontitud y por lo tanto la manejabilidad de la misma disminuye afectando de igual forma al asentamiento y contenido de aire de la misma.

- Dado que la mezcla llegó a la obra con una resistencia mayor a 3000 psi(211kg/cm<sup>2</sup>), se registró un promedio de los valores obtenidos en resistencia al momento de la llegada a la obra (3788.3 psi)(266.8 kg/cm<sup>2</sup>) y una hora después (3734.44 psi)(262.9 kg/cm<sup>2</sup>), lo cual permite establecer que la pérdida de resistencia registrada fue de un 1.8%, lo cual conlleva a concluir que tanto factores externos como propios de la mezcla se ven afectados en el lapso de tiempo de una hora lo que genera resistencias finales menores a las obtenidas al usar la mezcla al momento de su llegada a la obra.

- Con respecto al asentamiento, se presentó una pérdida del 47,7% con respecto al asentamiento obtenido a la llegada de la mezcla a la obra con relación al asentamiento obtenido una hora después. Dicha pérdida se debe a factores externos como cambios en la temperatura tanto de la mezcla y el ambiente, pérdida de manejabilidad y plasticidad de la mezcla lo cual impide que su manejo en obra sea el adecuado y afectando las características con las cuales la mezcla fue solicitada.

- La pérdida de asentamiento con respecto a la pérdida de resistencia de la mezcla se encuentran ligadas a la pérdida de manejabilidad de la mezcla lo que conlleva a que las propiedades del concreto en estado fresco se vean afectadas y por ende las propiedades del concreto en estado endurecido también. A pesar de verse afectada la mezcla por diferentes factores, es evidente que una pérdida de asentamiento del 47,7% afectará las propiedades mecánicas del mismo.

- Con respecto al contenido de aire se observa un aumento del mismo en un 31,3% esto debido a que el contenido de vacíos en la mezcla aumenta ya que una disminución en la plasticidad y consistencia de la misma genera una pérdida de agua. Una vez

finalizado el trabajo de grado es importante investigar sobre otros aspectos en los cuales se establezcan los efectos de la pérdida de asentamiento en una mezcla de concreto:

- Extender la investigación de la pérdida de asentamiento a la relación en particular con factores que aparte de la pérdida de asentamiento afectan la resistencia de la mezcla luego de una hora de su llegada a la obra.

- Analizar con mayor cuidado por qué las correlaciones con mezclas de concreto de tipo industrial no presentan un comportamiento que permita identificar la influencia de factores tanto externos como internos en mezclas de concreto convencional.

- Manejar un tipo de curado en especial bien sea inmerso en agua con cal o en un cuarto de curado con el fin de garantizar las propiedades del concreto y las características iniciales del mismo en estado endurecido.

- Contar con equipos calibrados y en buen estado con el fin de obtener datos adicionales a los registrados, como por ejemplo ensayos no destructibles como el realizado con el esclerómetro.

- Manejar una resistencia específica en las mezclas utilizada mas no una mezcla que mantenga una tolerancia para garantizar calidad, esto se hace con el fin de obtener datos más preciso y correlaciones que permitan identificar patrones de comportamiento en los cuales se pueda interpretar e identificar los factores que más afectan en la resistencia de una muestra.

- Identificar a parte de los parámetros estudiados porque otra razones se puede ver afectada una mezcla de concreto en un determinado lapso de tiempo, ya que utilizando una generalidad de diferentes causas que la puedan afectar es más factible garantizar una buena mezcla a pesar del uso a la que esta se vea expuesta.

- Profundizar y dar importancia al ensayo de asentamiento con el fin de establecer que parte de la pérdida de resistencia de una mezcla, se ve afectada por la pérdida del mismo

luego de un lapso de tiempo, en este caso de una hora. (pags. 71, 72 y 73).

También, se considera importante la investigación realizada por Moises Baruj Speicher Fernandez, con el Título “PERDIDA DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO EN EL TIEMPO” a temperaturas inferiores o cercanas a cero, en la que llegaron a las siguientes conclusiones:

En el presente estudio se determinó una marcada pérdida de fluidez o del estado plástico del concreto, cuando es transportado por tiempo superior a los 60 min. indicativo de la poca “eficiencia en el tiempo del reductor/plastificante empleado en obra). Esta situación no puede ser considerada una “desventaja determinante” en el aditivo, pues dado el desprendimiento del calor de hidratación del cemento, ningún plastificante podrá mantener el Slump de salida al momento de la llegada, al menos en Perú no se ha reportado un concreto hidráulico con tan asombrosa bondad.

Los ensayos de laboratorio efectuados bajo normativas locales MTC y extranjeras (ASTM y AASHTO) muestran que los cementos empleados en el proyecto (Yura I y Rumi IP) presentan tiempos de fragua inicial y final que satisfacen las exigencias técnicas, y que superan los 90 min referenciales que se indican en nuestra especificación.

El cemento Rumi Puzolanico, como es totalmente lógico, al presentar menos calor de hidratación y mayor requerimiento de agua, su fraguado sufre algún retraso comparado con un cemento normal tipo I, por tanto el desarrollo de resistencias iniciales es menos rápida, sin que ello represente disminución de calidad pero si se deberá tener extrema precaución con una probable interrupción de su fragua ante descensos bruscos de temperatura.

Considerando algunos márgenes de seguridad se puede concluir que el cemento Yura Tipo I, requiere 2 horas para culminar su fragua inicial y 2.75 para la final, mientras que

el Rumi IP consumirá 3 horas para la fragua inicial y 4 horas para la final.

La pérdida de fluidez del concreto, con todas las dosis de aditivo Rheobuild 1000 ensayadas, es una función casi constante, siendo los 42 minutos el tiempo máximo que un asentamiento mínimo de  $1 \frac{3}{4}$  podrá ser tolerado y mantenido, luego de ello un incremento máximo de 1.75% de aditivo puede suponerse aun satisfactorio. Lo anterior, no debe interpretarse como el inicio o término del periodo de fragua, la misma que anteriormente se determinó con tiempos muy superiores al indicado.

A menores concentraciones de aditivo Rheobuild 1000 (debajo de 1% e incluso fuera del rango especificado por el fabricante) la no consecución del Slump proyectado así como una rápida disminución de él. Caracterizan esta condición. El no empleo de plastificante y/o reductor de agua a su uso mediante pocas cantidades, necesitaran un análisis adicional orientado a la reformulación de diseños (no es materia del presente informe), dado que requerirá la adición de agua para lograr la plastificación inicial de la mezcla.

A mayores dosajes de aditivo Rheobuild 1000 (con sus correspondientes elevados valores de Slump) la caída de fluidez con el tiempo, es más notoria y brusca que para concretos con escasa a nula concentración del mismo aditivo, así también queda perfectamente demostrado, con resultados tangibles, que las resistencias a compresión no son afectadas con estos incrementos de aditivo, si y solo si, la relación a/c permanece constante.

Esta adición de aditivo Rheobuild 1000 deberá llevarse a cabo en el sitio de descarga de los camiones, eficiencia ya comprobada en obra con resultados hasta ahora satisfactorios.

Adicionalmente, quedó comprobado que un incremento de aditivo Rheobuild 1000 en una mezcla que perdió parte de su consistencia original, devuelve la plasticidad del mismo

en total correspondencia con su resistencia, para cantidades equivalentes a un Slump de 8” como valor último y de 6” como máximo admisible.

Para vaciados en sitio, con mezcladoras o trompos, no se reporta inconveniente alguno, manteniendo el concreto hidráulico las condiciones de diseño original.

Los resultados y análisis de laboratorio han supuesto una exhaustiva comprobación de los defectos y virtudes de los insumos empleados en el concreto hidráulico y su mejor aprovechamiento sin poner en riesgo la calidad del insumo fabricado y puesto en servicio, para las estructuras de drenaje proyectadas. (págs. 35, 36)

En un trabajo de investigación realizado en la “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL REGIONAL LA PLATA” con el título “*tiempo de fraguado del hormigón*” por la tesista María Anabela Barreda, en la que llegó a la conclusión; tras evaluar 4 muestras, a diferentes tiempos en un clima cálido:

#### Muestra # 01

- tiempo de fraguado inicial 173 min. (2hr. 53min.)
- tiempo de fraguado final 265 min. (4hr. 25min.)

#### Muestra # 02

- tiempo de fraguado inicial 151 min. (2hr. 31min.)
- tiempo de fraguado final 274 min. (4hr. 34min.)

#### Muestra # 03

- tiempo de fraguado inicial 175 min. (2hr. 55min.)
- tiempo de fraguado final 251 min. (4hr. 11min.)

Muestra # 04

- tiempo de fraguado inicial 209 min. (3hr. 29min.)
- tiempo de fraguado final 308 min. (5hr. 8min.)

Se estima que en la ciudad de puno el tiempo de fraguado inicial y final será prolongado debido a las bajas temperaturas que se experimenta con frecuencia.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La evolución de la industria de la construcción nos condiciona a hacer uso del concreto premezclado especialmente para vaciados masivos, la incursión de este producto en nuestra región es resiente y por ello nuestra zona carece de trabajos de investigación al respecto

El desarrollo de la tecnología de aditivos y su interacción con el tipo de clima que experimentamos nos condiciona a realizar trabajos de investigación que nos permita conocer su comportamiento

Se cuenta con la norma ntp 339.114 (astm c94) que regula y establece las características del concreto premezclado; sin embargo estas nos muestras parámetros generales de aceptabilidad sin considerar ciertos aspectos que solo se llegan a determinar con los trabajo de investigación como estos.

En la construcción de edificaciones de varios niveles (edificios) y estructuras importantes como puentes, bypass y otros, el uso del concreto premezclado es importante y más aún si requerimos el uso de concretos en grandes cantidades y que estos tengan que ser bombeados al lugar de su ubicación final, para ello se cuenta con aditivos como Súper Plastificantes y/o retardadores de fragua que permitan el uso más eficiente del cemento y garanticen la resistencia sin variar la relación agua cemento; sin embargo, el empleo de concreto premezclado en obra nos condiciona a tener parámetros en el tiempo de

mezclado, se ha observado por casos fortuitos que puede prolongarse el tiempo de mezclado o podría no alcanzar el tiempo mínimo requerido para ello determinar el tiempo de fraguado del concreto es muy importante y verificar la variación en la resistencia final obtenida.

## 1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1.4.1 OBJETIVOS GENERALES.

➤ Determinar la influencia del tiempo de mezclado en la resistencia del concreto y velocidad de fraguado en concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

➤ Determinar el tiempo de fraguado inicial del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado.

➤ Determinar el tiempo de fraguado final del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado.

➤ Determinar la resistencia del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  considerando el tiempo de mezclado.

## 1.5 HIPÓTESIS

### 1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

➤ El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado del concreto y la resistencia final.

### 1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

➤ El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado inicial.

➤ El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado final.

➤ El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  influye negativamente en la resistencia del concreto.

## 1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

### 1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

➤ Tiempo de Mezclado del Concreto

### **1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES**

➤ Resistencia a la Compresión del Concreto

## **1.7 METODOLOGÍA**

### **1.7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación a realizar será correlacional ya que persigue medir el grado de relación existente entre dos o más variables.

### **1.7.2 TIPO DE DISEÑO**

El tipo de diseño será experimental ya que se tendrá un control adecuado de todas las variables y las condiciones serán rigurosamente controladas.

### **1.7.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Laboratorio de Mecánica de Suelos EPIC

Laboratorio de la empresa Master Con GS

### **1.7.4 INSTRUMENTOS**

Ficha de recolección de datos

Bibliografía respecto al tema de estudio

Apuntes y publicaciones respecto al tema TO

Información de internet

### **1.7.5 PROCEDIMIENTO**

Diseño estadístico

## **1.8 ÁMBITO DE ESTUDIO**

Los estudios se realizarán en la Ciudad Universitaria UNA – PUNO, Laboratorio de Mecánica de Suelos- FICA a una altitud de 3810 msnm, y Laboratorio de la Empresa Mastercon GS

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

##### 2.1.1. GENERALIDADES

El presente capítulo muestra los conceptos y características de todos los componentes que intervienen en el estudio de la presente tesis los mismos que servirán para la mayor comprensión del lector; a continuación se detalla cada uno de ellos siguiendo un orden el cual garantiza la calidad de la investigación científica.

##### 2.1.2. CONCRETO

“La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos, como elementos activos y el aire como elemento pasivo” (Carbajal, 1999, pág. 13), componentes que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción

##### 2.1.3. CONCRETO NORMAL

Se denomina concreto normal al concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios, y otras estructuras; cuyo peso específico varía entre 2200kg/cm<sup>2</sup> hasta 2400kg/cm<sup>2</sup>

“Es el concreto que tiene un peso aproximado de 2300 kg/cm<sup>2</sup>” (E.050, 2011, pág. 359)

Para la producción de concreto normal generalmente se usan los agregados comprendidos entre los límites de 2.6 a 3.0 como se detallan a continuación:

**Tabla 1: Peso específico de agregados de uso común**

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO gr/cm <sup>3</sup>
<b>Basalto</b>	2.80
<b>Pedernal</b>	2.54
<b>Granito</b>	2.69
<b>Hornfelsa</b>	2.82
<b>Caliza</b>	2.66
<b>Pórfido</b>	2.73
<b>Cuarzita</b>	2.62
<b>Arenisca</b>	2.50
<b>Arena y grava</b>	2.65
<b>Roca Trapeana</b>	2.90

*Fuente:* Naturaleza y Materiales del Concreto. Enrique Rivva Lopez

#### 2.1.4. MATERIALES COMPONENTES

Para poder dominar el uso del concreto no solo hay que conocer las manifestaciones del producto resultante sino también de los componentes y su interrelación, ya que son en mayor instancia los que le confieren su particularidad.

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

<b>AIRE:</b>	<b>1% a 3%</b>
<b>CEMENTO:</b>	<b>7% a 15%</b>
<b>AGUA:</b>	<b>15% a 22%</b>
<b>AGREGADOS:</b>	<b>60% a 75%</b>

*Fuente:* Enrique Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto

### 2.1.4.1. CEMENTO

El cemento como componente principal de la variación del tiempo de fraguado, debido a su composición química se define como; “Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, molido finamente hasta obtener un polvo muy fino, que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Carbajal, 1999, pág. 17).

Los componentes principales del cemento son cinco, y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 3:** Principales Componentes del Cemento Pórland

Nombre del Componente	Composición óxida	Abreviatura
<b>Silicato Tricalcico</b>	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	<b>C<sub>3</sub>S</b>
<b>Silicato Bicalcico</b>	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	<b>C<sub>2</sub>S</b>
<b>Aluminato Tricalcico</b>	$3\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3$	<b>C<sub>3</sub>A</b>
<b>Aluminoferrato</b>	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	<b>C<sub>4</sub>AF</b>
<b>Yeso</b>	<b>CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O</b>	<b>SO<sub>3</sub></b>

*Fuente:* Tecnología del concreto A. M. Neville

-Los silicatos son los componentes más importantes y los causantes de la resistencia de la pasta hidratada de cemento; estos óxidos tienen efectos significativos en los ordenamientos atómicos, en la forma de los cristales y en las propiedades hidráulicas de los silicatos.

-El silicato tricálcico define la resistencia inicial en la primera semana y tiene mucha importancia en el calor de hidratación ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{Alita}$ ) (Carbajal, 1999, pág. 22)

-El silicato bicálcico define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{Belita}$ ) (Carbajal, 1999, pág. 22)

-El Aluminato Tricálcico aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con lo silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo; es responsable de la resistencia, cuando la pasta de cemento endurecida es atacada por los sulfatos. ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$ ) (Carbajal, 1999, pág. 22)

-El Aluminoferrato está presente pero en pequeñas cantidades, no influye significativamente en su comportamiento; sin embargo, reacciona con el yeso para formar sulfoferrita de calcio y su presencia puede acelerar la hidratación de los silicatos ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF} \rightarrow \text{Celita}$ ) (Carbajal, 1999, pág. 22)

-Los Componentes Menores que por lo general no representan más que un pequeño porcentaje de la masa del cemento. De estos dos son de interés: los óxidos de sodio y potasio,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , conocidos como los álcalis

-El Yeso que regula la velocidad con que se desarrolla el endurecimiento del cemento debe ser controlada dentro de ciertos límites para que éste sea un producto útil de la construcción. Sin el yeso las reacciones serían demasiado rápidas, el concreto endurecería rápidamente y no podría ser transportado y colocado sin ocasionarle daño. Si las reacciones fueran demasiado lentas, la demora en adquirir resistencia sería objetable. Por lo tanto la velocidad de reacción debe controlarse. Esto se logra dosificando cuidadosamente la cantidad de yeso que se agrega al clinker durante la molienda.

#### 2.1.4.2. AGREGADOS

Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario pues representan el 65% - 80% de la masa del concreto, además de ser responsables de gran parte de las características del mismo.

Se clasifican en:

#### 2.1.4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

##### POR SU PROCEDENCIA

###### a- Agregados naturales

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto (Carbajal, 1999, pág. 70)

###### b-Agregados artificiales

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto (Carbajal, 1999, pág. 70)

##### POR SU GRADACIÓN

###### a.Agregado Fino

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa íntegramente por el tamiz 3/8" (9.52mm) y como mínimo un 95% el tamiz N° 4, y que es retenida en el tamiz N°200 (0.074mm). (Rivva Lopez, 2000, pág. 172)

###### b.Agregado grueso

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el tamiz N° 4. (Rivva Lopez, 2000, pág. 172)

##### POR SU DENSIDAD

Entendiendo densidad como la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen

de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con  $G_e = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e < 2.5$  y pesados con  $G_e > 2.75$ . (Rivva Lopez, 2000)

#### 2.1.4.2.2. GRANULOMETRÍA

El conocimiento de la composición granulométrica del agregado nos permite conocer la distribución de tamaños en función a sus volúmenes, pero representados en este ensayo en función a sus pesos retenidos en mallas, cuyas aberturas difieren sucesivamente en la mitad de la anterior.

Estas partículas deberán tener un comportamiento óptimo en la mezcla, y esto solo se obtendrá si sus volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla. Por lo que concluimos que una granulometría óptima origina en la mezcla una alta densidad, buena trabajabilidad y un mínimo contenido de cemento. “En general se considera que las granulometrías continuas, es decir aquellas en las que el tamaño de las partículas varía del más fino al más grueso siguiendo una ley uniforme, son las más satisfactorias, no siendo deseable que en cada tamiz sean retenidos porcentajes iguales”. (Rivva Lopez, 2000, pág. 163)

##### a. Granulometría agregado fino.

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales como polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente: (Rivva Lopez, 2000, pág. 206)

-La granulometría del agregado fino tiene influencia sobre la trabajabilidad, siendo deseable que no menos del 10% y de preferencia no menos del 15% de aquel pase el tamiz N°50. Igualmente se recomienda para el porcentaje acumulativo que

pasa el tamiz N°100 valores del 2% al 10%.

-La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas: N°4 a N°100.

-El agregado no deberá retener más de 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

-Que el módulo de fineza del agregado sea mantenido entre los valores de 2.3 y 3.1.

-En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

**Tabla 4: Números de mallas y porcentajes pasantes.**

TAMIZ MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
<b>9.5mm (3/8 pulg)</b>	100
<b>4.75mm (N°4)</b>	95 a 100
<b>2.36mm (N°8)</b>	80 a 100
<b>1.18mm (N°16)</b>	50 a 85
<b>600µm (N°30)</b>	25 a 60
<b>300µm (N°50)</b>	05 a 30
<b>150µm (N°100)</b>	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

Existe en general prevención con las arenas más finas, en razón de originar concretos más caros por su mayor exigencia de agua, lo cual puede corregirse disminuyendo la relación arena/piedra.

#### b.Módulo De Fineza

El módulo de fineza es un número adimensional que representa el tamaño promedio ponderado de las partículas del agregado, se utiliza para controlar uniformidad de los agregados, además de servir como medida de valor lubricante de un agregado, ya que

cuando mayor es su valor menor será su valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

El módulo de fineza nos indica el grosor promedio del agregado, más no nos determina la continuidad de su granulometría.

Es un factor importante pues nos indica en forma indirecta la influencia en la plasticidad, la cantidad de agua y hasta la cantidad de cemento, este dato se determina de la suma de los porcentajes acumulados retenidos de las mallas Standard, hasta la malla número 100, dividiendo luego este valor entre 100.

La base experimental que apoya al concepto de Módulo de Fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia. (Carbajal, 1999, pág. 91)

La norma establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.30-3.10, el módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100, este procedimiento es también para el agregado grueso (piedra). Norma de referencia NTP 400.012 en concordancia a la norma ASTM C 136.

$$MF = \left( \sum_{i=1}^n \left[ \% \text{ Acumulados retenidos} (3'' , 1 \frac{1}{2}'' , 3/4'' , 3/8'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100) \right] \right) / 100$$

### c. Granulometría agregado grueso

Denominado también análisis granulométrico, viene a ser la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Si un agregado no está dentro

del huso granulométrico se puede ajustar separando el material pasándolo por una malla intermedia en las proporciones debidas. No interesa que las curvas estén fuera del huso granulométrico, lo que importa es que la combinación cumpla, ya que en definitiva es la que condiciona el resultado de la mezcla, para esto es preferible que no esté muy desfasado del huso granulométrico.

#### d.Huso Granulométrico

Zona comprendida entre dos curvas granulométricas, existen 13 husos granulométricos para agregados, a los cuales puede ajustarse el agregado en particular según el diámetro nominal máximo, el cual está detallado en la Tabla N° 5.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS											
	100mm (4pulg)	90mm (3 ½pulg)	75mm (3pulg)	63mm (2 ½pulg)	50mm (2pulg)	37.5mm (1 ½pulg)	25.0mm (1pulg)	19.0mm (¾pulg)	12.5mm (½pulg)	9.5mm (3/8 pulg)	4.75mm (N°4)	2.36mm (N°8)
90mm a 37.5mm (3½pulg a 1½pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
63mm a 37.5mm (2½pulg a 1½pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
50mm a 25.0mm (2pulg a 1pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
50mm a 4.75mm (2pulg a N°4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...
37.5mm a 19.0mm (1½pulg a ¾pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...
37.5mm a 4.75mm (1½pulg a N°4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...
25.0mm a 12.5mm (1pulg a ½pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
25.0mm a 9.5mm (1pulg a 3/8pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...
25mm a 4.75mm (1pulg a N°4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5
19.0mm a 9.5mm (¾pulg a 3/8pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...
19mm a 4.75mm (¾pulg a N°4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5
12.5mm a 4.75mm (½pulg a N°4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
9.5mm a 2.36mm (3/8pulg a N°8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10

Tabla 5: Husos granulométricos del Agregado Grueso Norma ASTM C 136

nte: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.037

### 2.1.4.2.3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

#### a. Tamaño Máximo

Según la Norma NTP 400.037. Es el tamaño de abertura del menor tamiz por el que el agregado grueso pasa en un 100% antes del primer retenido. (Rivva Lopez, 2000, pág. 183). Se debe tener en cuenta que, agregados con diferente granulometría tendrán el mismo tamaño máximo variando en función de este la cantidad de cemento que se empleará en la dosificación de la mezcla.

#### b. Tamaño Máximo Nominal

Según la Norma NTP 400.037. Nos indica que el tamaño máximo nominal del agregado es aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (Rivva Lopez, 2000, pág. 183)

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de: (Comite ACI 318, 2008, pág. 46)

-1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.

-1/3 de la altura de las losas.

-3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

#### c. Peso Específico

El peso específico de los agregados, expresa el peso de las partículas de agregado relacionado a un volumen igual de agua, sin considerar los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m<sup>3</sup>. (Carbajal, 1999, pág. 74)

Esta propiedad es un indicador de calidad donde los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, su importancia radica al incluirse en la dosificación del concreto, participando este en el cálculo de los volúmenes absolutos de los agregados.

La norma considera tres formas de la gravedad específica.

## d. Peso específico de Masa

Es 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.

## e. Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco

El cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que esta incluye el agua en los poros permeables.

## f. Peso Específico Aparente

Es 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 igual de agua destilada libre de gas.

PARA AGREGADO GRUESO:

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

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco} = \frac{A}{B - C}$$

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

Llamando:

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos

B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos

a) Para agregado fino:

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

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco} = \frac{A}{B + S - C}$$

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

Llamando:

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada, con superficie seca en gramos.

**Tabla 6: Cantidad mínima para el ensayo según el tamaño máximo nominal**

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de muestra
mm	(pulg)	Kg
Hasta 12.5	½	2
19.0	¾	3
25.0	1	4
37.5	1 ½	5
50.0	2	8
63.0	2 ½	12
75.0	3	18
90.0	3 ½	25

**Fuente:** Norma ASTM C 127 (NTP 400.021)

g.Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos de las partículas. La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando está en condición de saturado superficialmente seco. Se utiliza generalmente en los cálculos de dosificación para elaborar el concreto.

Si la humedad es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera la absorción, habrá que quitar agua al concreto ya que los agregados estarán aportando agua. Normas de referencia para el agregado fino NTP 400.022 y para el agregado grueso NTP

400.021.

$$\% \text{ de Absorción del A. fino} = \frac{100(500 - A)}{A}$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100(B - A)}{A}$$

Donde:

A=Peso en gramos de la muestra secada al horno

B=Peso en gramos de la muestra saturada superficialmente seca

#### h.Contenido de Humedad

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, la importancia de este dato radica en la variación que puede ocasionar en la relación a/c en el diseño de mezclas. Por lo tanto es recomendable realizar el ensayo justo antes de la producción de concreto y si la producción fuera durante todo el día se debe realizar por lo menos a las 6:00am, 10:00am y 2:00pm para realizar las respectivas correcciones por humedad. Norma de referencia NTP 339.127.

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(\text{peso humedo} - \text{peso seco})}{\text{peso seco}} * 100$$

**Tabla 7: Muestra de ensayo del agregado**

Tamaño máximo nominal mm(pulg)	Masa mínima de la muestra de ensayo Kg
4.75 (N°4)	0.5
9.5 (3/8")	1.5
12.5 (1/2")	2
19.0 (3/4")	3
25.0 (1")	4
37.5 (1 1/2")	6
50 (2")	8
63 (2 1/2")	10
75 (3")	13

<b>90 (3 ½")</b>	16
<b>100 (4")</b>	25
<b>150 (6")</b>	50

*Fuente:* Norma ASTM C 566 (NTP 339.185)

#### i. Peso unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado del agregado, es el peso que se alcanza determinado volumen unitario. El peso unitario está influenciado por: la gravedad específica, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, y de factores externos como: grado de compactación impuesto, diámetro nominal máximo en relación con el volumen. (Rivva Lopez, 2000, pág. 152)

Existen 2 tipos de pesos unitarios: Norma de referencia NTP 400.017.

#### j. Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término “Peso volumétrico unitario” porque se trata del volumen ocupado por el agregado y por los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado dentro del recipiente, hasta llenarlo.

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen de recipiente}}$$

#### k. Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado

con el peso unitario suelto.

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

#### 1. Cantidad De Material Que Pasa La Malla N°200

Representa la cantidad de material fino cuyo tamaño es menor a la abertura del tamiz N°200 se puede representar en el agregado, en forma de revestimiento superficial o forma de partículas sueltas.

El material fino constituido por arcilla y limo el cual se representa recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena, en el primer caso afecta la adherencia del agregado y la pasta, mientras que en el segundo caso incrementaría los requerimientos de agua.

La norma ASTM C33 recomienda, para los porcentajes máximos de material fino que pasa la malla N°200 un valor del 3% en el agregado fino que se va a emplear en concretos sujetos a procesos abrasivos y del 5% en los otros concretos. En el caso del agregado grueso un valor máximo del 1%, excepto en el caso de agregados triturados en los que si el fino es polvo de roca se acepta hasta un máximo del 1.5%. (Rivva Lopez, 2000, págs. 149 - 150)

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100$$

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) por vía húmeda

P1 = peso seco de la muestra original, gramos

P2 = peso seco de la muestra ensayada, gramos

**Tabla 8 : Cantidad mínima de muestra para el ensayo de malla # 200**

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, g
<b>4.75 mm (N° 4) o más pequeño</b>	<b>300</b>
9.5 mm (3/8 pulg)	1000
<b>19 mm (3/4 pulg)</b>	<b>2500</b>
37.5 mm (1 ½ pulg) o más grande	5000

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 400.018

### 2.1.4.3. AGUA DE MEZCLA

El agua como componente importante de la mezcla tiene la finalidad de combinarse con el cemento para que este realice su reacción química y la formación del gel también permite “que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que en estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación y que en estado endurecido la convierta en un producto de las propiedades y características deseadas” (Rivva Lopez, 2000, pág. 254)

#### 2.1.4.3.1. Requisitos de Calidad

El agua que se utilizará en la preparación del concreto debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088. A continuación se presenta en partes por millón los valores máximos aceptados:

**Tabla 9: Partes por millón aceptables en el agua de mezcla**

<b>Cloruros</b>	<b>300 ppm</b>
<b>Sulfatos</b>	300 ppm
<b>Sales de magnesio</b>	150 ppm
<b>Sales solubles totales</b>	500 ppm
<b>pH</b>	Mayor de 7
<b>Sólidos en suspensión</b>	1500 ppm
<b>Materia orgánica</b>	10 ppm

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 339.088

También la norma Técnica peruana considera NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están contenidos dentro de los siguientes límites:

- a.El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3ppm)
- b.El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm)
- c.El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0
- d.El contenido de sulfatos, expresado como ion  $SO_4$ , será menor de 0.6 gr/l (600 ppm)
- e.El contenido de cloruros, expresado como ion CL, será menor de 1 gr/l (1000 ppm)
- f.El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en  $NaHCO_3$ , será menor de 1 gr/l (1000 ppm)
- g.Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de hierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la supervisión.

#### **2.1.4.4. CONTENIDO DE AIRE**

El contenido de aire total que está en el concreto es por lo siguiente:

##### **2.1.4.4.1. Aire atrapado**

Son burbujas formadas debido al aporte de los materiales, tamaño máximo, la granulometría y forma.

2.1.4.4.2. Aire incorporado

La cantidad de aire intencionalmente adicionado mediante los aditivos incorporadores de aire, sin embargo debido a las condiciones de exposición existe un límite para esta cantidad los mismos que se detallan en el siguiente cuadro.

**Tabla 10: Contenido de Aire Atrapado**

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

*Fuente:* (Rivva López, 2013, pág. 89)

**Tabla 11: Contenido de Aire Incorporado y Total Resistente al Congelamiento.**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	Contenido de Aire total, en %		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	4,5	6,0	7,5
1/2"	4,0	5,5	7,0
3/4"	3,5	5,0	6,0
1"	3,0	4,5	6,0
1 1/2"	2,5	4,5	5,5
2"	2,0	4,0	5,0
3"	1,5	3,5	4,5

*Fuente:* Reglamento Nacional de Edificaciones

2.1.4.5. ADITIVOS

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de

haber formado la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto. (Carbajal, 1999, pág. 113)

Debido a la gran variedad de la geografía de nuestro país y la variedad de sus climas el concreto tiene que responder a cada uno de sus requerimientos y para ello existen diversos tipos de cementos sin embargo estos no satisfacen todos ellos, para ello contamos con la gran variedad de aditivos y las diferentes características que este genera debido a la interacción de la composición química del aditivo y la composición química del cemento.

Existen consecuentemente varios casos, en que la única alternativa de solución técnica y eficiente es el uso de aditivos. Ya que estos contribuyen a minimizar los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características inherentes a la mezcla de concreto original como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos, el calor de hidratación, etc.

#### 2.1.4.5.1. Razones de empleo

- a) Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial
- b) Reducción en el contenido de agua (nos ayuda a producir concretos con bajas relaciones agua cemento)
- c) Incrementa la trabajabilidad sin modificar la relación agua cemento por lo tanto mejores condiciones de colocado en el elemento y bombeo.
- d) Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción de la magnitud de este
- e) Aumento de la impermeabilidad del concreto
- f) Control de la expansión debido a la reacción álcali-agregados
- g) Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión

h)Control de la corrosión de los elementos metálicos embebidos en el concreto

i)Producción de morteros celulares

j)Producción de concretos coloreados

#### 2.1.4.5.2. Clasificación

De acuerdo a la norma ASTM C 494 se clasifican en:

-Tipo A reductores de agua

-Tipo B retardadores de fragua

-Tipo C acelerantes

-Tipo D reductores de agua y retardadores de fragua

-Tipo E reductores de agua y acelerantes

-Tipo F reductores de agua de alto rango

-Tipo G reductores de agua de alto rango y retardadores de fragua

-Aditivos de desempeño específico

**a)Acelerantes**, tienen la finalidad de incrementar significativamente el desarrollo inicial de resistencia y acortar el tiempo de fraguado. Norma de referencia NTP 339.086.

**b)Incorporadores de aire**, mejora el comportamiento del concreto frente a los procesos de congelación y deshielo, produciendo cámaras de aire para evitar la fatiga producido por los esfuerzos internos. Norma de referencia NTP 339.086. Hay que considerar que “la presencia de vacíos en el concreto reduce la densidad y grandemente la resistencia: 5% de vacíos puede reducir la resistencia hasta un 30%” (Neville & Brooks, 1998, pág. 65)

**c)Reductores de agua y reguladores de fragua**, reduce el requerimiento de agua de la mezcla y modifica las condiciones de fraguado norma de referencia

NTP 339.086.

**d)Productores de expansión**, minimizan los efectos adversos de la contracción por secado del concreto.

**e)Colorantes**, producen en el concreto color sin que estos afecten en las propiedades del concreto.

**f)Impermeabilizantes**, contribuyen a controlar las filtraciones a través de la estructura del concreto

**g)Inhibidores de la corrosión**, inhibe, retarda o reduce la corrosión del acero de refuerzo y elementos metálicos embebidos en el concreto.

**h) Súper plastificantes**, conocidos también como reductores de agua de alto rango, los cuales reducen el agua de manera importante manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables en el fraguado también se emplean para aumentar la consistencia sin añadirle agua al concreto.

#### **SE UTILIZÓ SIKAMENT 290N Y SIKAMENT 306:**

**SIKAMENT 290N:** Es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.

Muy adecuada para plantas de concreto premezclado al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.

Sikament no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

**USOS:** para todo tipo de concreto fabricado en plantas concreteras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante, en concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación a/c, permite el transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad, y para concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

#### CARACTERISTICAS/VENTAJAS

Aumento de las resistencias mecánicas, terminación superficial de alta calidad, mayor adherencia a las armaduras, permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura, permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla, aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto, facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas, proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejas y reductor de agua.

#### NORMAS

Como plastificante cumple con las norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la norma ASTM C 494, tipo G

#### FORMA

Aspecto líquido, color café oscuro, presentación: cilindro x 200 L. balde x 20 L. Dispenser x 1000 L. Granel x1L.

#### ALMACENAMIENTO

En su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.

#### DATOS TÉCNICOS

Densidad 1.20 kg/lit  $\pm 0.02$

#### DOSIS Y METODO DE APLICACIÓN

Como plastificante del 0.3% -0.7% del peso del cemento

Como superplastificante del 0.7% - 1.4% del peso del cemento, debe incorporarse junto con el agua de amasado. Como superplastificante preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m<sup>3</sup> de carga de la

amasadora o camión concreteero.

**SIKAMENT 306:** Es un aditivo reductor de agua de alto rango, economizador de cemento. En climas templados y fríos mantiene la manejabilidad del concreto. No contiene cloruros

USOS: Sikament 306 tiene 3 usos básicos:

Como superplastificante, adicionado a una mezcla con consistencia normal se consigue fluidificar el concreto o mortero, facilitando su colocación, haciéndolo apto para el bombeo. Especialmente indicado para fundiciones de concreto por el sistema tremie.

Como reductor de agua de alto poder, adicionado en el agua de amasado, permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla consiguiéndose la misma manejabilidad con incremento notable en las resistencias mecánicas a todas las edades. La impermeabilidad y durabilidad del concreto se ven incrementadas.

Como economizador de cemento, se puede aprovechar el incremento de resistencias logrado al reducir agua con el aditivo, para disminuir el contenido de cemento y hacer más económico el diseño.

#### CARACTERISTICAS/VENTAJAS

Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando la segregación y formación de cangrejas. Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas, permite doblar los tiempos de manejabilidad de la mezcla en climas medios y fríos, aumenta notablemente la resistencia inicial del concreto, permite reducir hasta el 30% de agua de la mezcla, incrementa la resistencia final del concreto en más de un 40%, aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto y densifica el concreto

#### NORMAS

Como superplastificante cumple con las norma ASTM C 494, tipo G

#### FORMA

Aspecto líquido, color café oscuro, presentación: cilindro x 200 L. balde x 20 L.  
Dispenser x 1000 L. Granel x1L.

#### ALMACENAMIENTO

En su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas.  
Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.

#### DATOS TÉCNICOS

Densidad 1.18 – 1.23 kg/lt

#### DOSIS Y METODO DE APLICACIÓN

Como plastificante del 0.5% -1% del peso del cemento

Como superplastificante del 1% - 2% del peso del cemento, adicionarlo a la mezcla de concreto o mortero ya preparado y re mezclar por lo menos durante 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida, como superplastificante adicionar disuelto en la última porción del agua de amasado durante la preparación de la mezcla.

En la elaboración de concreto o morteros fluidos se exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido. En caso de deficiencias de finos, dosificar sikaAer para incorporar el aire en forma controlada a la mezcla. El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de los encofrados para evitar la pérdida de la pasta de cemento. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en condiciones de obra. Dosificación superior a las recomendadas pueden ocasionar retardos en el fraguado del concreto.

Cuando se presenten dificultades en el proceso de bombeo y altas presiones, debido a las características de la mezcla (granulometría discontinua, carencia de finos, mezcla áspera) o cuando las condiciones del bombeo lo dificulten (longitud, altura, cambio de

dirección), es aconsejable usar un aditivo que ayude al bombeo (sikaAer).

### **2.1.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Radica en la composición de la estructura del concreto, en la que el responsable del diseño de mezclas tendrá que seleccionar los componentes teniendo las consideraciones de facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad y otras propiedades que considere necesarias para el caso particular para el cual se está diseñando.

#### **2.1.5.1. TRABAJABILIDAD**

La trabajabilidad del concreto es una propiedad en estado fresco el cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente con facilidad sin que se presente segregación.

La trabajabilidad está relacionado con la selección de las proporciones de la mezcla, principalmente con la granulometría, el contenido de cemento relación de finos y proporción del agregado en la mezcla; con la cantidad de agua, la presencia de aditivos y contenido de aire en la mezcla, “El incremento de aire en la mezcla mejora la trabajabilidad” (Rivva López, 2013, pág. 37)

#### **2.1.5.2. CONSISTENCIA**

La consistencia es la propiedad que define el grado de fluidez de la mezcla por lo tanto mientras más fluida este mayor será la facilidad de colocación. Las normas alemanas clasifican al concreto en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos
- Concretos plásticos
- Concretos fluidos

Los concretos consistentes son definidos por el grado de humedad en el que tendrá solo la cantidad necesaria para que su superficie después del vibrado quede blanda y

unida.

Los concretos plásticos son aquellos que contienen el agua necesaria para mostrar al concreto como pastoso.

Los concretos fluidos son aquellos que contienen la suficiente agua como para que fluya dentro de los elementos encofrados.

**Tabla 12: Clases de mezclas según su asentamiento**

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Metodo de Compactación
<b>Seca</b>	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibración normal
<b>Plástica</b>	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
<b>Fluida</b>	> 5"	Muy Trabajable	Chuseado

*Fuente:* Flavio Abanto Castillo. pag.49

### 2.1.5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia del concreto está definida por su capacidad máxima para resistir esfuerzos a la compresión y es este resultado el que se utiliza para determinar el índice de calidad, los factores que influyen en la resistencia del concreto son las siguientes.

- Tipo, marca y tiempo de almacenamiento del cemento
- Características del agua empleada
- Presencia de limo, arcilla, mica, carbón, humus, materia orgánica, sales químicas en el agregado
- Variación en la granulometría del agregado con el consiguiente incremento en la superficie específica y en la demanda de agua.
- Presencia de aire en la mezcla. La incorporación de aire a las mezclas en porcentajes adecuados, mejora la durabilidad la trabajabilidad del concreto, pero tiende a disminuir la resistencia en un porcentaje de 5% por cada 1% de aire incorporado. La excepción se produce en las mezclas pobres en las que la

incorporación de aire al mejorar la trabajabilidad disminuye la demanda de agua reduce la relación a/c y por ende incrementa la resistencia. (Rivva López, 2013, pág. 44)

-Uso de aditivos que afecten negativamente la reacción del cemento.

#### **2.1.5.4. DURABILIDAD**

“Es la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro del concreto”. (Carbajal, 1999, pág. 273)

Los factores que afectan la durabilidad del concreto son:

- Congelamiento y descongelamiento. (freezing and thawing)
- Ambiente químicamente agresivo
- Abrasión
- Corrosión de metales en el concreto
- Reacciones químicas en los agregados

## **2.2. ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO**

### **2.2.1. ASENTAMIENTO**

Una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto. Norma de referencia NTP 339.035

### **2.2.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO**

Consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la

correcta dosificación y rendimiento de los materiales es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento y el contenido de aire. Norma de referencia NTP 339.046.

$$D = \frac{(Mc - Mm)}{Vm}$$

D = Densidad (peso unitario del concreto), en Kg./m<sup>3</sup>

Mc = Masa del recipiente de medida lleno de concreto, en Kg.

Mm = Masa del recipiente de medida, en Kg.

Vm = Volumen del recipiente de medida, en m<sup>3</sup>

### 2.2.3. CONTENIDO DE AIRE

Consiste en determinar el contenido de aire atrapado en la mezcla, el aire presente en los vacíos de la pasta de un concreto puede tener su origen en las siguientes causas: Norma de referencia 339.080.

- Aire atrapado presente en los espacios inter granulares del cemento y agregados
- Aire originalmente en los espacios de cemento y agregados pero después depositados en la pasta al endurecer formándose los llamados poros gel.
- Aire originalmente disuelto en el agua de la mezcla formándose los poros capilares
- Aire incorporado en el concreto durante los procesos de mezcla y colocación

### 2.2.4. RENDIMIENTO DEL CONCRETO

Es la relación entre el volumen real del concreto al volumen de diseño para la mezcla se calcula de la siguiente manera: Norma de referencia NTP 339.046

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

El valor de  $R_y$  mayor que 1.00 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor de esto indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

D = Densidad (peso unitario del concreto), en Kg./m<sup>3</sup>

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda, en m<sup>3</sup>

M = Masa total de todos los materiales de la tanda, en Kg.

### **2.2.5. TEMPERATURA DEL CONCRETO**

El objeto de este ensayo es determinar la temperatura del concreto fresco el cual consisten en colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75mm (3 pulg). Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.

Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el hormigón fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, a continuación leer y registrar la temperatura.

Completar la medición de temperatura dentro de los 5 minutos luego de haberse obtenido la muestra. Norma de referencia NTP 339.184

## **2.3. ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO**

### **2.3.1. ELABORACION Y CURADO DE PROBETAS**

El método estándar para elaboración y curado de probetas es un ensayo para concreto fresco en el que se realiza la fabricación de cilindros de concreto de diámetros establecido de acuerdo a la norma NTP 339.033 en el que indica también los procedimientos de

curado.

**Tabla 13:** Requisitos de la barra compactadora

Diámetro del cilindro o ancho de la viga, mm	Dimensiones de la varilla <sup>a</sup>	
	Diámetro, mm	Longitud de la varilla, mm
< 150	10	300
150	16	500
225	16	650

<sup>a</sup> Tolerancia en la longitud,  $\pm 100$  mm. Tolerancia en el diámetro  $\pm 2$  mm.

Fuente: NTP 339.033

**Tabla 14:** Método de consolidación requisitos de aplicación

Asentamiento, mm	Método de consolidación
25	Apisonado o vibración
< 25	Vibración

Fuente: NTP 339.033

**Tabla 15:** Moldeo de especímenes por apisonado

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de igual altura	Número de golpes por capa
<b>Cilindros: diámetro, mm</b>		
100	2	25
150	3	25
225	4	50
<b>Vigas. Ancho, mm</b>		
150 a 200	2	Véase 10.3
> 200	3 ó más de igual altura, sin exceso 150 mm	Véase 10.3

Fuente: NTP 339.033

### 2.3.2. TIEMPO DE FRAGUA

El tiempo de fragua, se determina mediante el ensayo de la norma NTP 339.082 en el cual se emplean agujas metálicas de diferentes diámetros con un dispositivo de aplicación de carga que permite medir la presión aplicada sobre el mortero obtenido de tamizar el concreto por la malla N°4. Se considera convencionalmente que se ha producido el

fraguado inicial cuando se necesita aplicar una presión de 500 lb/pulg.<sup>2</sup>(3.5Mpa.) para introducir la aguja una pulgada, y el fraguado final cuando se necesita aplicar la presión de 4000 lb/pulg.<sup>2</sup>(3.5Mpa.). Para producir la misma penetración

#### a.TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL

Se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de mezcla, así como la pérdida inicial de la plasticidad el tiempo de fraguado inicial se considera cuando la resistencia a la penetración es de 500 lb/pulg.<sup>2</sup>

#### b.TIEMPO DE FRAGUADO FINAL

Es el tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, consecuencia del aumento de su resistencia, se obtiene para una resistencia a la penetración de 4000 lb/pulg.<sup>2</sup>

Estos valores determinan el endurecimiento en función de la resistencia a la penetración mediante el método de ensayo normalizado para determinar el tiempo de fragua

Una muestra de mortero se obtendrá por tamizado de una muestra representativa del hormigón fresco. El mortero será colocado en un recipiente y será almacenado a una temperatura ambiente especificada. A intervalos regulares de tiempo, se obtendrá la resistencia a la penetración del mortero utilizado agujas normalizadas. De una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido se determinará los tiempos de fraguado inicial y final. (NTP 339.082, pág. 3)

### **2.3.3. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

El método de ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto endurecido consiste determinar la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades los mismos que están establecidos por la norma NTP 339.034

**Tabla 16: Tolerancias prescritas para los ensayos**

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
<b>24 h</b>	$\pm 0.5$ h ó 2.1 %
<b>3 d</b>	$\pm 2$ h ó 2.8 %
<b>7 d</b>	$\pm 6$ h ó 3.6 %
<b>28 d</b>	$\pm 20$ h ó 3.0 %
<b>90 d</b>	$\pm 48$ h ó 2.2 %

**Fuente:** Norma Técnica Peruana NTP 339.034

### 2.3.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA

Los factores que afectan en la resistencia del concreto pueden ser varios debido a la variación brusca en las temperaturas la calidad de agregados y que estos generan microfisuras y es muy difícil cuantificar sin embargo se considera que los principales son

Relación agua/cemento, el grado de compactación, la edad y la temperatura sin embargo hay también otros factores que afectan la resistencia, como son: la relación agregado/cemento, la calidad del agregado (gradación, textura superficial, forma, resistencia y rigidez) y el tamaño máximo del agregado (Neville & Brooks, 1998, pág. 93).

#### 2.3.3.1.1. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL FRAGUADO DEL CONCRETO

##### a. PROBLEMAS EN CLIMAS CÁLIDOS:

La temperatura mayor que lo normal en el concreto fresco conduce a una hidratación más rápida del cemento; por tanto, a un periodo de fraguado acelerado y una resistencia de largo plazo más baja se establece un armazón de gel menos uniforme, más aun si la elevada temperatura se añade a una baja humedad relativa del aire, se produciría una rápida evaporación de parte del agua de la mezcla, ocasionando mayor disminución de la

manejabilidad mayor agrietamiento y mayor revenimiento plástico.

Cuando se produce concreto en grandes volúmenes, la elevada temperatura del concreto fresco resulta perjudicial debido a la evolución más rápida del calor de hidratación del cemento, produciendo mayores diferenciales de temperatura, el enfriamiento subsecuente inducirá a esfuerzos de tensión que pueden ocasionar agrietamiento térmico.

El curado presenta problemas adicionales, ya que el agua que se utiliza para el curado tiende a evaporarse rápidamente con el consiguiente retardo de la hidratación. En consecuencia, un desarrollo inadecuado de la resistencia y tendrá lugar una contracción por secado rápido, este efecto inducirá esfuerzos de tensión de magnitud suficiente para ocasionar agrietamiento en el concreto endurecido. (Neville & Brooks, 1998, pág. 127)

#### b.PROBLEMAS EN CLIMAS FRIOS

Los problemas provienen de la congelación del concreto fresco, el agua de la mezcla se convertirá en hielo por consiguiente se produce el aumento del volumen total del concreto. Consecuentemente no quedara agua disponible para las reacciones químicas además estas deben mantenerse a su temperatura de reacción caso contrario, el fraguado y endurecimiento del concreto se retrasa; la expansión asociada con la formación de hielo causa una ruptura y pérdida irreparable de la resistencia. (Neville & Brooks, 1998, pág. 135)

“El aumento de volumen del agua a hielo es alrededor del 9%” de su masa debido a este fenómeno se rompe la estructura interna formada por la reacción química del cemento. Antes que haya alcanzado suficientes resistencias que puedan soportar tales esfuerzos.

Para prevenir estos daños y asegurar un funcionamiento adecuado del hormigón será necesario un conocimiento previo de los efectos de la temperatura en el fraguado de la masa.

### MEZCLADO

Se debe utilizar el equipo y métodos que sean capaces de mezclar eficazmente los materiales de concreto que tengan el mayor tamaño de agregado especificado, para producir mezclas uniformes con el menor revenimiento que sea práctico para el trabajo.

Para la operación de mezclado, el agua deberá ingresar antes que el cemento y los agregados y continuará fluyendo hasta que transcurra la cuarta parte del tiempo mezclado.

La medición del cemento, agua y agregados deberá ser en peso, la máxima tolerancia para la colocación del agua total, incluida el agua libre de los agregados, es según el ASTM C94 de + 3% Y en la relación agua cemento (a/c) de + 0.02.

Es preferible que el cemento se cargue junto con los otros agregados, pero debe entrar después de que aproximadamente el 10% del agregado haya entrado en la mezcladora. El material de una tanda no deberá comenzar a ingresar a la mezcladora antes de que la totalidad de la anterior haya sido descargada.

El cemento deberá ser mezclado en cantidades para empleo inmediato. El concreto cuyo fraguado ya se ha iniciado en la mezcladora no deberá ser remezclado ni utilizado.

### Tiempo de Mezclado

El tiempo de mezclado debe basarse en la capacidad de la mezcladora para producir un concreto uniforme, para tal fin se debe seguir las indicaciones del fabricante de la mezcladora, algunas especificaciones usuales son las de 1 minuto por yarda cúbica más 1/4 de minuto por cada yarda adicional de capacidad.

El tiempo de mezclado debe medirse a partir del momento en que todos los ingredientes estén dentro de la mezcladora.

### Temperatura de la Mezcla

Es importante que las temperaturas máximas y mínimas del concreto sean controladas. Los concretos mezclados, colocados y curados a elevadas temperaturas, normalmente desarrollan una resistencia inicial más alta que los producidos y curados a temperaturas normales, pero a los 28 días o después, la resistencia es, por lo general, más baja.

El agua tiene una gran influencia en las propiedades del concreto, por consiguiente, debe existir un cierto control en la temperatura del concreto ya que se ha visto que su cantidad está influenciada por el nivel de temperatura.

De todos los ingredientes del concreto, el agua de mezclado tiene el mayor efecto por unidad de peso en la temperatura del concreto, ya que tiene un calor específico que equivale a 4 ó 5 veces el del cemento o el del agregado y es más fácil controlar la temperatura del agua que la del resto de los componentes.

El uso de hielo como parte del agua de mezclado resulta altamente efectivo para reducir la temperatura del concreto ya que sólo con derretirse absorbe calor a razón de 80 cal/g. la cantidad de hielo añadida no debe exceder los requerimiento del agua total.

Se pueden utilizar las siguientes ecuaciones para el cálculo de las temperaturas del concreto recién mezclado.

$$\begin{aligned} \text{SIN HIELO } T &= 0.22 (T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_w a W_w a 0.22 (W_a + W_c) + W_w \\ &+ W_w a \text{ CON HIELO } T = 0.22(T_a W_a + T_c W_c) + (W_w - W_i)T_w + W_w a T_a - 79.6 W_i \cdot 0.22 \\ &(W_a + W_c) + W_w + W_i + W_w a 0.22 (W_a + W_c) + W_w + W_i - W_w a \end{aligned}$$

Donde:

T : Temperatura del concreto recién mezclado en grados  $^{\circ}\text{C}$ .

T<sub>a</sub>, T<sub>c</sub>, T<sub>w</sub> : Temperatura del agregado, del cemento y del agua de mezclado en  $^{\circ}\text{C}$ .

W<sub>a</sub>, W<sub>w</sub>, W<sub>w</sub>, W<sub>w</sub>a, W<sub>i</sub> : Peso del agregado, del cemento, del agua del mezclado, del agua libre en el agregado y del hielo en Kg.

Es conveniente también con fines de reducir la temperatura, mantener el agregado tan frío como sea posible por ejemplo manteniéndolo a la sombra o rociándolos de una manera pareja.

También se debe tener en cuenta la posibilidad de climas fríos, ya que debe esperarse un descenso de temperatura del concreto durante la entrega, el Instituto Sueco para Investigaciones del Cemento y el Concreto nos da las siguientes fórmulas que miden el descenso de la temperatura para un lapso de una hora de tiempo de entrega para:

Camiones de volteo cubiertos:  $T = 0.10 (tr - ta)$

Camiones de volteo abiertos:  $T = 0.20 (tr - ta)$

Mezcladora de tambor giratorio:  $T = 0.20 (tr - ta)$

T: Descenso de la temperatura (°C) este valor debe sumarse a tr, a fin de determinar la temperatura requerida para el concreto en planta.

tr: Temperatura requerida para el concreto en la obra, °C.

ta: Temperatura ambiente del aire, °C.

#### Retemplado

Podrá agregarse pequeñas cantidades de agua de retemplado para lograr el revenimiento deseado para compensar la pérdida de revenimiento como resultado de demoras en la entrega o en la colocación pero sin excederse en la relación agua-cemento del diseño.

#### Aditivo

Los aditivos químicos deberán ser incorporados a la mezcladora en forma de solución, empleando de preferencia, equipo dispersante mecánico. La solución deberá ser considerada como parte del agua del mezclado.

Cuando se use dos o más aditivos, estos deberán ser colocados separadamente.

La incorporación de los aditivos retardados deberá complementarse dentro de los

90 segundos de finalizada la adición del agua al cemento, o antes de comenzar los últimos tres cuartos del tiempo de mezclado requerido, cualquiera de las dos que ocurra primero.

### TRANSPORTE

El concreto puede ser transportado por diversos equipos y métodos, todos ellos deben prevenir la segregación y pérdida de materiales garantizando una adecuada calidad del concreto.

#### Mezclado y transporte en camiones de tambor giratorio

Algunas especificaciones limitan el tiempo de mezclado a un máximo de 1.5 horas a partir del momento en que el cemento haya entrado en el tambor y hasta que termine la descarga, otro método de especificación es no poner límites, mientras no se exceda el agua de mezclado especificada, no se agregue agua de retemplado o mientras el concreto conserve propiedades físicas plásticas satisfactorias, consistencia y homogeneidad para su colocación y consolidación, esta manera es preferida cuando el concreto tiene temperatura fresca o cuando no hace calor.

**CONCRETO MEZCLADO EN CAMION:** Cuando el tambor se está cargando, debe girarse a la velocidad designada por el fabricante y después de cargarse totalmente el camión debe mezclar los componentes empleando entre 70 y 100 revoluciones. El volumen absoluto total de todos los ingredientes no debe exceder el 63% de la capacidad del tambor.

**CONCRETO DOSIFICADO EN SECO:** Los materiales secos se transportan a la obra en el tambor y el agua de mezclado se lleva por separado. El agua se agrega a presión y el mezclado se completa con las usuales 70 y 100 revoluciones. En general se logran mayores tiempos de espera. Sin embargo, la humedad libre de los agregados provoca algo de hidratación en el cemento.

#### Transporte de concreto mezclado en planta

En este caso el camión sólo sirve como unidad agitadora de transporte. El tambor se gira a velocidad de carga durante la carga y luego se reduce a velocidad de agitación o se detiene después de completar la carga. El tiempo transcurrido para la descarga del concreto es igual al descrito en 2.1 y el volumen transportado puede aumentar hasta el 80% de la capacidad del tambor.

#### Otros métodos

Las fajas transportadoras deberán tener una pendiente que no origine segregación o pérdida del concreto. Durante el transporte el concreto deberá ser protegido contra el secado. Las canaletas de transporte deberán ser de metal y con una pendiente que no exceda la relación 1 vertical a 2 horizontal, ni sea menor de la relación 1 vertical a 3 horizontal. Cuando el transporte es por bombeo la pérdida de asentamiento del concreto no deberá exceder de 50mm.

#### Descarga

El concreto mezclado deberá ser adecuadamente descargado sobre los camiones de transporte o fajas transportadoras.

#### COLOCACION

Deberá preverse suficiente capacidad de colocación, mezclado y transporte, de manera que el concreto pueda mantenerse plástico y libre de juntas frías mientras se coloca. Debe colocarse en capas horizontales que no excedan de 50 cm de espesor. Para construcciones monolíticas, cada capa debe colocarse cuando la capa subyacente todavía responda a la vibración, y las capas deben ser lo suficientemente poco profundas como para permitir su unión entre sí, mediante una vibración apropiada.

Se deberá evitar la segregación del concreto durante la colocación del mismo.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestran las formas adecuadas de colocar el concreto bajo diferentes condiciones de las obras, así como también los errores más frecuentes que se cometen en algunas obras. Deberá

transcurrir cierto tiempo después del vaciado de columnas y muros esperándose al menos hasta que el concreto de ellos pase del estado plástico al sólido antes de vaciar los elementos horizontales que apoyan en ellos. (Feijoo, 2002, pág. 6)

### **2.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

#### **2.3.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

La importancia del análisis estadístico radica en la evaluación y análisis de los resultados obtenidos porque permite tener certeza de confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

Describimos también porque son de importancia la frecuencia, las medidas de tendencia central, de dispersión que se hallarán en los diversos análisis estadísticos: Rango de Datos (R), número de intervalos de clase (K), Tamaño de Intervalos de Clase (C), Media Aritmética ( $u$ ), Mediana ( $u_m$ ), Moda ( $u_o$ ), Varianza ( $\sigma^2$ ), Desviación Estándar ( ), Coeficiente de Variación (Cv), 1er Coeficiente de Pearson (As), 2do Coeficiente de Pearson (AS), Coeficiente de Curtosis o Agudeza (K), Conjuntamente con la gráfica de histograma de frecuencias y distribución normal.

#### **2.3.4.2. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**

Un conjunto de observación es más comprensible y adquiere un significado concreto cuando es presentado en una tabla de distribución de frecuencias siendo la estadística descriptiva la que ocupa de la recopilación presentación y descripción de datos

### 2.3.4.3. EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTROL

Los resultados que se obtienen están sujetos a variaciones, sin embargo para un número grande de datos existen medidas que indican la uniformidad de los resultados de los ensayos realizados.

Las medidas más comunes de tendencia central de un conjunto de datos es el promedio y las más comunes de grado de uniformidad son la desviación estándar y el coeficiente de variación.

### 2.3.4.4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR ( ).

Esta medida indica la dispersión de datos respecto al promedio.

La manera de hallar la desviación estándar depende del número de muestras que tenga en cuenta para la ejecución del control de calidad de la producción; así:

- Para un número de muestras menores de 30

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- Para un número de muestras mayores de 30

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$$

Dónde:

$x$  = Resistencia a la compresión de la muestra

$\bar{x}$  = Resistencia a la compresión promedio

$n$  = Número de muestras

La desviación estándar tiene las mismas unidades que los valores originales.

### 2.3.4.5. COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Se halla dividiendo la desviación estándar entre la resistencia promedio, es

adimensional.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación (v), se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 17: Grado de Control y su respectivo coeficiente de variación**

GRADO DE CONTROL	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (V)
ENSAYOS DE LABORATORIO	5%
EXCELENTE EN OBRA	10% a 12%
BUENO	15%
REGULAR	18%
INFERIOR	20%
MALO	25%

*Fuente: (Tomas Flavio, pág. 77)*

### 2.3.5. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluarlo con el parámetro del coeficiente de variación y desviación estándar, en función a la Tabla 18.

### 2.3.6. MEDICION DE LA FIABILIDAD

#### 2.3.6.1. ALFA DE CRONBACH

El alfa de Cronbach es un coeficiente que sirve para medir la confiabilidad de una escala de medida, a través de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica

La validez de un instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende calcular y la confiabilidad de la consistencia interna del instrumento se puede estimar con el alfa de Cronbach asume que los ítems. Cuanto más cerca se

encuentre el valor alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. La fiabilidad de la escala debe obtenerse siempre con los datos de cada muestra para garantizar la medida fiable del constructo en la muestra concreta de investigación como criterio general, George y Mallery (2003, p. 231) sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach.

**Tabla 18** Tabla de aceptabilidad para el Alfa de Cronbach

COEFICIENTE	ACEPTABILIDAD
Coeficiente Alfa	> 0.9 es excelente
	> 0.8 es bueno
	> 0.7 es aceptable
	> 0.6 es cuestionable
	> 0.5 es pobre
	< 0.5 es inaceptable.

Fuente: (2017), <http://www.uv.es/~friasnav/AlfaCronbach.pdf>

### 2.3.7. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN PEARSON

Es un índice estadístico que mide la relación lineal entre dos variables cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables:

$$r_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}}$$

$\bar{x}$ =media aritmética de los x

$\bar{y}$ =media aritmética de los y

$\sigma_x = \sqrt{\sum(x - \bar{x})^2}$ = desviación típica de la variable X

$\sigma_y = \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}$ = desviación típica de la variable Y

$\sigma_{xy} = \sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})$ = covarianza

El valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1, +1]:

Si  $r = 0$ , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica una independencia total entre las dos variables, es decir, que la variación de una de ellas puede influir en el valor que pueda tomar la otra. Pudiendo haber relaciones no lineales entre dos variables. Estas pueden calcularse con la razón de correlación.

Si  $r = 1$ , existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en idéntica proporción.

Si  $0 < r < 1$ , existe una correlación positiva

Si  $r = -1$ , existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en idéntica proporción.

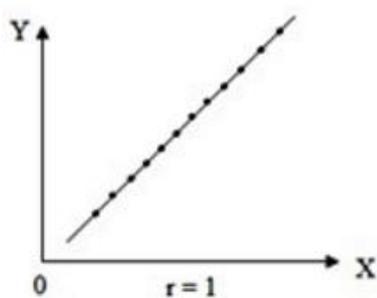
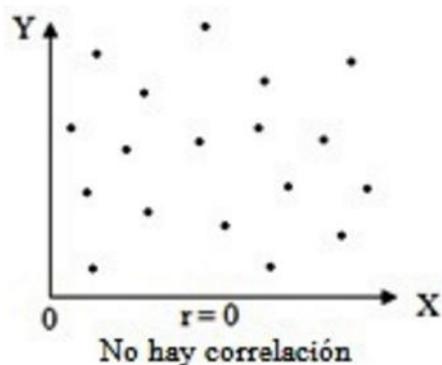
Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.

**Tabla 19: Escala de interpretación para el coeficiente de Karl Pearson**

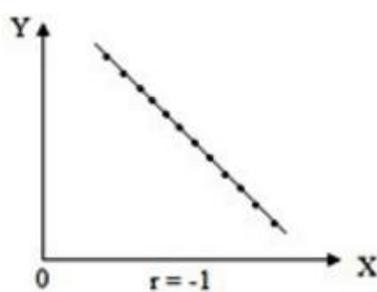
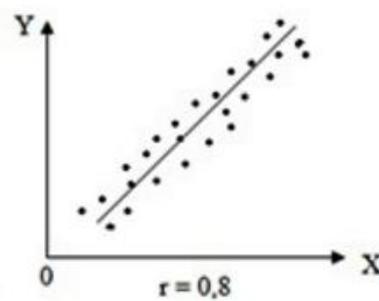
VALOR	SIGNIFICADO
$\pm 0.96 ; \pm 1.0$	Perfecta
$\pm 0.85 ; \pm 0.95$	Fuerte
$\pm 0.70 ; \pm 0.84$	Significativa
$\pm 0.50 ; \pm 0.69$	Moderada
$\pm 0.20 ; \pm 0.49$	Débil
$\pm 0.10 ; \pm 0.19$	Muy débil
$\pm 0.09 ; \pm 0.0$	Nula

**Fuente:** (2016), <http://www.monografias.com/trabajos85/coeficiente-correlacion-karl-pearson/coeficiente-correlacion-karl-pearson.shtml>.

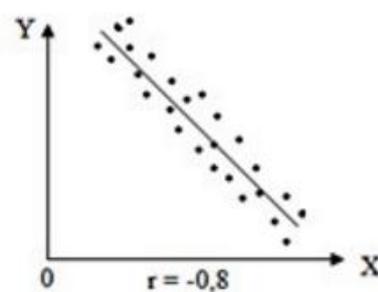
Ilustración 6.- nube de puntos dependencia estocástica.



Correlación Positiva



Correlación Negativa



*Fuente:* (2016), <http://www.monografias.com/trabajos85/coeficiente-correlacion-karl-pearson/coeficiente-correlacion-karl-pearson.shtml>.

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

#### 3.1. GENERALIDADES:

Al inicio del presente trabajo de investigación se comenzó por el estudio de las características de los agregados en el que se determinaron las propiedades siguiendo las recomendaciones establecidas por la NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP), y estas respaldadas por normas internacionales como ACI y ASTM.

#### 3.2. ENSAYO DE MATERIALES

##### 3.2.1. MUESTREO DE LOS AGREGADOS

Se realiza considerando la norma NTP 400.010 (extracción y preparación de las muestras) en concordancia a la norma ASTM D 75

Tabla 20: Medida de muestras

Tamaño máximo nominal del agregado <sup>A</sup>	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg <sup>B</sup>
Agregado fino	
2.36 mm	10
4.76 mm	10
Agregado grueso	
9.5 mm	10
12.5 mm	15
19.0 mm	25
25.0 mm	50
37.5 mm	75
50.00 mm	100
63.00 mm	125
75.00 mm	150
90.00 mm	175

<sup>A</sup> Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

<sup>B</sup> Para agregado global (por ejemplo base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10kg.

Se realiza la toma de muestra al azar, de la faja transportadora en un mínimo de 3 proporciones aproximadamente iguales, combinarlas para formar una sola muestra de campo cuya cantidad total iguale o exceda a la mínima recomendada en la Tabla 19. Esta cantidad deberá ser previsto para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material esta designado y obtener material suficiente para ejecutar los mismos.

El material deberá ser transportado en bolsas u otros contenedores herméticos ó acondicionados como para evitar pérdidas o contaminaciones

Estarán identificados con una tarjeta de campo en el que indique ubicación, lugar, fecha y hora y alguna característica observada, para luego ser agregado al reporte de campo en el parte de laboratorio y en el reporte del ensayo.

<p><b>Ilustración 7::</b> Cabanillas, Cantera de producción de agregados(piedra chancada huso 67)</p>	<p><b>Ilustración 8</b> Cuarteo de agregado para uniformizar proporciones</p>

### 3.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

a.Referencia Normativa

NTP 400.012, ASTM C 136

b.Método

Consiste en determinar la distribución de los agregado por volumen en el que se emplean una serie de tamices ordenados por abertura de mayor a menor y que una vez distribuidos se realizaran los registros de los pesos retenidos en cada tamiz en función a ello se realizará la gráfica en una tabla logarítmica para luego compararlos con el huso granulométrico al que corresponde y finalmente se determina el módulo de fineza.

c.Equipos

- Balanza, para el agregado fino con aproximación de 0.1 gr, y para el agregado grueso con aproximación de 0.5gr
- Tamiz, para el agregado fino serán: 3/8”, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200

- Para el agregado grueso serán: 3”, 1½”, ¾”, 3/8” y #4, se entiende que para ambos análisis se considera la tapa y la base.

- Recipiente o bandejas (2und.) capacidad 5.0 kg.

- Estufa ( cocina )

d.Procedimiento

**Tabla 21: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso**

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo Kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0(3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100(220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

**Fuente:** NTP 400.012

Agregado fino: Las muestras de agregado fino para este ensayo después de secadas al horno, deberán tener un mínimo de 300gr. (NTP 400.012)

Se pesa el agregado fino la muestra debe estar totalmente seca

Ordenar los tamices en orden decreciente (3/8”, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y base) se coloca el agregado por la parte superior, colocándolo luego la tapa para luego proceder con el tamizado.

Proceder con el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de el con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano.

e.Cálculos

Calcular el porcentaje que pasa, en cada uno de los tamices, aproximando al 0.1% de la masa seca inicial

Se calculará el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de cada uno de los tamices y dividirlo entre 100: 150  $\mu\text{m}$  (N° 100); 300  $\mu\text{m}$  (N° 50); 600  $\mu\text{m}$  (N° 30) 1.18mm (N° 16); 2.36mm (N° 8); 4.75mm (N° 4); 9.5mm (3/8”); 19.0mm (3/4”); 37.5mm (1 1/2”) y 3”.



<b>Ilustración 9:</b> Serie de tamices ordenados	<b>Ilustración 10</b> Análisis granulométrico por tamizado.
--	---

**Tabla 22: Análisis granulométrico del agregado fino.**

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN ASTM C 33
3/8”	0	0.0	0.0	100	100 – 100
#4	11.50	3.7	3.7	96.3	95 – 100
#8	36.20	11.7	15.4	84.6	80 – 100
#16	61.20	19.8	35.2	64.8	50 – 85
#30	74.50	24.1	59.3	40.7	25 – 60
#50	64.50	20.9	80.1	19.9	10 – 30
#100	36.20	11.7	91.9	8.1	2 – 10
#200	21.50	7.0	98.8	1.2	
<#200	3.70	1.2	100	0.0	

### CRUVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO

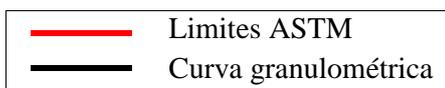
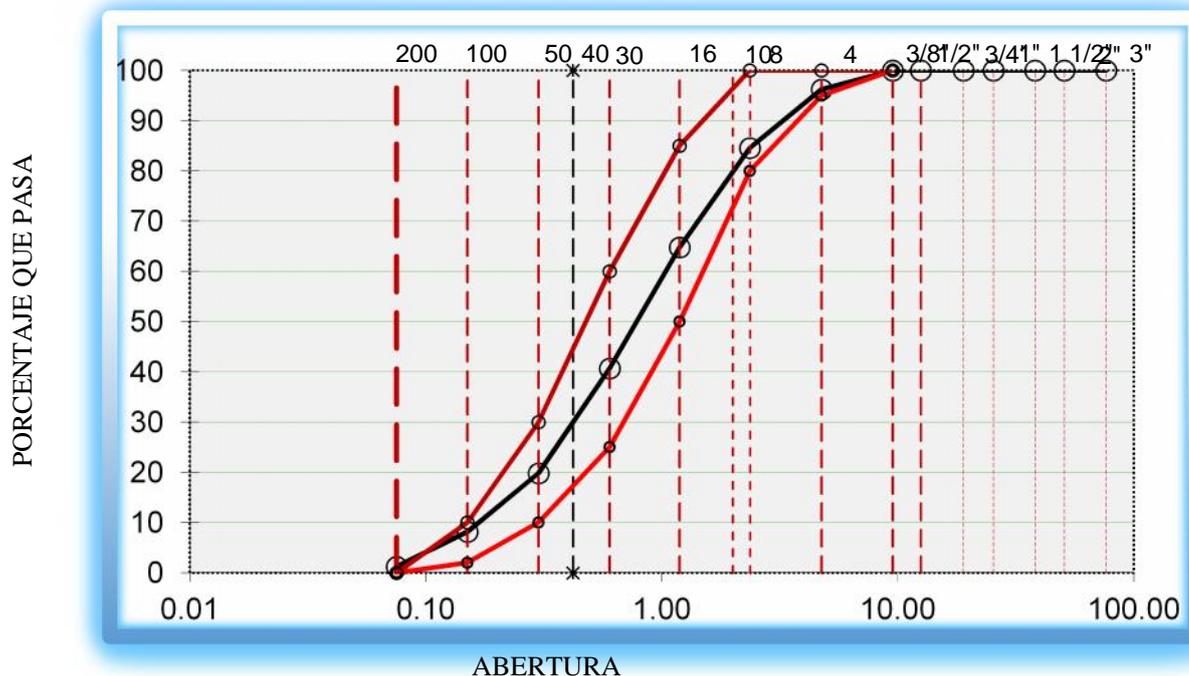
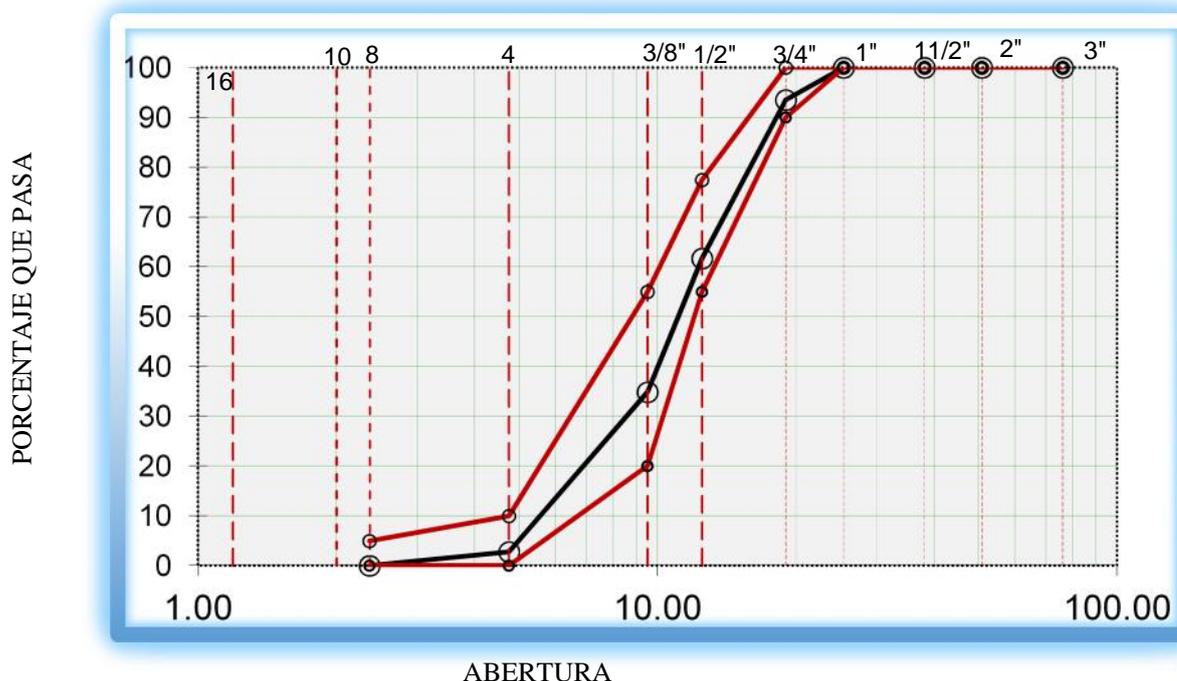


Tabla 23: Análisis granulométrico del agregado grueso.

TAMIZ	PESO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIÓN (HUSO 67)	
	RETEN	PARC.	ACUM.	PASA		
1"	0.0	0.0	0.0	100.0	100	- 100
3/4"	360.0	6.4	6.4	93.6	90	- 100
1/2"	1,790.0	31.9	38.3	61.7		
3/8"	1,504.0	26.8	65.1	34.9	20	- 55
# 4	1,803.0	32.1	97.2	2.8	0	- 10
# 8	156.0	2.8	100.0	0.0	0	- 5

### CRUVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO GRUESO



— Límites ASTM  
— Curva granulométrica

Tabla 24: Porcentaje retenido acumulado de ambos agregados para módulo de fineza.

TAMIZ	% RET ACUMULADO A.F.	% RET ACUMULADO A.G.
3"	0	0
1 1/2"	0	0
3/4"	0	6.4
3/8"	0	65.1
N°4	3.7	97.2
N°8	15.4	100
N°16	35.2	100
N°30	59.3	100
N°50	80.1	100
N°100	91.9	100

Se realiza la sumatoria de las mallas indicadas en el método, divididas entre 100



$$Mf = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 3.7 + 15.4 + 35.2 + 59.3 + 80.1 + 91.9}{100}$$

$$Mf = \frac{285.6}{100} \dots Mf = 2.86$$

Finalmente el módulo de fineza del agregado fino es:  $Mf = 2.86$



$$Mf = \frac{0 + 0 + 6.4 + 65.1 + 97.2 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$Mf = \frac{668.7}{100} \dots Mf = 6.69$$

El módulo de fineza del agregado grueso es:  $Mf = 6.69$

### 3.2.3. MATERIAL MÁS FINO QUE LA MALLA # 200

#### a.Referencia Normativa

NTP 400.018, ASTM C 117

#### b.Objeto

La norma técnica peruana establece el procedimiento para determinar la cantidad de materiales que pasan la malla #200, los mismos que son partículas de arcilla, limos y cualquier sustancia que este adherida a la arena y la piedra, siendo cuantificados por eliminación, para luego evaluar; si el agregado es adecuado o no, para la producción de concreto; sin embargo la norma nos brinda parámetros para las cantidades máximas y mínimas permisibles

#### c.Equipos

- Tamiz Normalizado de 1.18mm (N°16) y el de 75 μm ( N° 200)

- Bandeja para el lavado
- Balanza de precisión aproximado al 0.1% del peso
- Estufa para el secado de la muestra

## d.Procedimiento

**Tabla 25: Cantidad mínima de muestra para ensayo de malla N°200**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado	Cantidad Mínima, gr
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
9.5 mm (3/8 pulg)	1000
19 mm (3/4 pulg)	2500
37.5 mm (1 ½ pulg) o más grande	5000

**Fuente:** Norma Técnica Peruana NTP 400.018

- Realizar el cuarteo correspondiente y tomar una cantidad de acuerdo al Tamaño máximo nominal de la muestra según indica la Tabla 24
- Secar en el material y registrar el peso
- Colocar el material en la bandeja y adicionar agua. Agitar la muestra vigorosamente con el fin de separar todas las partículas finas que pasen por el tamiz N°200 verter el agua de lavado con los sólidos en suspensión sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior
  - Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar, y decantar como el primero. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado este clara.
  - Una vez que quede visualmente limpia secar el material y registrar el peso para luego determinar la diferencia de pesos.

**Tabla 26: Límites para sustancias perjudiciales en agregado fino para concreto**

Item	Porcentaje en Masa de la Muestra Total máx.
<b>Terrones de arcilla y partículas friables de arcilla</b>	3.0
<b>Material más fino que el tamiz 75-µm(N°200):</b>	
<b>Concreto sujeto a abrasión</b>	3.0 <sup>A</sup>
<b>Todo el otro concreto</b>	5.0 <sup>A</sup>
<b>Carbón y lignito:</b>	
<b>Donde la apariencia de la superficie del concreto es importante</b>	0.5
<b>Todo el otro concreto</b>	1.5

<sup>A</sup> En el caso de arena artificial, si el material más fino que el tamiz 75-µm(N°200) consiste de polvo de fractura, esencialmente libre de arcilla o esquisto, se permite incrementar estos límites a 5 y 7% respectivamente.

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 400.037

**Tabla 27: Parámetros para sustancias perjudiciales  
LÍMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES**

DESCRIPCIÓN	AGREGADO	AGREGADO
	FINO (%)	GRUESO (%)
<b>1. Lentes de arcilla y partículas desmenuzables</b>	3.0	2.0 a 10.0
<b>2. Material menor que la malla #200</b>	3.0 a 5.0	1.0
<b>3. Carbón lignito</b>	0.5 a 1.0	0.5 a 1.0
<b>4. Partículas ligeras</b>	---	3.0 a 8.0
<b>5. Suma de 1, 2 y 3</b>	---	3.0 10.0
<b>6. Abrasión</b>	---	50.0
<b>7. Desgaste con sulfato de Na</b>	10.0	12.0
<b>8. Desgaste con sulfato de Mg</b>	15.0	18.0

*Fuente:* American Society test metod ASTM

e.Cálculo:

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100$$

BANDEJA	N-03
<b>Peso de Bandeja</b>	373
<b>Peso de Bandeja + M. Seca Sin Lavar</b>	1807
<b>Peso de M. Seca Sin Lavar</b>	1434
<b>Peso de Bandeja + M. Seca Lavada</b>	1790
<b>Peso de M. Seca Lavada</b>	1417
<b>PORCENTAJE MALLA #200</b>	<b>1.19 %</b>

El material que pasa la malla # 200 del agregado fino es:



$$\%MALLA \#200 = \frac{(1434 - 1417)}{1434} * 100$$

$$\%MALLA \#200 = 1.19 \%$$

Finalmente el material que pasa la malla # 200 es: % Malla N° 200 = 1.19 %.

BANDEJA	N-02
<b>Peso de Bandeja</b>	189
<b>Peso de Bandeja + M. Seca Sin Lavar</b>	2735
<b>Peso de M. Seca Sin Lavar</b>	<b>2546</b>
<b>Peso de Bandeja + M. Seca Lavada</b>	2721
<b>Peso de M. Seca Lavada</b>	<b>2532</b>
<b>PORCENTAJE MALLA #200</b>	<b>0.55 %</b>

El material que pasa la malla # 200 del agregado grueso es:



$$\%MALLA \#200 = \frac{(2546 - 2532)}{2546} * 100$$

$$\%MALLA \#200 = 0.55 \%$$

Finalmente el material que pasa la malla # 200 es: % Malla N° 200 = 0.57 %.



**Ilustración 11:** Recipientes en el que se lavan los agregados.

**Ilustración 12:** Procedimiento de decantación del material

### 3.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

#### a.Referencia Normativa

NTP 400.021, en concordancia a la norma ASTM C 127

#### b.Objeto

El diseño de mezclas es el resultado de la distribución de proporciones por volúmenes absolutos de los componentes del concreto, el presente ensayo determina los pesos específicos para con ello determinar los volúmenes absolutos de los agregados.

#### c.Equipos

- Tamiz normalizado N° 4
- Depósito de agua
- Cesta con malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N° 6
- Horno
- Balanza con precisión de 0.5gr.
- Dispositivo que permita suspender la canastilla de la balanza, una vez sumergida

#### d.Procedimiento

- Se lava el agregado para eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; a continuación se seca en una cocina hasta un peso constante y se enfría al aire a temperatura ambiente. Una vez fría registrar el peso del material

- Se sumerge el agregado durante 24±4 horas

- Se saca la muestra del agua y se seca el agregado con un trapo (franela) absorbente, hasta eliminar el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores. A continuación, se determina el peso de la muestra en estado saturado superficialmente seca (SSS)

- Se coloca el agregado en la canastilla y se determina su peso sumergido en el agua, a la temperatura entre 21°C y 25°C

- Se seca la muestra en la cocina hasta un peso constante y luego se deja enfriar para luego registrar su peso seco del agregado

e.Cálculo

**Tabla 28: Peso específico y absorción de agregado grueso**

<b>I DATOS</b>		
<b>1</b>	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	2938.0
<b>2</b>	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR	3000.0 kg
<b>3</b>	PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SSS GR.	1868.0
<b>II RESULTADOS</b>		
<b>1</b>	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. GR/CM <sup>3</sup>	<b>2.60</b>
<b>2</b>	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS	<b>2.11</b>

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{A - C} = \frac{2938}{2938 - 1868} = 2.75$$

$$\text{Peso Específico de Masa S.S.S.} = \frac{A}{B - C} = \frac{2938}{3000 - 1868} = 2.6$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C} = \frac{2938}{3000 - 1868} = 2.6$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100(B - A)}{A} = \frac{100 * (3000 - 2938)}{2938} = 2.11$$

-grado de absorción del agregado grueso luego de una hora de sumergido

I DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	2939.5.0
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR	3000.0 kg
3	PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SSS GR.	1845.0 kg
II RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. GR/CM <sup>3</sup>	2.55
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS	2.06

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{A - C} = \frac{2939.5}{2939.5 - 1845} = 2.69$$

$$\text{Peso Específico de Masa S.S.S.} = \frac{A}{B - C} = \frac{2939.5}{3000 - 1845} = 2.55$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C} = \frac{2939.5}{3000 - 1845} = 2.55$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100(B - A)}{A} = \frac{100 * (3000 - 2939.5)}{2939.5} = 2.06$$

-grado de absorción del agregado grueso luego de dos horas de sumergido

I DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	2938.5
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR	3000.0
3	PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SSS GR.	1862.0 kg
II RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. GR/CM <sup>3</sup>	2.58
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS	2.09

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{A - C} = \frac{2938.5}{2938.5 - 1862} = 2.73$$

$$\text{Peso Específico de Masa S.S.S.} = \frac{A}{B - C} = \frac{2938.5}{3000 - 1862} = 2.58$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C} = \frac{2938.5}{3000 - 1862} = 2.58$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100(B - A)}{A} = \frac{100 * (3000 - 2938.5)}{2938.5} = 2.09$$

-grado de absorción del agregado grueso luego de 24 horas de sumergido

I DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO GR.	2938.0
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR	3000.0 kg
3	PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SSS GR.	1868.0
II RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS: P.E.S. GR/CM <sup>3</sup>	2.60
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS	2.11

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{A - C} = \frac{2938}{2938 - 1868} = 2.75$$

$$\text{Peso Específico de Masa S.S.S.} = \frac{A}{B - C} = \frac{2938}{3000 - 1868} = 2.6$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C} = \frac{2938}{3000 - 1868} = 2.6$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100(B - A)}{A} = \frac{100 * (3000 - 2938)}{2938} = 2.11$$

Cuadro resumen de datos obtenidos para determinar el grado de saturación:

0 hr.	1 hr	2 hr	15 hr	18 hr	20 hr	24 hr	72 hr
3000.0	2939.5	2938.5	2938.4	2938.3	2938.0	2938.0	2938.0
3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0
1830.0	1845.0	1862.0	1865.0	1866.0	1867.0	1868.0	1868.0
2.56	2.55	2.58	2.59	2.59	2.59	2.60	2.60
0.00	2.06	2.09	2.10	2.10	2.11	2.11	2.11

De la **Figura 1**, el grado de saturación *S* al 100 % es a las 20 hr. De sumergido:

$$\gamma_w = 0.99762, \quad \text{densidad del agua a } 23^\circ\text{C ( Ver en hoja Anexo)}$$

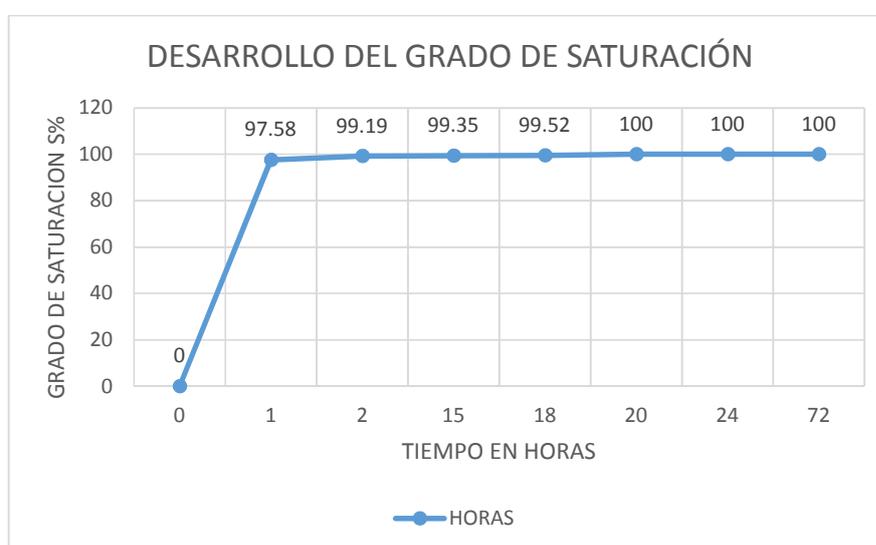
$$S = \frac{V_w}{V_v} * 100 \rightarrow V_v = V_w$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} \rightarrow V_w = \frac{W_m - W_s}{\gamma_w} = \frac{3000 - 2938}{0.99762} \Rightarrow V_w = 62.15$$

Cuadro Resumen Del Grado De Saturación Para Diferentes Tiempos:

HORAS	S%
0	0
1	97.58
2	99.19
15	99.35
18	99.52
20	100
24	100
72	100

Figura 1: Curva de desarrollo del grado de saturación



### 3.2.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

#### a.Referencia Normativa

NTP 400.022, en concordancia a la norma ASTM C 128

#### b.Objeto

Similar al caso que le precede en el resultado de la distribución de proporciones por volúmenes absolutos de los componentes del concreto, el presente ensayo determina los pesos específicos para con ello determinar los volúmenes absolutos de los agregados.

#### c.Equipos

- Balanza con sensibilidad de 0.1% del peso del agregado

- Frasco con una capacidad mín. de 500gr calibrado hasta 0.1cm<sup>3</sup> a 20°C (picnómetro)
- Molde cónico metálico de 40±3 mm de diámetro en la parte superior, 90 ±3mm de diámetro en la parte inferior, y 75±3 mm de altura
- Barra compactadora de metal de 340±15gr de peso con un extremo superficie plana circular de 25±3mm de diámetro
- Cocina y bandejas

#### d.Procedimiento

- Se coloca aproximadamente 1000gr. Del agregado fino, obtenido por cuarteo en una bandeja. Se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- En una bandeja, pasada el tiempo de reposo se coloca para realizar el secado con movimientos constantes para garantizar su uniformidad en el secado
- Se coloca el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra compactadora y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.

e.Cálculo



**Ilustración 13:** Procedimiento para obtener el peso saturado superficialmente seco.

**Ilustración 14:** Equipos para el ensayo de peso específico.

**Tabla 29: Peso específico y absorción de agregado fino**

I DATOS		
1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA+PESO DEL PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	1861.0 kg
2	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +PESO DEL PICNOMETRO	1118.0 kg
3	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (HASTA SU CAPACIDAD MAXIMA)	1564.0 kg
4	PESO DEL PICNOMETRO	618.0 kg
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO	481.0 kg
6	VOLUMEN DEL PICNOMETRO	970.0 ml
7	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	500.0
II RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS: P.E.S.	<b>2.37</b>
2	PESO ESPECIFICO APARENTE: P.E.A.	<b>2.61</b>
3	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS	<b>3.95</b>

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{B + A - C} = \frac{481}{1564 + 481 - 1861} = 2.61$$

$$\text{Peso Específico de Masa S.S.S.} = \frac{A}{B + S - C} = \frac{481}{1564 + 500 - 1861} = 2.37$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B + S - C} = \frac{481}{1564 + 500 - 1861} = 2.37$$

$$\% \text{ de Absorción del A. fino} = \frac{100(500 - A)}{A} = \frac{100(500 - 481)}{481} = 3.95$$

*Siendo:*

*A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos*

*B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos*

*C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos*

*S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos*

### **3.2.6. PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE VACIOS**

#### **a.Referencia Normativa**

NTP 400.017, en concordancia a la norma ASTM C 29

#### **b.Objeto**

Se realiza para determinar la relación masa/volumen para conversiones, de acuerdo con el comprado ya que no se conoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito

También para determinar el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado a partir del peso unitario

#### **c.Equipos**

- Balanza aproximada a 50gr.
- Barra compactadora, de acero liso de 16 mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 60 cm de long. Y punta semiesférica.
- Recipiente de medida para peso específico
- Pala de mano
- Equipo de calibración, una plancha de vidrio por lo menos 6mm de espesor y 25 mm mayor del diámetro del recipiente. (enrasador).

#### **d.Procedimiento**

Tabla 30: Capacidad de la medida

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA <sup>A</sup>	
mm	Pulgadas	L(m <sup>3</sup> )	P <sup>3</sup>
12.5	½	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0 (0.014)	½
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	70.0 (0.070)	20.0½
150.0	6	100.0 (0.100)	21.0½

**Fuente:** Norma Técnica Peruana NTP 400.017

<sup>A</sup>: la medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor

- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Se llena hasta las dos terceras partes y se compacta con 25 golpes como el anterior, finalmente se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina con la barra compactadora como regla.
- Se registra los pesos obtenidos para luego restarle el peso del recipiente.

e.Cálculo

**Tabla 31: Peso unitario del agregado fino**

PESO UNITARIO SUELTO			
MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE Kg.	4.94	4.94	4.94
PESO MOLDE + MUESTRA Kg.	19.16	19.22	19.21
PESO DE LA MUESTRA Kg.	14.22	14.28	14.27
VOLUMEN DEL MOLDE m3	0.009439	0.009439	0.009439
PESO UNITARIO KG/m3,	1506.524	1512.880	1511.821
PESO UNITARIO SECO KG/M3.	<b>1510</b>		

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen de recipiente}} = \frac{14.26}{0.009439} = 1510$$

PESO UNITARIO COMPACTADO			
MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE Kg.	4.94	4.94	4.94
PESO MOLDE + MUESTRA Kg.	20.28	20.32	20.36
PESO DE LA MUESTRA Kg.	15.34	15.38	15.42
VOLUMEN DEL MOLDE m3	0.009439	0.009439	0.009439
PESO UNITARIO KG/m3,	1625.181	1629.419	1633.656
PESO UNITARIO SECO KG/M3.	<b>1629</b>		

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen de recipiente}} = \frac{15.38}{0.009439} = 1629$$

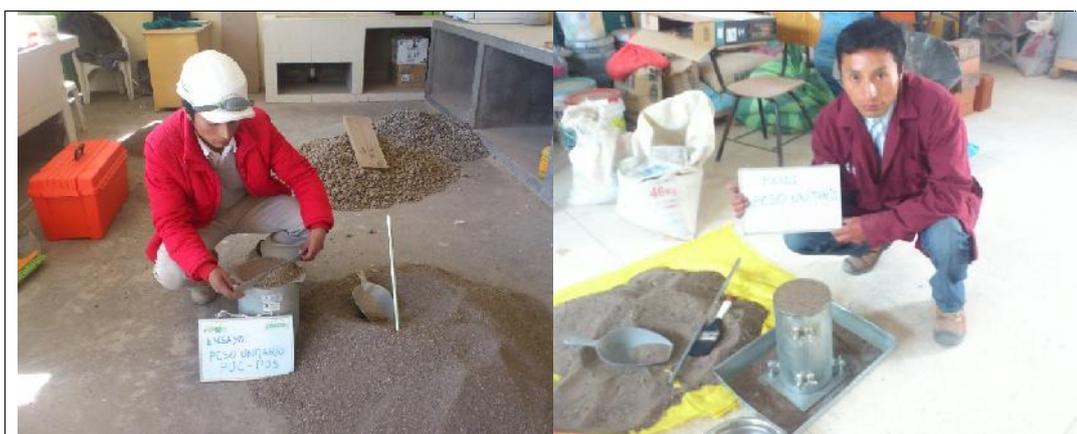
**Tabla 32: Peso unitario del agregado grueso**

PESO UNITARIO SUELTO			
MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE Kg.	4.94	4.94	4.94
PESO MOLDE + MUESTRA Kg.	16.88	16.74	16.96
PESO DE LA MUESTRA Kg.	11.94	11.80	12.02
VOLUMEN DEL MOLDE m3	0.009439	0.009439	0.009439
PESO UNITARIO KG/m3,	1264.971	1250.139	1273.447
PESO UNITARIO SECO KG/M3.	<b>1263</b>		

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen de recipiente}} = \frac{11.92}{0.009439} = 1263$$

PESO UNITARIO COMPACTADO			
MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE Kg.	4.94	4.94	4.94
PESO MOLDE + MUESTRA Kg.	18.72	18.76	18.76
PESO DE LA MUESTRA Kg.	13.78	13.82	13.82
VOLUMEN DEL MOLDE m3	0.009439	0.009439	0.009439
PESO UNITARIO KG/m3,	1459.908	1464.146	1464.146
PESO UNITARIO SECO KG/M3.	<b>1463</b>		

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen de recipiente}} = \frac{13.81}{0.009439} = 1463$$



**Ilustración 15:** obtención del peso unitario de los agregados.

**Ilustración 16:** peso unitario del agregado fino.

### 3.2.7. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

#### a.Referencia Normativa

NTP 339.185, en concordancia a la norma ASTM C 566

#### b.Objeto

El presente ensayo se realiza para las respectivas correcciones por humedad a los agregados para luego realizar el ajuste de la cantidad de agua del diseño de mezclas de concreto, el cual determinará el porcentaje de humedad por secado.

c. Equipos

- Bandejas
- Cocina u horno 110±5
- Badilejos
- Balanza con precisión de 1.0gr.

d. Procedimiento

**Tabla 33: Muestra de ensayo del agregado**

Tamaño nominal máximo mm(Pulg) <sup>A</sup>	Masa mínima de la muestra de ensayo kg <sup>B</sup>
<b>4.74 (0.187) (N°4)</b>	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
<b>19.0 (3/4)</b>	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 1/2)	6
50 (2)	8
63 (2 1/2)	10
75 (3)	13
90 (3 1/2)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

<sup>A</sup> Basado en tamices que cumplen con norma NTG 7001 (E 11)

<sup>B</sup> Determinar la masa mínima para agregado liviano, multiplicando el valor listado, por la masa unitaria suelta del agregado en kg/m<sup>3</sup> (determinada con el método de ensayo NTG 41010 h2 (C29/C29 M) y dividiendo por 1600.

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 339.185

- Realizar el muestreo de acuerdo a la norma NTP 400.010.
- La cantidad para determinar establece la Tabla 32.
- Registrar el peso en estado natural

- Colocar el material en la bandeja sobre la cocina para que este seque a una temperatura tal que no sea afectada la composición del agregado por el calentamiento, hasta peso constante.

- Dejar enfriar el material para luego pesar el material seco.

- Finalmente registrar el peso seco del material y proceder con la determinación del porcentaje de humedad

e. Cálculo:

**Tabla 34: Contenido de humedad para los tres diseños**

DESCRIPCIÓN	PESOS A. F.		PESOS A. G. (gr.)	
	(gr.)			
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA + BANDEJA</b>	970	948	3506	3476
<b>PESO DE BANDEJA</b>	358	373	358	373
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA</b>	<b>612</b>	<b>575</b>	<b>3148</b>	<b>3103</b>
<b>PESO DE MUESTRA SECA + BANDEJA</b>	936	916	3456	3426
<b>PESO DE MUESTRA SECA</b>	<b>578</b>	<b>543</b>	<b>3098</b>	<b>3053</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	5.88	5.89	1.61	1.64
	<b>5.89</b>		<b>1.63</b>	



$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(593.5 - 560.5)}{560.5} * 100 = 5.89\%$$

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(3125.5 - 3075.5)}{3075.5} * 100 = 1.63\%$$

DESCRIPCIÓN	PESOS A. F.		PESOS A. G. (gr.)	
	(gr.)			
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA + BANDEJA</b>	983	971	3480	3465
<b>PESO DE BANDEJA</b>	358	373	358	373
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA</b>	<b>625</b>	<b>598</b>	<b>3122</b>	<b>3092</b>
<b>PESO DE MUESTRA SECA + BANDEJA</b>	914	905	3409	3394
<b>PESO DE MUESTRA SECA</b>	<b>556</b>	<b>532</b>	<b>3051</b>	<b>3021</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	12.41	12.41	2.33	2.35
	<b>12.41</b>		<b>2.34</b>	

DISEÑO II  $\Rightarrow$   $Contenido\ de\ Humedad = \frac{(611.5 - 544)}{544} * 100 = 12.41\%$

$Contenido\ de\ Humedad = \frac{(3107 - 3036)}{3036} * 100 = 2.34\%$

DESCRIPCIÓN	PESOS A. F. (gr.)		PESOS A. G. (gr.)	
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA + BANDEJA</b>	996	933	3410	3442
<b>PESO DE BANDEJA</b>	358	373	358	373
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA</b>	<b>638</b>	<b>560</b>	<b>3052</b>	<b>3069</b>
<b>PESO DE MUESTRA SECA + BANDEJA</b>	938	882	3360	3391
<b>PESO DE MUESTRA SECA</b>	<b>580</b>	<b>509</b>	<b>3002</b>	<b>3018</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	10.00	10.02	1.67	1.69
	<b>10.01</b>		<b>1.68</b>	

DISEÑO III  $\Rightarrow$   $Contenido\ de\ Humedad = \frac{(599 - 544.5)}{544.5} * 100 = 10.01\%$

$Contenido\ de\ Humedad = \frac{(3060.5 - 3010)}{3010} * 100 = 1.68\%$



**Ilustración 17:** cocina y bandejas para el ensayo de contenido de humedad.



**Ilustración 18:** contenido de humedad de agregados.

### 3.3. DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de mezcla de concreto es el cálculo de proporciones sistemáticamente distribuidos determinando cantidades de los componentes de la mezcla de concreto,

existen para ello diversos métodos de diseños; sin embargo un buen diseño de mezcla no basta realizarlo utilizando los métodos de diseños, sino estas tendrán que estar respaldados con pruebas de laboratorio.

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. (Carbajal, 1999, pág. 171).

El diseño de mezclas de concreto normal está establecido por una secuencia de pasos, los mismos que se detallan a continuación haciendo uso de los datos y características del agregado.

**Tabla 35: Resumen de datos para el diseño**

MATERIALES	CANTERA Procedencia	P. Esp.	%ABS	MF	P.U.S.	P.U.C.	% Hum. D I	% Hum. D II	% Hum. D III
<b>Cemento Tipo 1P</b>	Yura S. A.	2850							
<b>Arena</b>	Coata	<b>2610</b>	<b>3.95</b>	<b>2.86</b>	<b>1510</b>	<b>1629</b>	<b>5.89</b>	<b>12.41</b>	<b>10.01</b>
<b>Piedra 3/4" Huso 67</b>	Cabanillas	<b>2600</b>	<b>2.11</b>	<b>6.69</b>	<b>1263</b>	<b>1463</b>	<b>1.63</b>	<b>2.34</b>	<b>1.68</b>
<b>Sikament 290N</b>	Sika	1180							
<b>Sikament 306</b>	Sika	1190							

PASO N° 1. Seleccionamos la resistencia promedio requerida, para ello se deberá tener en cuenta el coeficiente de variación del que va producir el concreto y la desviación estándar.

$$V = \sqrt{(V_1^2 + V_2^2)}$$

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

**Tabla 36:** Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c \leq 35$	$f'_{cr} = f'c + 1.34s$ $f'_{cr} = f'c + 2.33s - 35$
$f'c > 35$	$f'_{cr} = f'c + 1.34s$ $f'_{cr} = 0.90f'c + 2.33s$

Fuente: ACI 318. pág. 72

Sin embargo para el presente trabajo no se cuenta con una desviación estándar y para ello contamos con la siguiente tabla:

**Tabla 37:** Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
Menos de 210	$f'_{cr} = f'c + 85$
210 a 350	$f'_{cr} = f'c + 85$
Sobre 350	$1.1f'_{cr} = 1.1f'c + 85$

Fuente: ACI 318. pág 72



$$f'_{cr} = f'c + 85 = 210 + 83 = 295kg/cm^2$$

PASO N° 2. Seleccionamos el tamaño máximo nominal del agregado grueso, en función de las características del elemento y del sistema de colocación del concreto.

El tamaño máximo nominal elegido para el presente trabajo es el de 3/4" (huso 67), de acuerdo a la clasificación de la norma ASTM C33.

Se elige el tamaño máximo del agregado considerando los alcances del ACI 318. Pag. 46 en el que indica el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior

a:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a
- 1/3 de la altura de la losa, ni a
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales.

PASO N° 3. Elegir el asentamiento de la mezcla, el asentamiento elegido para la presente investigación es de consistencia fluida de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 38: Clases de concreto según su asentamiento**

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACIÓN
SECA	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
PLÁSTICA	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera y chuseado
<b>FLUIDA</b>	Mayor a 5"	Muy trabajable	Chuseado

*FUENTE:* Tecnología del concreto Flavio Abanto Castillo.

PASO N°4. Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen del concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire atrapado o incorporado en la mezcla, la siguiente tabla muestra las cantidades de agua para agregado granular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C 33.

**Tabla 39: Volumen unitario de agua**

SLUMP	Agua en lt/m3 de concreto para los tamaños máximos de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" - 7"</b>	243	228	216	202	190	178	160	---
sin aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

*Fuente:* Tabla confeccionada por el comité 211.1 del ACI.

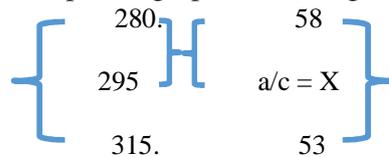
PASO N° 5. Determinar el porcentaje de aire atrapado en concretos normales o de aire total en concretos durables en el que se ha incorporado aire, mediante el empleo de un aditivo incorporador de aire, la Tabla 39, para cada tamaño máximo nominal indica los porcentajes de aire atrapados.

PASO N° 6. Seleccionar la relación agua cemento, esto en función a la resistencia promedio seleccionada: La resistencia seleccionada de acuerdo al paso N° 1 es: 295 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 40: Estimación de la relación agua cemento.**

f'cr (28 días)	Estimación de la relación agua-cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado.		
	3/8"	3/4"	1 1/2"
140	0.87	0.85	0.80
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.41

**Fuente:** Tabla confeccionada por un grupo de investigadores de la NRMCA.



Interpolamos los valores para el dato requerido:

$$\frac{315 - 280}{295 - 280} = \frac{0.53 - 0.58}{X - 0.58} \rightarrow \frac{-0.05}{35} = \frac{0.53 - 0.58}{X - 0.58}$$

Despejamos la variable X:

$$X = \frac{-0.05 * 15}{35} + 0.58 = 0.5586$$

Finalmente la relación agua cemento es:

$$X = a/c = 0.56$$

PASO N° 7. Determinar para el diseño el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua cemento seleccionada.

$$\frac{a}{C} = 0.56 = \frac{202}{C} \Rightarrow C = \frac{202}{0.56} = 360.7kg = 360.7kg = \frac{360.7}{42.5} BLS. = 8.49 BLS.$$

PASO N° 8. Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso.

En este paso se realiza el ensayo de máxima densidad, para garantizar el mínimo contenido de vacíos y un óptimo reacomodo de los agregados; para ello combinamos cantidades de agregado grueso y agregado fino en diferentes proporciones, compactamos y se halla una curva de máxima densidad con ello se determina el máximo peso unitario seco compactado como sigue:

**Tabla 41: Combinación de agregados**

N°	Arena	Piedra	Peso Compactado		P.U.C.
	%	%	Wm + Wr	Wr	
1	0.4	0.6	22.241	17.301	1832.9
			22.431	17.491	1853.1
			22.048	17.108	1812.5
			PROMEDIO =		1832.8
2	0.44	0.56	22.809	17.869	1893.1
			22.723	17.783	1884.0
			22.906	17.966	1903.4
			PROMEDIO =		1893.5
3	0.48	0.52	22.809	17.869	1893.1
			22.817	17.877	1894.0
			22.962	18.022	1909.3
			PROMEDIO =		1898.8
4	0.52	0.48	22.697	17.757	1881.2
			22.801	17.861	1892.3
			22.596	17.656	1870.5
			PROMEDIO =		1881.4
5	0.56	0.44	22.696	17.756	1881.1
			22.733	17.793	1885.1
			22.753	17.813	1887.2
			PROMEDIO =		1884.5
6	0.6	0.4	22.536	17.596	1864.2
			22.476	17.536	1857.8
			22.745	17.805	1886.3
			PROMEDIO =		1869.5

Tabla 42: Resumen del P.U.C. Máximo

N°	% A.	% P.	P.U.C.
1	40	60	1832.8
2	44	56	1893.5
3	48	52	1898.8
4	52	48	1881.4
5	56	44	1884.5
6	60	40	1869.5

Figura 2: Curva de máxima densidad compactada



Del ensayo realizado se obtiene el porcentaje en volumen del agregado fino el cual es:  
 % Agregado fino = 0.48 por lo tanto mediante una resta se obtiene el porcentaje de agregado grueso  $1 - 0.48 = 0.52$

PASO N° 9. Determinar el contenido de aire atrapado y contenido de cemento para una unidad de metro cubico.

El Volumen de aire es; Tabla 38:  $0.015m^3$ .

$$X = \frac{360.7kg}{2850kg/m^3} = 0.1266m^3$$

Se suman los volúmenes calculados hasta ahora:



Volumen de agua:0.2020m<sup>3</sup>

Volumen de cemento:0.1266m<sup>3</sup>

Volumen de aire:0.0150m<sup>3</sup>

Total:= 0.3436m<sup>3</sup>

Volumen total de agregados es como sigue: 1m<sup>3</sup>-0.3436m<sup>3</sup> = 0.6564m<sup>3</sup>

Volumen de agregado fino:0.48\*0.6564m<sup>3</sup> = 0.3151m<sup>3</sup>

Volumen de agregado grueso:0.52\*0.6564m<sup>3</sup> = 0.3413m<sup>3</sup>

PASO N° 10. Determinar las proporciones de la mezcla considerando a los agregados en estado seco

<i>Elemento</i>	<b>Volumen Absoluto m<sup>3</sup></b>	<b>Peso Específico en kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso en kg</b>
<i>Agua</i>	0.2020	1000	202
<i>Cemento</i>	0.1266	2850	360.7
<i>Piedra (seco)</i>	0.3413	2600	887.5
<i>Arena (seco)</i>	0.3151	2610	822.4
<i>Aire</i>	0.0150	-----	
<b>TOTALES</b>	<b>1.0000</b>		<b>2272.6</b>

PASO N° 11. Realizar las correcciones por humedad de acuerdo a los porcentajes de absorción y contenido de humedad de los agregados.

La piedra húmeda será: 887.5kg\*1.0163= 901.96kg

La arena húmeda será:822.4kg\*1.0589 = 870.82kg

Balance de agua en la piedra:0.0163-0.0211 = -0.0048

Balance de agua en la arena:0.0589-0.0395 = 0.0194

Contribución agua de piedra:887.5Lt.\*(-0.0048)= -4.26Lt.

Contribución agua de arena:822.4Lt.\*(0.0194)= 16.0Lt.



El agua neta es: 202Lt. -(-4.26Lt. +16.0Lt.) = 190.26Lt.

Finalmente las cantidades para 1m<sup>3</sup> son:

<b>Agua</b>	<b>190.26Lt.</b>
<b>Cemento</b>	361.0kg
<b>Piedra</b>	902.0kg
<b>Arena</b>	871.0kg
<b>TOTAL</b>	2324.26kg

PASO N° 12. Para el diseño II, con aditivos se trabajó con aditivo Sikament 290N como plastificante, a una dosis del 0.5% del peso del cemento que cumple con la norma NTP 339. 086 - ASTM C 494 Tipo D

PASO N° 13. Para el diseño III se trabajó con aditivo Sikament 306 como superplastificante, a una dosis de 1.5% del peso del cemento que cumple con la norma NTP 339. 086 - ASTM C 494 Tipo G

### **3.4. ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO**

#### **3.4.1. ELAVORACION DE CONCRETO FRESCO Y MUESTREO**

##### a.Referencia Normativa

NTP 339.036, en concordancia a la norma ASTM C 172

##### b.Objeto

El siguiente ensayo proporciona los requisitos de la práctica y los procedimientos para el muestreo del concreto recién mezclado de los diferentes contenedores utilizados en la producción o el transporte del concreto

##### c.Equipos

- Mezcladora
- Carretilla
- Pala, cucharon
- Balde

- Cronómetro

#### d.Procedimiento

- Se debe realizar la corrección por humedad y para ello determinar el contenido de humedad de los agregados
- Separar los componentes para luego ser añadidos a la mezcla
- Se deberán humedecer los equipos como la mezcladora, buguie, etc para el inicio del mezclado
- Se añadirá primero las  $\frac{3}{4}$  partes de los agregados con un 60% del agua de diseño, luego con el 20% añadir el aditivo a la mezcla del concreto debe ser mezclado 30seg. Para luego añadir el cemento al 100%, añadir luego el restante de los agregados y el agua restante mezclar durante unos 5 minutos
- Terminado este proceso colocar el concreto en un buguie, para proceder con los ensayos respectivos (Temperatura, slump (asentamiento), contenido de aire, peso unitario y finalmente elaboración de probetas, si la situación lo amerita realizar el ensayo de tiempo de fragua).

#### e.Cálculo



**Ilustración 19:** Pesar los materiales para realizar el diseño.



**Ilustración 20:** Verter los materiales a la mezcladora



**Ilustración 21:** Controlar el tiempo de mezclado y las revoluciones por minuto.

**Ilustración 22:** Realizar la toma de muestra para realizar los ensayos de control

**Tabla 43: Probetas elaboradas en la investigación para las edades de la tabla.**

DISEÑO 210 KG/CM2	TIEMPO DE MEZCLADO (hr.)	TIEMPO DE CURADO DE PROBETAS PARA EL ENSAYO A LA COMPRESIÓN (días)			
		3	7	14	28
DISEÑO I SIN ADITIVO	01:00	3	7	14	28
	02:00	3	7	14	28
	03:00	3	7	14	28
DISEÑO II CON ADITIVO PLASTIFICANTE*	01:00	3	7	14	28
	02:00	3	7	14	28
	03:00	3	7	14	28
DISEÑO III CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE*	01:00	3	7	14	28
	02:00	3	7	14	28
	03:00	3	7	14	28

\* Ver Ficha Técnica En Anexos

### 3.4.2. METÓDO DE PRUEBA PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO

a.Referencia Normativa

NTP 339.035, en concordancia a la norma ASTM C 143

b.Objeto

El presente ensayo se realiza con el propósito de determinar la consistencia, dato que está relacionado con la trabajabilidad y este dato es un factor también de la

trabajabilidad dicho procedimiento se detalla a continuación.

#### c. Equipos

- Barra compactadora de acero liso, 16mm de diámetro, 600mm de longitud con extremos semiesféricos
- Cinta métrica (flexómetro)
- Cucharon cap. 1 kg.
- Cono de abrams + base

#### d. Procedimiento

- Se coloca la base en una superficie plana.
- Se humedece el equipo del cono de abrams
- Se coloca los pies en ambos lados para que este quede fijado. Y se procede con el llenado del molde en tres capas de modo que cada capa corresponde aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde. Usando el cucharón, el concreto se coloca moviendo el cucharón alrededor del perímetro del molde, para asegurar la distribución del concreto con la mínima segregación
- Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa. Será necesario inclinar la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor, procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inferior.
- El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si por el resultado de la operación de varillado hubiere una deficiencia, se debe añadir la cantidad suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte

superior del molde en todo momento. Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde para evitar interferencias con el movimiento del concreto que se asienta. Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se levanta el molde una altura de 300 mm en  $5 \pm 2$ seg. Con movimiento ascendente firme, evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado del molde hasta su retiro se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 min.

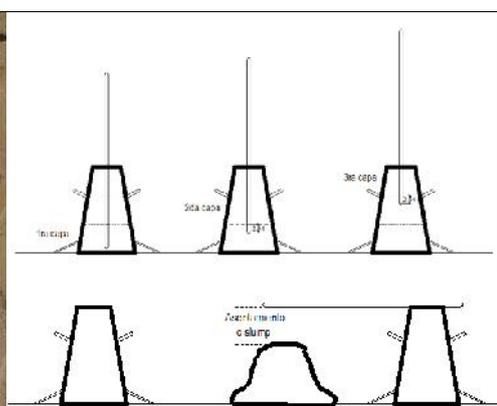
- Se mide inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado. En caso de que se presente una falla por corte, donde se aprecia una separación de una parte de la masa, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

e.Cálculo

El resultado será informado inmediatamente con una precisión de 0.25" (1/4")



**Ilustración 23:** Equipos para realizar el ensayo de asentamiento (cono de abrams)



**Ilustración 24:** Procedimiento para determinar el asentamiento.



**Ilustración 25:** se humedecen los equipos para realizar el ensayo.



**Ilustración 26** 14: en 3 capas de igual volumen se compacta con 25 golpes inclinando la varilla en la primera capa.

DISEÑO I: Variación del asentamiento de acuerdo al tiempo de mezclado en concreto normal en el diseño I se detalla a continuación:



**Ilustración 27 :** Variación del asentamiento: 13:20pm Slump = 8 ¼”, 14:00pm Slump = 7 1/2”, 15:00pm Slump = 6” y 16:00pm Slump = 4”.

Tabla 44: Resumen de asentamientos para el diseño I

	HORA DE CONTACTO DEL CEMETO CON EL AGUA	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO	ASENTAMIENTO (pulg.)
<b>DISEÑO I</b>	01:00 p.m.	01:20 p.m.	00:20	8 1/4"
		02:00 p.m.	01:00	7 1/2"
		03:00 p.m.	02:00	6 "
		04:00 p.m.	03:00	4 "

Ilustración 28: Curva de pérdida de asentamiento en el diseño I



DISEÑO II: Variación del asentamiento en el segundo diseño, de acuerdo al tiempo de mezclado en concreto normal.



Ilustración 29: Variación del asentamiento: 09:40am Slump = 8 1/4", 10:20am Slump = 6 1/2", 11:20am Slump = 4 1/4" y 12:20pm Slump = 1 1/4".

Tabla 45: Resumen de asentamientos del diseño II

	HORA DE CONTACTO DEL CEMETO CON EL AGUA	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO	ASENTAMIENTO
<b>DISEÑO II</b>	09:20 a.m.	09:40 a.m.	00:20	8 1/4"
		10:20 a.m.	01:00	6 1/2"
		11:20 a.m.	02:00	4 1/4"
		12:20 p.m.	03:00	1 1/4"

Ilustración 30: Curva de pérdida de asentamiento en el diseño II



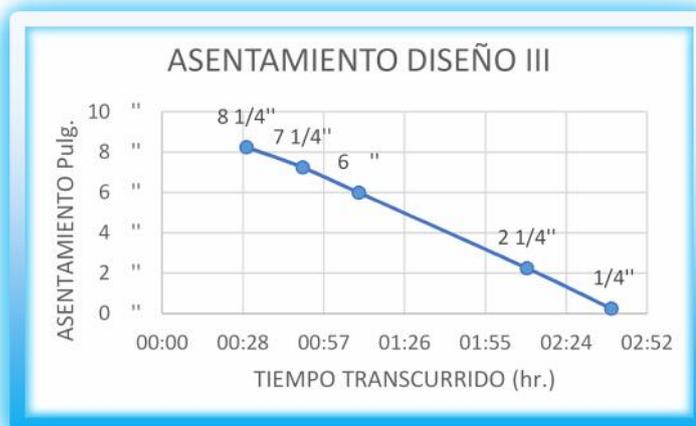
DISEÑO III: Se muestra la variación del asentamiento del tercer diseño, de acuerdo al tiempo de mezclado en concreto normal.



**Tabla 46:** Resumen de asentamientos del diseño III

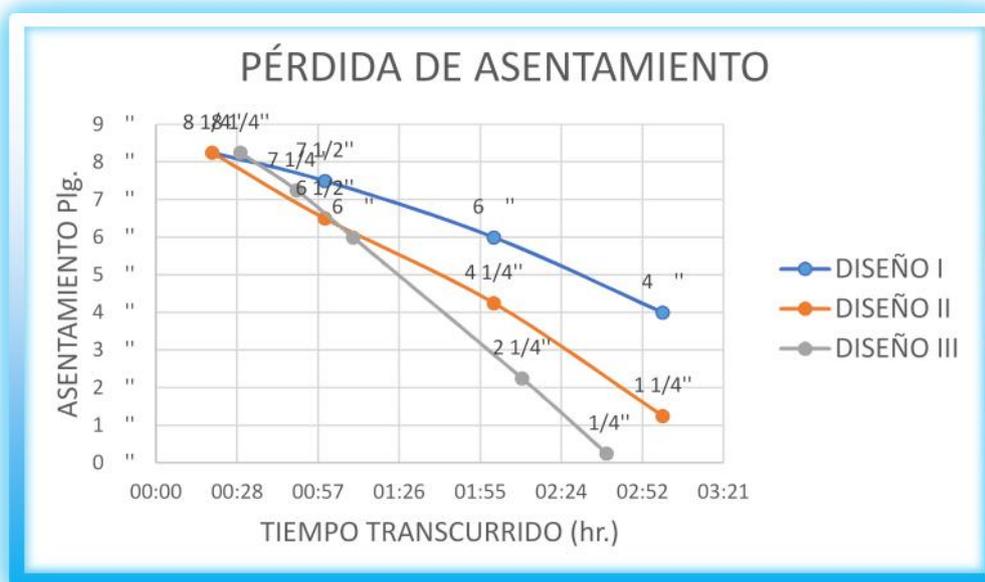
	HORA DE CONTACTO DEL CEMETO CON EL AGUA	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO	ASENTAMIENTO
		<b>DISEÑO III</b>	11:20 a.m.	11:50 a.m.
12:10 p.m.	00:50			7 1/4"
12:30 p.m.	01:10			6 "
01:30 p.m.	02:10			2 1/4"
02:00 p.m.	02:40			1/4"

Ilustración 32: Curva de pérdida de asentamiento del diseño III



Superponiendo gráficos de los tres diseños para un mejor análisis e interpretación.

Ilustración 33: Superposición de Curvas de Asentamiento



### 3.4.3. MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA ELABORACIÓN

#### Y CURADO DE MUESTRAS DE CONCRETO

a. Referencia Normativa

NTP 339.033, en concordancia a la norma ASTM C 31

## b.Objeto

- Se desarrolla el procedimiento para preparar y curar especímenes de forma cilíndrica, de muestras representativas de concreto fresco.

## c.Equipos

- Moldes cilíndricos, de dimensiones indicados en la
- Varilla de compactación (Tabla 46)
- Comba de goma de masa  $0.6 \pm 0.2$  kg
- Cucharon de 1kg de capacidad
- Equipo de asentamiento de acuerdo a la norma NTP 339.035
- Recipiente de muestreo (carretilla, buguie, etc) no absorbente con capacidad para re mezclar.

**Tabla 47: Requisitos de la barra compactadora**

Diámetro del cilindro o ancho de la viga, mm	Dimensiones de la Varilla <sup>A</sup>	
	Diámetro, mm	Longitud de la varilla, mm
< 150	10	300
150	16	500
225	16	650

<sup>A</sup> Tolerancia en la longitud,  $\pm 100$ mm. Tolerancia en el diámetro  $\pm 2$ mm.

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 339.033

**Tabla 48: Requisitos para moldeo de especímenes**

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de Igual altura	Número de golpes por capa
Cilindros: Diámetro, mm		
100	2	25
150	3	25
225	4	50
Vigas: ancho, mm		
150a 200	2	Véase 10.3
>200	3 ó más de igual altura, Sin exceder 150 mm	Véase 10.3

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 339.033

#### d. Procedimiento

- Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión, deben ser cilíndricos viciados en posición vertical, en donde la longitud será el doble del diámetro y el diámetro debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. Cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso exceda 50mm, la muestra de concreto se debe tamizar por vía húmeda a través del tamiz de 50mm.

- La muestra para ensayo de resistencia a la compresión deberá tener como mínimo 28L (1 pie<sup>3</sup>) para ensayos de rutina como asentamiento, contenido de aire, temperatura las cantidades pueden ser más pequeñas.

- El muestreo se debe realizar al momento que el concreto es entregado del vehículo, si las especificaciones indican otros puntos tales como el punto de descarga, del concreto bombeado.

- Seleccionar la varilla de compactación apropiada de acuerdo a la Tabla 47

- Colocar con el cucharón el concreto en los moldes, mientras se coloca el concreto en el molde, se mueve el cucharón alrededor del perímetro del molde para asegurar una distribución del concreto con la mínima segregación. Cada capa debe ser consolidada conforme se requiere en la Tabla 48. Al colocar la capa final, se debe adicionar una cantidad de concreto de manera de enrasar a tope con el borde superior de molde después de la consolidación.

- Registrar la identificación de la muestra de concreto con respecto a la localización del concreto que representa y la fecha y hora de preparación de los especímenes

#### e. Cálculo



**Ilustración 34:** Compactado en 3 capas de igual volumen.

**Ilustración 35:** la última capa se realiza un sobre llenado para el enrazado.

### 3.4.4. ENSAYOS DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE CONCRETO

#### FRESCO

##### a.Referencia Normativa

NTP 339.046, en concordancia a la norma ASTM C 138

##### b.Objeto

Se realiza el ensayo para determinar la densidad y el peso unitario y con ello poder hallar el rendimiento y comprobar con el empleo de materiales la correcta dosificación del diseño de mezclas

##### c.Equipos

- Balanza con 50gr. De precisión
- Varilla de compactación, 600mm de long. 16mm de diámetro con punta semiesférica de 16mm de diámetro
- Recipiente de medida, cilíndrico de acero u otro metal adecuado la capacidad del recipiente debe cumplir con lo establecido en la Tabla 48.
- Placa de alisado
- Comba de goma o de cuero con una masa de  $600 \pm 200$ gr. Para usar

recipientes de medición hasta 14 Lt. Ó más pequeños.

- Cucharon de capacidad máx. 1kg.

#### d.Procedimiento

- Colocar el concreto en el recipiente de medición con el cucharón, moviendo alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea, con segregación mínima llenar el recipiente por el método de consolidación en tres capas de aproximadamente igual volumen apisonar cada capa con 25 golpes

- Apisonar la capa del fondo a través de todo su espesor pero evitando que la barra compactadora golpee el recipiente. Distribuir uniformemente los golpes sobre la sección transversal del recipiente y para la segunda y tercera capa, la barra compactadora debe penetrar aproximadamente 25mm en la capa subyacente. Después que cada capa ha sido apisonada, golpear con el mazo los lados del recipiente 10 a 15 veces usando la fuerza apropiada para cerrar cualquier poro causada por la barra y eliminar las burbujas grandes de aire

- En la consolidación final el recipiente no debe contener un exceso de concreto sustancial o falta de concreto, el exceso debe ser aproximadamente 3mm sobre el borde superior del recipiente.

- Alisado, después de la consolidación, se debe alisar y terminar suavemente la superficie del concreto con la placa plana de alisado, se logra un mejor terminado de la superficie presionando la placa de alisado sobre los 2/3 de la superficie del concreto del borde superior del recipiente para cubrir y retirando la placa con un movimiento de sierra terminado, solo el área originalmente cubierta. Luego coloque la placa en la cima de la medida, cubrir el original dos terceras partes de la superficie y continuar con la presión

vertical y un movimiento serrado para cubrir la superficie entera de la medida y continuar avanzando hasta que resbale completamente fuera de la medida. Varios golpes finales con el borde inclinado del plato producirán una superficie acabada lisa.

- Limpiado y pesado, después del alisado de la superficie se limpia todo el concreto en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición para luego registrar el peso al pesarlo.

**Tabla 49: Capacidad de los recipientes de medición**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Capacidad del recipiente de medición <sup>A</sup>	
Pulg	Mm	Pie <sup>3</sup>	L
1	25,0	0,2	6
1 ½	37,5	0,4	11
2	50	0,5	14
3	75	1,0	28
22.0½	112	2,5	70
6	150	3,5	100

<sup>A</sup> Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar hormigón (concreto) que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeño que los listados. El volumen del recipiente será por lo menos 95% del volumen nominal listado.

**Fuente:** Norma Técnica Peruana NTP 339.046

e.Cálculo



**Ilustración 36:** llenado en 3 capas de igual volumen.

**Ilustración 37:** enrasado de la última capa.



**Ilustración 38:** se determina el peso del recipiente más el concreto para luego restar el peso del recipiente.



**Ilustración 39:** el registro del peso se realiza con el recipiente exteriormente limpio.



**Ilustración 40:** Rendimientos diseño III:

Variación del peso unitario del concreto normal de acuerdo al tiempo de mezclado.

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

DISEÑO I:

**Tabla 50: Rendimiento diseño I**

Descripción	Peso	Descripción	Peso
Hora	13:20pm	Hora	14:00 pm
(A) Peso de recipiente + muestra	19.42kg	(A) Peso de recipiente + muestra	19.4kg
(B) Peso de recipiente	3.36kg	(B) Peso de recipiente	3.36kg
(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.06kg	(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.04kg
(D) Volumen de recipiente	0.007079m3	(D) Volumen de recipiente	0.007079m3
(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2268.61kg/m3	(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2265.79kg/m3
(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	374.49kg	(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	374.49kg
Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.03	Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.03

Descripción	Peso	Descripción	Peso
Hora	15:00 pm	Hora	16:00 pm
(A) Peso de recipiente + muestra	19.34kg	(A) Peso de recipiente + muestra	19.28kg
(B) Peso de recipiente	3.36kg	(B) Peso de recipiente	3.36kg
(C) Peso de muestra= (A)-(B)	15.98kg	(C) Peso de muestra= (A)-(B)	15.92kg
(D) Volumen de recipiente	0.0070792m3	(D) Volumen de recipiente	0.0070792m3
(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2257.31kg/m3	(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2248.84kg/m3
(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	374.49kg	(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	374.49kg
Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04	Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04

DISEÑO II:

**Tabla 51: Rendimiento diseño II**

Descripción	Peso	Descripción	Peso
Hora	09:40 a.m.	Hora	10:20 a.m.
(A) Peso de recipiente + muestra	19.36kg	(A) Peso de recipiente + muestra	19.38kg
(B) Peso de recipiente	3.36kg	(B) Peso de recipiente	3.36kg
(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16kg	(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.02kg
(D) Volumen de recipiente	0.007079212m3	(D) Volumen de recipiente	0.00707921m3

(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2260.138558	(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2262.964kg/m3
(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	377.06	(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	377.06kg
Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04	Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04

Descripción	Peso	Descripción	Peso
Hora	11:20 a.m.	Hora	12:20 p.m.
(A) Peso de recipiente + muestra	19.39kg	(A) Peso de recipiente + muestra	19.4kg
(B) Peso de recipiente	3.36kg	(B) Peso de recipiente	3.36kg
(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.03kg	(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.04kg
(D) Volumen de recipiente	0.007079m3	(D) Volumen de recipiente	0.0070792m3
(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2264.376kg/m3	(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2265.789kg/m3
(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	377.06kg	(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	377.06kg
Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04	Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04

DISEÑO III:

Tabla 52: Rendimiento diseño III

Descripción	Peso	Descripción	Peso
Hora	12:10 p.m.	Hora	12:30 p.m.
(A) Peso de recipiente + muestra	19.6kg	(A) Peso de recipiente + muestra	19.54kg
(B) Peso de recipiente	3.36kg	(B) Peso de recipiente	3.36kg
(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.24kg	(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.18kg
(D) Volumen de recipiente	0.007079212m3	(D) Volumen de recipiente	0.0070792m3
(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2294.04064kg/m3	(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2285.565kg/m3
(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	381.1kg	(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m3	381.1kg
Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04	Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04

Descripción	Peso	Descripción	Peso
Hora	13:30 pm	Hora	14:30 pm
(A) Peso de recipiente + muestra	19.5kg	(A) Peso de recipiente + muestra	19.46kg
(B) Peso de recipiente	3.36kg	(B) Peso de recipiente	3.36kg
(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.14kg	(C) Peso de muestra= (A)-(B)	16.1kg

(D) Volumen de recipiente	0.007079212m <sup>3</sup>	(D) Volumen de recipiente	0.0070792m <sup>3</sup>
(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2279.91477kg/m <sup>3</sup>	(E) Peso Unitario= (C)/(D)	2274.264kg/m <sup>3</sup>
(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m <sup>3</sup>	381.1kg	(F) Peso utilizado en el diseño para 0.16m <sup>3</sup>	381.1kg
Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.04	Rendimiento = (F)/((E)*0.16)	1.05

### 3.4.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN

#### a.Referencia Normativa

NTP 339.080, en concordancia a la norma ASTM C 231

#### b.Objeto

Se realiza el ensayo para determinar el contenido de aire total. Quiere decir aire atrapado y aire incorporado para diferentes tipos de exposición del concreto considerando que por cada 1% de aire adicional en el concreto existe una disminución en la resistencia en un promedio del 5% Por ello es que necesitamos tener controlado la cantidad de aire total en el concreto.

#### c.Equipos

- Olla Washington
- Vaso de calibración
- Tubo rociador
- Plancha
- Varilla de compactación
- Mazo de goma
- Barra de enrase
- Pipeta de agua
- Cucharon de 1kg de capacidad

#### d.Procedimiento

- Se obtiene una muestra de acuerdo a la norma NTP 339.036
- Se humedece el interior del recipiente de medida se coloca sobre una superficie plana, nivelada y firme.
- Con el uso del cucharón se coloca el concreto en el recipiente de medida, en capas iguales. Mientras se coloca el concreto en el recipiente, mover el cucharón alrededor del perímetro del recipiente abierto, para asegurar una distribución uniforme del concreto con una segregación mínima. Se compacta cada capa mediante el procedimiento de apisonamiento. Posteriormente se enrasa la última capa compactada.
- Apisonado, se coloca el concreto en la Olla Washington en tres capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa 25 veces de manera uniforme por encima de sección transversal con el extremo redondeado de la varilla. Apisonar la capa de fondo en toda su profundidad. Al apisonar cada capa. Tener cuidado de no dañar el fondo del recipiente de medición. Para cada capa, permitir que la varilla penetre a través de la capa que está siendo apisonada y en la capa que está debajo aproximadamente 1 pulg. Luego de apisonar cada capa, se golpean vigorosamente los lados del molde con el mazo de goma, de 10 a 15 veces, para cerrar cualquier vacío dejado por la varilla de apisonado y para sacar las burbujas de aire más grandes que pudieron quedar atrapadas.
- Después de compactar el concreto se enrasa en la superficie superior deslizando la barra de enrase a lo largo del borde del recipiente de medida con un movimiento de vaivén hasta que el tope del recipiente este justo a nivel. Con la terminación de la compactación en el recipiente no debe haber grandes

excesos o deficiencias de concreto una pérdida de 3mm en el enrase se considera óptima. Cuando se emplee una lámina, el concreto se enrasa con lo prescribe la norma NTP 339.046

- Se limpia completamente los bordes del recipiente y de la cubierta ensamblada. De tal manera que cuando se ajuste la tapa, se obtenga un sello hermético, se ensambla el equipo. Se cierra la válvula principal de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medida y se abren los dos grifos de la cubierta. Usando una pera de caucho, se inyecta agua por un grifo hasta que este salga por el otro grifo. El medidor de aire se somete a vibración suave, hasta que todo el aire sea expedido por este mismo grifo

- Se golpean vigorosamente los lados del recipiente los lados del recipiente de medida con el mazo. Para quitar las restricciones locales. Se golpea suavemente el manómetro con la mano, para estabilizar la manecilla. El porcentaje de aire se lee en la carátula del manómetro. Descargar la válvula principal de aire. Si se cierra la válvula principal de aire antes de liberar la presión tanto del contenedor como de la cámara de aire, conllevará a que penetre agua a la cámara de aire introduciendo así error en las siguientes mediciones.

#### e.Cálculo



**Ilustración 41:** se compacta en 3 capas de igual volumen con 25 golpes.

**Ilustración 42:** se golpea los costados de 10 a 15 veces por capa.



**Ilustración 43:** se realiza la limpieza del borde superior para garantizar el hermetismo.

**Ilustración 44:** se procede a cerrar y presionar los seguros por lados opuestos.



**Ilustración 45:** llenar con agua por las válvulas de paso y cerrarlas, se bombea aire hasta que el indicador este en el punto de inicio.

**Ilustración 46:** se presiona la válvula principal de aire.

DISEÑO I: La variación de del contenido de aire de acuerdo al tiempo de mezclado del concreto normal de detalla a continuación:



**Ilustración 47:** Contenido de aire: 13:30pm 0.6%, 14:00pm 0.8%, 15:00pm 1.1% y 16:00pm 1.4%.

DISEÑO II: La variación del contenido de aire en el segundo diseño de acuerdo al tiempo de mezclado con aditivo se detalla a continuación:



**Ilustración 48:** Contenido de aire: 09:40am 0.7%, 10:20am 1.0%, 11:20am 1.5%, y 12:20pm 1.8%

DISEÑO III: La variación de del contenido de aire en el tercer diseño de acuerdo al tiempo de mezclado del concreto normal de detalla a continuación:



**Ilustración 49:** Contenido de aire: 12:10pm 1.2%, 12:30pm 1.5%, 13:30pm 1.9% y 14:30pm 2.3%

### 3.4.6. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO

#### a.Referencia Normativa

NTP 339.184, en concordancia a la norma ASTM C 1064

#### b.Objeto

Se realiza el ensayo para determinar la temperatura del concreto durante la producción, con el que se tendrá controlado ya que un exceso podría ocasionar fallas en la estructura interna y en un déficit las partículas de cemento no realizarían su reacción química, la norma proporciona parámetros máximos y mínimos permisibles.

#### c.Equipos

- Termómetro digital con precisión de 0.1°C
- Recipiente no absorbente (buguie)

#### d.Procedimiento

- Colocar el concreto en un recipiente en el que se pueda homogenizar de acuerdo al método de muestreo ntp 339.036, recubrir con concreto el vástago del termómetro con una cantidad mínima de 3”

- Dejar el termómetro dentro de la mezcla por un tiempo de 2 min. o hasta que la lectura se estabilice.

- Registre el dato dentro de los 5min. luego de haber obtenido la muestra con una aproximación de 0.5°C

e. Cálculo:

La lectura se realiza directamente del termómetro al mismo tiempo que se registra la temperatura del medio ambiente.



**Ilustración 50:** Termómetro rodeado con 3” de concreto como mín.



**Ilustración 51:** durante 2min. O hasta que se estabilice la lectura.

**Tabla 53: Cuadro de registro de temperaturas**

	TIEMPO	TEMP. DEL	TEMP.	HUMEDAD
	TRANSCURRIDO	CONCRETO. (°C)	AMB. (°C)	REL. (%)
<b>DISEÑO I</b>	00:20	19.9	21.0	37
	01:00	20.9	19.4	39
	02:00	23.9	17.3	46
	03:00	18.4	15.5	61
<b>DISEÑO II</b>	00:20	18.1	23.7	34
	01:00	18.4	18.5	40
	02:00	21.9	17.1	50

	03:00	25.9	16.3	51
<b>DISEÑO III</b>	00:30	22.1	16.8	49
	00:50	23.2	17.1	48
	01:10	24.1	17.2	47
	02:10	25.8	17.5	46
	03:00	24.2	17.7	44

### 3.5. ENAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

#### 3.5.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO

##### a.Referencia Normativa

NTP 339.034, en concordancia a la norma ASTM C 39

##### b.Objeto

La presente norma describe el procedimiento para determinar la resistencia del concreto en estado endurecido mediante la cual se podrá determinar la calidad del concreto, para situaciones de control y/o de conformidad

##### c.Equipos

- Máquina de ensayo, capaz de proveer velocidad de carga de  $0.25 \pm 0.05$

MPa/s

- Platos retenedores
- Almohadillas de neopreno
- Vernier o pie de rey

##### d.Procedimiento

- Después del curado húmedo de los cilindros estos serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue.

**Tabla 54: Tolerancias permisibles para la edad de ensayo**

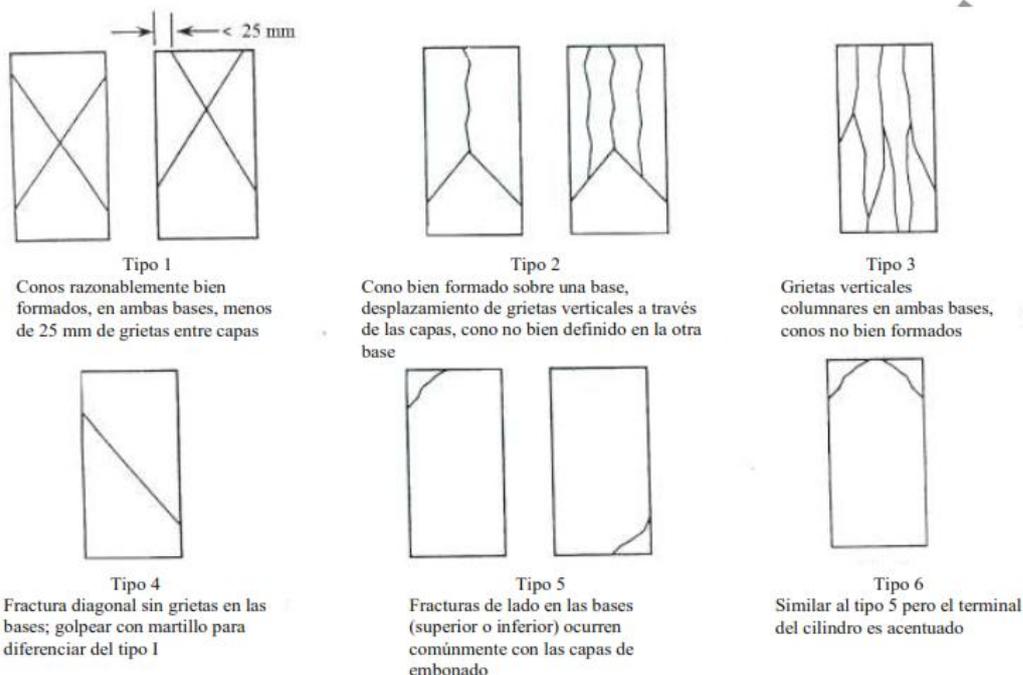
<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
<b>24 h</b>	$\pm 0.5$ h ó 2.1 %
<b>3 d</b>	$\pm 2$ h ó 2.8 %
<b>7 d</b>	$\pm 6$ h ó 3.6 %
<b>28 d</b>	$\pm 20$ h ó 3.0 %
<b>90 d</b>	$\pm 48$ h ó 2.2 %

*Fuente:* Norma Técnica Peruana NTP 339.034

- Registrar los datos de la probeta como Fecha de elaboración, Fecha de ensayo, edad en días, diámetro en cm con aproximación a 0.01cm,
- Colocación, Limpiar las caras de los retenedores y las caras de las probetas de ensayo, colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal, cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado
- Verificación del cero y asiento del bloque, antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero
- Verificar la velocidad de esfuerzo que el equipo aplicará sobre la probeta que será de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s
- Durante la aplicación de la 1ra. Mitad de la fase de la carga anticipada, una alta carga será permitida
- No hacer ajustes de la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada
- Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo anotar el tipo de falla de las probetas esquematizar y describir brevemente el patrón de fractura. Si la resistencia medida es menor a lo esperada examinar la fractura del concreto y anotar la presencia de segregación, si las fracturas

pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso.

**Figura 3: Esquema de los patrones de tipos de fracturas**



**Fuente:** Norma Técnica Peruana NTP 339.034

e.Cálculo

El equipo deberá estar calibrado no más de un año de antigüedad, pero no debe exceder de 13 meses.

Resistencia a la compresión del diseño I, para un tiempo de mezcla de 1,2 y 3 horas, con un tiempo de curado de 4, 7, 14 y 28 días.

Tabla 55: resistencia a la compresión Diseño I

CODIGO	SLUMP	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm2)	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)	%	PROME DIO
TIEMPO DE MEZCLADO 5 min							
DI-5M / 1-01	8 1/2"	20902	15.29	183.69	113.8 kg/cm2	54.2%	53.6%
DI-5M / 1-01	8 1/2"	20354	15.26	182.89	111.3kg/cm2	53.0%	
TIEMPO DE MEZCLADO 10 min							
DI-10M / 1-01	8 1/4"	22644	14.90	174.29	130.1 kg/cm2	61.9%	60.3%
DI-10M / 1-01	8 1/4"	21861	15.02	177.19	123.4 kg/cm2	58.8%	
TIEMPO DE MEZCLADO 30 min							
DI-30M / 1-01	8"	24042	15.20	181.54	132.5 kg/cm2	63.1%	63.8%
DI-30M / 1-01	8"	24948	15.32	184.25	135.4 kg/cm2	64.5%	
TIEMPO DE MEZCLADO 1 HORA							
DI-1H / 24-12	7 1/2"	13386	14.93	175.07	76.5 kg/cm2	36%	37%
DI-1H / 24-12	7 1/2"	13648	15.015	177.07	77.1 kg/cm2	37%	
DI-1H / 24-12	7 1/2"	17696	14.97	176.01	100.5 kg/cm2	48%	47%
DI-1H / 24-12	7 1/2"	17358	15.075	178.49	97.3 kg/cm2	46%	
DI-1H / 24-12	7 1/2"	19619	16.005	201.19	97.5 kg/cm2	46%	52%
DI-1H / 24-12	7 1/2"	21178	14.995	176.60	119.9 kg/cm2	57%	
DI-1H / 24-12	7 1/2"	25583	15.05	177.89	143.8 kg/cm2	68%	70%
DI-1H / 24-12	7 1/2"	25766	14.875	173.78	148.3 kg/cm2	71%	
TIEMPO DE MEZCLADO 2 HORAS							
DI-2H / 24-12	6"	14889	14.88	173.90	85.6 kg/cm2	41%	41%
DI-2H / 24-12	6"	15568	15.065	178.25	87.3 kg/cm2	42%	
DI-2H / 24-12	6"	20965	14.995	176.60	118.7 kg/cm2	57%	55%
DI-2H / 24-12	6"	20875	15.29	183.61	113.7 kg/cm2	54%	
DI-2H / 24-12	6"	21786	14.935	175.19	124.4 kg/cm2	59%	62%
DI-2H / 24-12	6"	24063	15.045	177.78	135.4 kg/cm2	64%	
DI-2H / 24-12	6"	32416	15.035	177.54	182.6 kg/cm2	87%	86%
DI-2H / 24-12	6"	31634	15.075	178.49	177.2 kg/cm2	84%	
TIEMPO DE MEZCLADO 3 HORAS							
DI-3H / 24-12	4"	17758	15.12	179.55	98.9 kg/cm2	47%	46%

DI-3H / 24-12	4"	16494	14.94	175.30	94.1 kg/cm <sup>2</sup>	45%	
DI-3H / 24-12	4"	22964	15.11	179.32	128.1 kg/cm <sup>2</sup>	61%	62%
DI-3H / 24-12	4"	23299	15.02	177.19	131.5 kg/cm <sup>2</sup>	63%	
DI-3H / 24-12	4"	25680	15.035	177.54	144.6 kg/cm <sup>2</sup>	69%	71%
DI-3H / 24-12	4"	26980	15.025	177.30	152.2 kg/cm <sup>2</sup>	72%	
DI-3H / 24-12	4"	36855	15.31	184.09	200.2 kg/cm <sup>2</sup>	95%	98%
DI-3H / 24-12	4"	37356	15.07	178.37	209.4 kg/cm <sup>2</sup>	100%	

Resistencia a la compresión del diseño II, para un tiempo de mezcla de 1,2 y 3 horas, y un tiempo de curado de 4, 7, 14 y 28 días.

**Tabla 56: Resistencia a la compresión Diseño II**

CODIGO	SLUMP	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	%	PRO MEDIO
TIEMPO DE MEZCLADO 1 HORA							
DII-1H / 26-12	6 1/2"	21642	14.95	175.54	123.3 kg/cm <sup>2</sup>	59%	60%
DII-1H / 26-12	6 1/2"	22473	15.015	177.07	126.9 kg/cm <sup>2</sup>	60%	
DII-1H / 26-12	6 1/2"	26407	15	176.71	149.4 kg/cm <sup>2</sup>	71%	72%
DII-1H / 26-12	6 1/2"	26952	15.015	177.07	152.2 kg/cm <sup>2</sup>	72%	
DII-1H / 26-12	6 1/2"	30774	14.84	172.96	177.9 kg/cm <sup>2</sup>	85%	83%
DII-1H / 26-12	6 1/2"	29656	14.935	175.19	169.3 kg/cm <sup>2</sup>	81%	
DII-1H / 26-12	6 1/2"	34923	15.01	176.95	197.4 kg/cm <sup>2</sup>	94%	98%
DII-1H / 26-12	6 1/2"	37819	15.015	177.07	213.6 kg/cm <sup>2</sup>	102%	
TIEMPO DE MEZCLADO 2 HORAS							
DII-2H / 26-12	4 1/4"	23672	14.955	175.66	134.8 kg/cm <sup>2</sup>	64%	62%
DII-2H / 26-12	4 1/4"	22585	15.005	176.83	127.7 kg/cm <sup>2</sup>	61%	
DII-2H / 26-12	4 1/4"	28451	15.19	181.22	157.0 kg/cm <sup>2</sup>	75%	75%
DII-2H / 26-12	4 1/4"	27741	15.05	177.89	155.9 kg/cm <sup>2</sup>	74%	
DII-2H / 26-12	4 1/4"	30924	15.085	178.72	173.0 kg/cm <sup>2</sup>	82%	85%
DII-2H / 26-12	4 1/4"	32280	14.99	176.48	182.9 kg/cm <sup>2</sup>	87%	
DII-2H / 26-12	4 1/4"	40173	15.04	177.66	226.1 kg/cm <sup>2</sup>	108%	109%
DII-2H / 26-12	4 1/4"	40272	14.905	174.48	230.8 kg/cm <sup>2</sup>	110%	
TIEMPO DE MEZCLADO 3 HORAS							

DII-3H / 26-12	1 1/4"	23758	14.92	174.83	135.9 kg/cm2	65%	66%
DII-3H / 26-12	1 1/4"	25498	15.135	179.91	141.7 kg/cm2	67%	
DII-3H / 26-12	1 1/4"	29179	15.04	177.66	164.2 kg/cm2	78%	75%
DII-3H / 26-12	1 1/4"	27625	15.23	182.18	151.6 kg/cm2	72%	
DII-3H / 26-12	1 1/4"	32450	15	176.71	183.6 kg/cm2	87%	86%
DII-3H / 26-12	1 1/4"	31580	15.095	178.96	176.5 kg/cm2	84%	
DII-3H / 26-12	1 1/4"	46290	15.25	182.65	253.4 kg/cm2	121%	115%
DII-3H / 26-12	1 1/4"	40512	15.025	177.30	228.5 kg/cm2	109%	

Resistencia a la compresión del diseño III, para un tiempo de mezcla de 1,2 y 3 horas, y un tiempo de curado de 4, 7, 14 y 28 días.

**Tabla 57: Resistencia a la compresión diseño III**

CODIGO	SLUMP	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm2)	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)	%	PROMEDIO
TIEMPO DE MEZCLADO 1 HORA							
DIII-1H/ 27-12	6"	27165	15.025	177.30	153.2 kg/cm2	73%	75%
DIII-1H/ 27-12	6"	28425	14.965	175.89	161.6 kg/cm2	77%	
DIII-1H/ 27-12	6"	33524	15.05	177.89	188.4 kg/cm2	90%	89%
DIII-1H/ 27-12	6"	32688	15.03	177.42	184.2 kg/cm2	88%	
DIII-1H/ 27-12	6"	39438	15.03	177.42	222.3 kg/cm2	106%	104%
DIII-1H/ 27-12	6"	38046	15.015	177.07	214.9 kg/cm2	102%	
DIII-1H/ 27-12	6"	46845	14.99	176.48	265.4 kg/cm2	126%	130%
DIII-1H/ 27-12	6"	48792	14.885	174.02	280.4 kg/cm2	134%	
TIEMPO DE MEZCLADO 2 HORAS							
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	28220	15.07	178.37	158.2 kg/cm2	75%	76%
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	28478	15.045	177.78	160.2 kg/cm2	76%	
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	35082	15.07	178.37	196.7 kg/cm2	94%	93%
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	34589	14.995	176.60	195.9 kg/cm2	93%	
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	41236	15.015	177.07	232.9 kg/cm2	111%	107%
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	38473	15.035	177.54	216.7 kg/cm2	103%	
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	52221	15.17	180.74	288.9 kg/cm2	138%	136%
DIII-2H/ 27-12	2 1/4"	49345	14.895	174.25	283.2 kg/cm2	135%	

		TIEMPO DE MEZCLADO 3 HORAS						
DIII-3H/ 27-12	1/4"	28118	15.04	177.66	158.3 kg/cm2	75%	69%	
DIII-3H/ 27-12	1/4"	23816	15.225	182.06	130.8 kg/cm2	62%		
DIII-3H/ 27-12	1/4"	31672	14.89	174.13	181.9 kg/cm2	87%	88%	
DIII-3H/ 27-12	1/4"	33230	14.975	176.13	188.7 kg/cm2	90%		
DIII-3H/ 27-12	1/4"	37560	15.025	177.30	211.8 kg/cm2	101%	101%	
DIII-3H/ 27-12	1/4"	38150	15.06	178.13	214.2 kg/cm2	102%		
DIII-3H/ 27-12	1/4"	44699	15.07	178.37	250.6 kg/cm2	119%	121%	
DIII-3H/ 27-12	1/4"	46404	15.14	180.03	257.8 kg/cm2	123%		



**Ilustración 52:** prensa hidráulica para el ensayo de resistencia a la compresión.



**Ilustración 53:** probetas ensayadas en los respectivos tiempos de curado.

### 3.5.2. ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL TIEMPO

#### DE FRAGUA

- a.Referencia Normativa
- b.NTP 339.082, en concordancia a la norma ASTM C 403
- c.Objeto

El presente ensayo nos ayuda a determinar el tiempo de fragua del concreto (inicial y final) mediante la resistencia a la penetración, con en el que logramos establece los tiempos que se tenga que tener el cuidado respectivo frente a la exposición a

temperaturas extremas y la pronta puesta en servicio

d. Equipos

- Contenedores para especímenes de mortero
- Agujas de penetración (645mm<sup>2</sup>, 323mm<sup>2</sup>, 161mm<sup>2</sup>, 65mm<sup>2</sup>, 32mm<sup>2</sup> y 16mm<sup>2</sup> (1pulg<sup>2</sup>, 1/2pulg<sup>2</sup>, 1/4pulg<sup>2</sup>, 1/10pulg<sup>2</sup>, 1/20pulg<sup>2</sup> y 1/40pulg<sup>2</sup>)
- Aparato de carga, capacidad min. 600N
- Varilla compactadora, lisa de 16mm de diámetro y longitud de 600mm con el extremo semiesférico.

- Pipeta
- Termómetro, con aproximación de 0.5°C y un rango de -20°C a 50°C

e. Procedimiento

- Registrar el tiempo en el que se inicia el contacto entre el cemento y el agua de mezclado.
- Del concreto no utilizado en los ensayos de aire incorporado, seleccionar una porción representativa con suficiente volumen para proporcionar mortero para llenar el contenedor hasta una altura de por lo menos 140 mm.
- Obtener la muestra de concreto húmedo por el tamiz de 4.75 μm sobre una superficie no absorbente y colocarla en el recipiente.
- Mezclar completamente el mortero sobre una superficie no absorbente. Medir y registrar la temperatura del mortero colocar el mortero en los contenedores, en una sola capa. Consolidar el mortero para eliminar las burbujas de aire en la muestra y nivelar la superficie. Esto puede ser balanceando el recipiente de atrás hacia adelante sobre una superficie sólida; mediante golpes a los lados del contenedor con la varilla o colocando el recipiente en una mesa vibratoria, o compactar uniformemente con la varilla

de compactación una vez por cada 645mm<sup>2</sup> (1 pulg<sup>2</sup>). Después de completar la compactación golpear los lados del contenedor con la varilla para eliminar el aire atrapado y nivelar la superficie. Luego de completar la preparación del espécimen, la superficie del mortero deberá estar por lo menos 10mm debajo del borde superior del contenedor para dejar espacio para la colección y remoción del agua de exudación finalmente colocar sobre el espécimen una cubierta para la protección de la muestra.

- Procedimiento, para iniciar con el ensayo remover el agua de la superficie del mortero por medio de una pipeta u otro instrumento adecuado. Para facilitar este proceso inclinar 10° aprox. con la horizontal colocando un bloque debajo de uno de los lados durante unos 2min. Antes de la remoción del agua.

- Dependiendo de la velocidad de fraguado de la mezcla, insertar la aguja de medida apropiada en el aparato de resistencia a la penetración y poner la superficie de la aguja en contacto con la superficie del mortero

- Gradual y uniformemente aplicar una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre en el mortero a una profundidad de 25±2mm. hasta la marca en la aguja

- El tiempo para le penetración de 25mm deberá ser de 10±2seg. Registrar la fuerza para producir la penetración y el tiempo de aplicación, medido desde el tiempo del contacto del agua con el cemento; calcular la resistencia a la penetración dividiendo la fuerza entre el área de contacto de la aguja y registrar la resistencia a la penetración. La distancia entre penetraciones será de al menos dos diámetros de la aguja que está siendo utilizada y en ningún caso menos de 15 mm.la distancia entre alguna impresión de la aguja y la pared del contenedor deberá ser por lo menos de 25mm. Pero no más de 50mm

- Efectuar por lo menos 6 penetraciones por cada ensayo de tiempo de fraguado, con intervalos de tiempo de duración adecuada como para obtener una curva satisfactoria de resistencia a la penetración vs tiempo transcurrido, continuar el ensayo hasta que la resistencia a la penetración sea de por lo menos 27,6MPa (4000psi).

#### f.Cálculo

- Graficar separadamente los resultados del ensayo de tiempo de fraguado.

Ajustar la curva con los datos.

- Para cada gráfico determinar los tiempos de fraguado inicial y final como los tiempos en que la resistencia a la penetración se igual a 3.5MPa (500psi) y 27.6MPa(4000psi), respectivamente

- Registrar los resultados en horas y minutos con una aproximación de 5min.

Figura 4: tiempo de fragua del concreto Diseño I

Código de Diseño:	DISEÑO I		Fecha:	24/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	12:20		Código de muestra:	M1			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diametro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
18:15	05:55	355.00	1"	1.000	0.7854	71	90
19:30	07:10	430.00	1/2"	0.500	0.1963	70	357
20:30	08:10	490.00	1/4"	0.250	0.0491	190	3871
21:16	08:56	536.00	1/10"	0.100	0.0079	84	10695
21:55	09:35	575.00	1/10"	0.100	0.0079	133	16934
22:50	10:30	630.00	1/20"	0.050	0.0020	106	53985
23:00	10:40	640.00	1/20"	0.050	0.0020	112	57041
23:05	10:45	645.00	1/40"	0.025	0.0005	80	162975
23:40	11:20	680.00	1/40"	0.025	0.0005	98	199650
Fragua inicial (500 PSI) :	7 hr. 4 min.		Fragua final (4000 PSI) :	8 hr 31 min			

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

$$N = 0.0189$$

$$M = 0.024$$

$$y = 500 \text{ psi}$$

$$y = 4000 \text{ psi}$$

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

$$x \text{ (fragua inicial (hr)) : } 7.0717 \text{ hr}$$

$$x \text{ (fragua final (hr)) : } 8.5157 \text{ hr}$$

$$\text{fragua inicial} = 7 \text{ hr} : 4 \text{ min}$$

$$\text{fragua final} = 8 \text{ hr} : 31 \text{ min}$$



Fuente: Elaboración Propia

Código de Diseño:	DISEÑO I		Fecha:	24/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:		12:20	Código de muestra:		M2		
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diametro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
19:00	06:40	400.00	1"	1.000	0.7854	180	204
20:00	07:40	460.00	1/2"	0.500	0.1963	180	917
21:00	08:40	520.00	1/4"	0.250	0.0491	152	3097
21:50	09:30	570.00	1/10"	0.100	0.0079	144	18335
22:50	10:30	630.00	1/20"	0.050	0.0020	120	61115
23:00	10:40	640.00	1/20"	0.050	0.0020	140	71301
23:05	10:45	645.00	1/40"	0.025	0.0005	80	162975
23:40	11:20	680.00	1/40"	0.025	0.0005	96	195575
Fragua inicial (500 PSI) :		7 hr 17 min		Fragua final (4000 PSI) :		8 hr 38 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

N = 0.006  
M = 0.0259

y = 500 psi  
y = 4000 psi

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

x (fragua inicial (hr)) : 7.2913 hr  
x (fragua final (hr)) : 8.6294 hr

fragua inicial = 7 hr : 17 min  
fragua final = 8 hr : 38 min



**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 5: tiempo de fragua del concreto Diseño I y II

Código de Diseño:	DISEÑO I		Fecha:	24/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	12:20		Código de muestra:	M3			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
19:00	06:40	400.00	1"	1.000	0.7854	140	178
20:00	07:40	460.00	1/2"	0.500	0.1963	120	611
21:00	08:40	520.00	1/4"	0.250	0.0491	134	2730
21:50	09:30	570.00	1/10"	0.100	0.0079	109	13878
22:50	10:30	630.00	1/20"	0.050	0.0020	98	49911
23:00	10:40	640.00	1/20"	0.050	0.0020	112	57041
23:05	10:45	645.00	1/40"	0.025	0.0005	62	126305
23:47	11:27	687.00	1/40"	0.025	0.0005	104	211873
Fragua inicial (500 PSI):	7 hr 26 min		Fragua final (4000 PSI):	8 hr 47 min			

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

N = 0.0055  
M = 0.0256

y = 500 psi  
y = 4000 psi

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

x (fragua inicial (hr)) : 7.4333 hr  
x (fragua final (hr)) : 8.7871 hr

fragua inicial = 7 hr : 26 min  
fragua final = 8 hr : 47 min



Fuente: Elaboración Propia

Código de Diseño:	DISEÑO II		Fecha:	26/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	09:20		Código de muestra:	M1			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diametro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
15:40	06:20	380.00	1"	1.000	0.7854	80	102
16:45	07:25	445.00	1/2"	0.500	0.1963	160	815
17:45	08:25	505.00	1/4"	0.250	0.0491	160	3259
18:18	08:58	538.00	1/10"	0.100	0.0079	124	15788
18:20	09:00	540.00	1/10"	0.100	0.0079	74	9422
19:06	09:46	586.00	1/20"	0.050	0.0020	100	50930
19:08	09:48	588.00	1/40"	0.025	0.0005	58	118157
Fragua inicial (500 PSI) :		7 hr 16 min		Fragua final (4000 PSI) :		8 hr 21 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

N = 0.0005

M = 0.0317

y = 500 psi

y = 4000 psi

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

x (fragua inicial (hr)): 7.2637 hr

x (fragua final (hr)): 8.3570 hr

fragua inicial = 7 hr : 16 min

fragua final = 8 hr : 21 min



**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 6: determinación del tiempo de fragua del concreto Diseño II

Código de Diseño:	DISEÑO II		Fecha:	26/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	09:20		Código de muestra:	M2			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diametro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
14:40	05:20	320.00	1"	1.000	0.7854	200	255
15:50	06:30	390.00	1/2"	0.500	0.1963	160	815
16:50	07:30	450.00	1/4"	0.250	0.0491	200	4074
16:53	07:33	453.00	1/10"	0.100	0.0079	98	12478
17:48	08:28	508.00	1/10"	0.100	0.0079	174	22154
17:50	08:30	510.00	1/20"	0.050	0.0020	138	70283
19:10	09:50	590.00	1/40"	0.025	0.0005	98	199644
Fragua inicial (500 PSI) :		5 hr 52 min		Fragua final (4000 PSI) :		7 hr 11 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

$$N = 0.046$$

$$M = 0.0264$$

y = 500 psi → NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

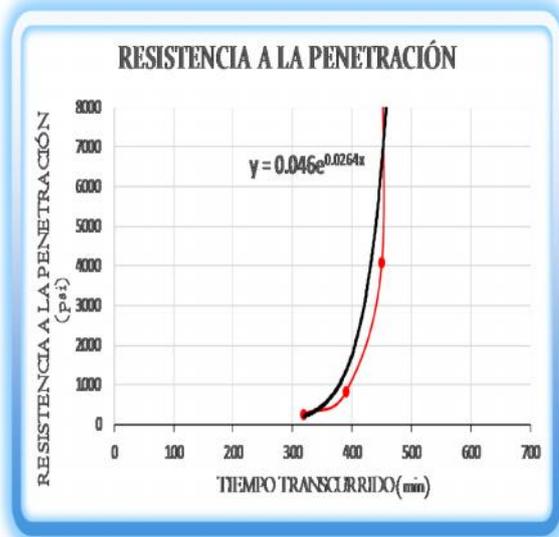
y = 4000 psi

x (fragua inicial (hr)) : 5.8672 hr

x (fragua final (hr)) : 7.1800 hr

fragua inicial = 5 hr : 52 min

fragua final = 7 hr : 11 min



Fuente: Elaboración Propia

Código de Diseño:	DISEÑO II		Fecha:	26/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:		09:20		Código de muestra:			
				M3			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
14:50	05:30	330.00	1"	1.000	0.7854	180	229
15:50	06:30	390.00	1/2"	0.500	0.1963	140	713
16:55	07:35	455.00	1/4"	0.250	0.0491	174	3545
17:52	08:32	512.00	1/10"	0.100	0.0079	200	25465
17:54	08:34	514.00	1/20"	0.050	0.0020	138	70283
19:13	09:53	593.00	1/40"	0.025	0.0005	122	248536
Fragua inicial (500 PSI) :		6 hr 7 min		Fragua final (4000 PSI) :		7 hr 21 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

N = 0.0154

M = 0.0283

y = 500 psi

y = 4000 psi

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

x (fragua inicial (hr)): 6.1178 hr

x (fragua final (hr)): 7.3424 hr

fragua inicial = 6 hr : 7 min

fragua final = 7 hr : 21 min



**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 7: determinación del tiempo de fragua del concreto Diseño III

Código de Diseño:	DISEÑO III		Fecha:	27/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	11:30		Código de muestra:	M1			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
16:55	05:25	325.00	1"	1.000	0.7854	44	56
18:05	06:35	395.00	1"	1.000	0.7854	120	153
18:50	07:20	440.00	1/2"	0.500	0.1963	94	479
20:10	08:40	520.00	1/4"	0.250	0.0491	106	2159
20:55	09:25	565.00	1/10"	0.100	0.0079	74	9422
21:59	10:29	629.00	1/20"	0.050	0.0020	70	35651
23:04	11:34	694.00	1/40"	0.025	0.0005	74	150752
Fragua inicial (500 PSI) :		7 hr 20 min		Fragua final (4000 PSI) :		8 hr 54 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

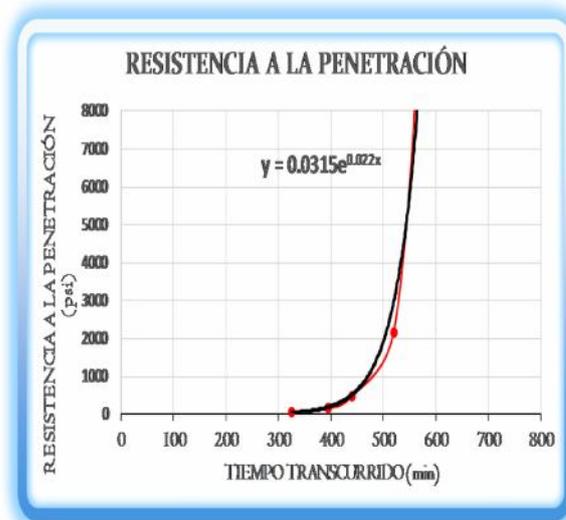
N = 0.0315  
M = 0.022

y = 500 psi  
y = 4000 psi

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

x (fragua inicial (hr)) : 7.3276 hr  
x (fragua final (hr)) : 8.9029 hr

fragua inicial = 7 hr : 20 min  
fragua final = 8 hr : 54 min



Fuente: Elaboración Propia

Código de Diseño:	DISEÑO III		Fecha:	27/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	11:30		Código de muestra:	M2			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diametro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
17:00	05:30	330.00	1"	1.000	0.7854	134	171
18:07	06:37	397.00	1/2"	0.500	0.1963	148	754
18:57	07:27	447.00	1/4"	0.250	0.0491	112	2282
20:00	08:30	510.00	1/10"	0.100	0.0079	94	11968
21:00	09:30	570.00	1/20"	0.050	0.0020	112	57041
22:05	10:35	635.00	1/40"	0.025	0.0005	114	232239
Fragua inicial (500 PSI) :		6 hr 18 min		Fragua final (4000 PSI) :		7 hr 44 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

$$N = 0.0555$$

$$M = 0.0241$$

$$y = 500 \text{ psi}$$

$$y = 4000 \text{ psi}$$

NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

$$x \text{ (fragua inicial (hr))} : 6.2974 \text{ hr}$$

$$x \text{ (fragua final (hr))} : 7.7354 \text{ hr}$$

$$\text{fragua inicial} = 6 \text{ hr} : 18 \text{ min}$$

$$\text{fragua final} = 7 \text{ hr} : 44 \text{ min}$$



**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 8: determinación del tiempo de fragua del concreto Diseño III

Código de Diseño:	DISEÑO III		Fecha:	27/12/2015			
Realizado por:	Bach. Dario L. Colquehuanca Hañari						
Hora inicial:	11:30		Código de muestra:	M3			
Hora de ensayo	Tiempo Transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja (pulg)		Área (pulgadas <sup>2</sup> )	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
			Fracción	Entero			
17:03	05:33	333.00	1"	1.000	0.7854	92	117
18:11	06:41	401.00	1/2"	0.500	0.1963	94	479
19:00	07:30	450.00	1/2"	0.500	0.1963	178	907
20:05	08:35	515.00	1/4"	0.250	0.0491	188	3830
20:58	09:28	568.00	1/10"	0.100	0.0079	144	18335
21:53	10:23	623.00	1/20"	0.050	0.0020	136	69264
23:00	11:30	690.00	1/40"	0.025	0.0005	128	260759
Fragua inicial (500 PSI) :		6 hr 48 min		Fragua final (4000 PSI) :		8 hr 22 min	

Muestra 01

Cálculo del tiempo de fragua:

$$y = N e^{Mx}$$

Donde:

y = Resistencia a la Penetración (inicial = 500 psi o final = 4000 psi)

x = Tiempo de Fragua Inicial o Final

N = Coeficiente de "e"

M = Coeficiente de "x"

$$N = 0.0606$$

$$M = 0.0221$$

y = 500 psi → NTP: 339.082 tiempo de fragua inicial y final

y = 4000 psi

$$x \text{ (fragua inicial (hr)) : } 6.8010 \text{ hr}$$

$$x \text{ (fragua final (hr)) : } 8.3692 \text{ hr}$$

$$\text{fragua inicial = 6 hr : 48 min}$$

$$\text{fragua final = 8 hr : 22 min}$$



Fuente: Elaboración Propia



**Ilustración 54:** después del tamizado húmedo del concreto para obtener el mortero.



**Ilustración 55:** después del tamizado se coloca en los moldes  $H_{min}=140mm$ .



**Ilustración 56:** Se inclina el molde para extraer el agua de exudación



**Ilustración 57:** Se coloca el termómetro para determinar la temperatura del concreto



**Ilustración 58:** luego de 6hr. Se libera los moldes de sus respectivas protecciones.



**Ilustración 59:** Se procede con el ensayo de resistencia a la penetración



**Ilustración 60:** aplicación de la carga con las agujas a distancias de 1'' entre puntos de aplicación

### 3.5.3. CURADO DE PROBETAS CILINDRICAS EN LABORATORIO

#### a.Referencia Normativa

NTP 339.033, en concordancia a la norma ASTM C 31

#### b.Objeto

Se describe los procedimientos del curado estándar, el método proporciona los pasos a seguir que ayudan a realizar el correcto curado de las probetas de concreto para situaciones de conformidad

#### c.Equipos

- Poza de curado, con temperatura 20°C a 25°C
- Termómetro
- Cal hidratada

#### d.Procedimiento

- Inmediatamente después de moldeados y acabados, los especímenes deben ser almacenados por un periodo de hasta 48hr. En un rango de temperatura entre 16°C a 27°C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de concreto con resistencia

especificada de 40MPa o mayor, la temperatura inicial de curado debe estar entre 20°C y 26°C

- Proteger todos los especímenes de la luz directa del sol
- Luego de remover los moldes de los especímenes y durante los próximos 30 min. Se deben sumergir en agua con hidróxido de calcio, a una temperatura de 23°C ±2°C,

e.Cálculo



**Ilustración 61:** Poza de curado en agua con hidróxido de calcio



**Ilustración 62:** poza de curado con hidróxido de calcio (80gr para 0.5m3 de agua)



**Ilustración 63:** control de temperatura de la poza de curado



**Ilustración 64:** temperatura de la poza de curado 17.1°C

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. GENERALIDADES

El tiempo de mezclado y su influencia en la resistencia del concreto conlleva a realizar el estudio de los componentes de la mezcla, para los cuales existen una serie de condiciones y restricciones y que estas deberán ser analizadas e interpretadas para ello en el presente capítulo se realiza la interpretación respecto a las normas NTP (Norma Técnica Peruana) las mismas que están en concordancia a la norma ASTM (American Society of Testing Materials) y el significado de los resultados obtenidos y la concordancia con el propósito de la presente tesis.

#### 4.2. TEMPERATURA:

La variación de la temperatura se detalla en el cuadro siguiente; el cual se encuentra dentro de los parámetros indicados por la norma NTP. Temperatura mínima del concreto 10°C temperatura máxima 32°C. (E.050, 2011, pág. 370)

**Tabla 58: Temperatura ambiente, del concreto y humedad relativa**

	TIEMPO TRANSCURRIDO Hr:min	ASENTAMIENTO	TEMP. DEL CONCRETO (°C)	TEMP. AMB. (°C)
<b>DISEÑO I</b>	00:20	8 1/4"	19.9	21.0
	01:00	7 1/2"	20.9	19.4
	02:00	6 "	23.9	17.3
	03:00	4 "	18.4	15.5
	00:20	8 1/4"	18.1	23.7

<b>DISEÑO II</b>	01:00	6 1/2"	18.4	18.5
	02:00	4 1/4"	21.9	17.1
	03:00	1 1/4"	25.9	16.3
<b>DISEÑO III</b>	00:30	8 1/4"	22.1	16.8
	00:50	7 1/4"	23.2	17.1
	01:10	6 "	24.1	17.2
	02:10	2 1/4"	25.8	17.5
	03:00	1/4"	24.2	17.7

•La temperatura promedio del concreto para el primer diseño es de 20.8°C a una temperatura ambiente promedio de 18.3°C. se observa que la temperatura del concreto es mayor que la temperatura ambiente en 2.5°C.

•La temperatura promedio del concreto para el segundo diseño es de 21.1°C a una temperatura ambiente promedio de 18.9°C. similar al caso anterior la temperatura del concreto es mayor que la temperatura ambiente en 2.2°C.

•La temperatura promedio del concreto para el tercer diseño en promedio es de 23.9°C a una temperatura ambiente promedio de 17.3°C. de manera similar al primer y segundo caso la temperatura del concreto es mayor que la temperatura ambiente en 6.6°C.

En resumen se observa que la temperatura promedio del concreto es siempre mayor que la temperatura promedio del medio ambiente.

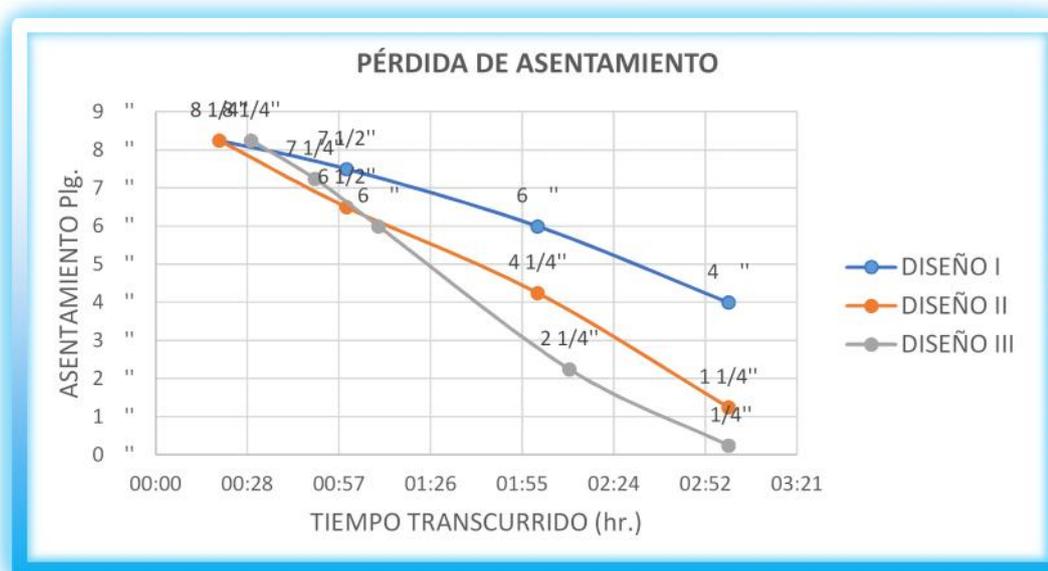
#### 4.3. ASENTAMIENTO:

La variación del asentamiento para cada diseño a diferentes tiempos de mezclado es

**Tabla 59: Tabla de asentamientos**

	HORA	ASENTAMIENTO
<b>DISEÑO I</b>	13:20 p.m.	8 1/4"
	14:00 p.m.	7 1/2"
	15:00 p.m.	6 "
	16:00 p.m.	4 "

<b>DISEÑO II</b>	09:40 a.m.	8 1/4"
	10:20 a.m.	6 1/2"
	11:20 a.m.	4 1/4"
	12:20 p.m.	1 1/4"
<b>DISEÑO III</b>	11:50 a.m.	8 1/4"
	12:10 p.m.	7 1/4"
	12:30 p.m.	6 "
	13:30 p.m.	2 1/4"
	14:00 p.m.	1/4"



**FIGURA 9: Comparativo de Pérdida de Asentamientos**

- Del cuadro obtenido se observa para el diseño I, la pérdida de asentamiento durante 3 horas de mezclado es de 4 1/4".
- En el diseño II, la pérdida de asentamiento durante 3 horas de mezclado es de 7".
- En el diseño III, la pérdida de asentamiento durante 3 horas de mezclado es de 8".

Esto conlleva a la conclusión de que; la pérdida del asentamiento de una mezcla de concreto para una determinada relación agua cemento con agua, es menor que, la pérdida

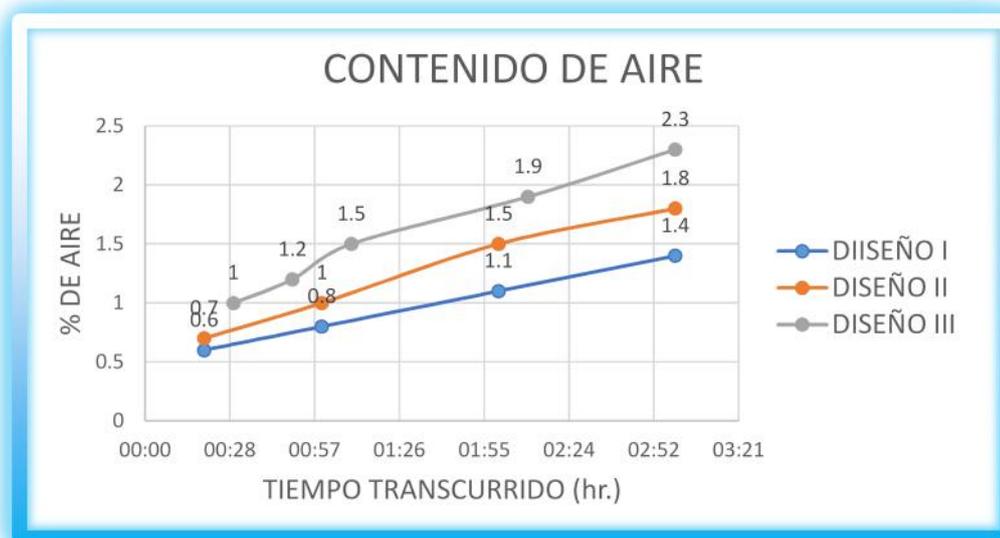
de asentamiento en una mezcla de concreto para la misma relación agua cemento con aditivos y específicamente si este es un aditivo superplastificante, esto varía directamente con la cantidad del aditivo utilizado en la mezcla.

#### 4.4. CONTENIDO DE AIRE:

El contenido de aire atrapado en los 3 diseños de mezclas está relacionado directamente con el asentamiento en el siguiente cuadro se aprecia la variación respecto a los diferentes tiempos de mezclado.

**Tabla 60: Variación del contenido de aire en relación al asentamiento**

	TIEMPO	ASENTAMIENTO	CONT. DE
	TRANSCURRIDO	plg.	AIRE (%)
	Hr:min		
<b>DISEÑO I</b>	00:20	8 1/4"	0.6
	01:00	7 1/2"	0.8
	02:00	6 "	1.1
	03:00	4 "	1.4
<b>DISEÑO II</b>	00:20	8 1/4"	0.7
	01:00	6 1/2"	1
	02:00	4 1/4"	1.5
	03:00	1 1/4"	1.8
<b>DISEÑO III</b>	00:30	8 1/4"	1
	00:50	7 1/4"	1.2
	01:10	6 "	1.5
	02:10	2 1/4"	1.9
	03:00	1/4"	2.3



**FIGURA 10 Comparativo incremento del % de aire**

- La variación del contenido de aire ocasionada por el tiempo de mezclado del concreto en el primer diseño es de 0.6% a 1.4% siendo la variación de 0.8%
- Para el segundo diseño la variación del contenido de aire respecto al tiempo de mezclado es de 0.7% a 1.8% siendo la variación de 1.1%
- En el tercer diseño la variación del contenido de aire debido al tiempo de mezclado es de 1% a 2.3% siendo la variación de 1.3% Observándose un aumento en el contenido de aire en todos los casos.

Los resultados mostrados en el cuadro anterior también son corroborados visualmente como indican las siguientes imágenes:

**Ilustración 65: Aire total atrapado en las probetas de concreto****Imagen (A) T.M. 3hr****Imagen (B) T.M. 2hr****Imagen (C) T.M.****1hr**

Las imágenes pertenecen a las probetas del diseño II. Donde se muestran los poros en el perímetro de las probetas. La imagen A de un tiempo de mezcla de 3 horas muestra la cantidad de poros visibles de mayor proporción que la imagen B y C, la imagen C muestra la cantidad de poros por aire atrapado en menor proporción que la imagen A y B por lo tanto queda demostrado lo del cuadro mostrado anteriormente.

Lo mencionado anteriormente conlleva a la conclusión de que a mayor tiempo de mezclado disminuye la trabajabilidad del concreto y por lo tanto existe dificultad en el reacomodo de los componentes de la mezcla de concreto.

Es importante mencionar que el procedimiento de muestreo fue realizado bajo

condiciones indicadas en la norma y por una sola persona (mi persona).

#### 4.5. PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO:

**Tabla 61: Resumen de pesos unitarios de los 3 diseños**

	TIEMPO TRANSCURRIDO Hr:min	PESO UNITARIO kg/m <sup>3</sup>
<b>DISEÑO I</b>	00:20	2268.61
	01:00	2265.79
	02:00	2257.31
	03:00	2248.84
<b>DISEÑO II</b>	00:20	2260.14
	01:00	2262.96
	02:00	2264.38
	03:00	2265.79
<b>DISEÑO III</b>	00:30	2294.04
	00:50	2285.57
	01:10	2279.91
	02:10	2279.91
	03:00	2274.26

- El peso unitario en los diseños de mezclas de acuerdo al tiempo de mezclado varía para el diseño I desde 2268.6 a 2248.8 esto es 19.8kg/m<sup>3</sup> el cual no es considerable sin embargo estos datos están dentro de los parámetros permisibles.

- En el diseño II la variación es de 2260.1 a 2265.8 esto es 5.7kg/m<sup>3</sup>, dato que no es considerable para 1 m<sup>3</sup>.

- En el diseño III la variación es de 2294.0 a 2274.3 esto es 19.7kg/m<sup>3</sup>, similar al primer diseño y es mínimo respecto a un metro cubico.

De lo anterior se concluye que el peso unitario varía respecto a tiempo de mezclado; siendo esta variación mínima, el cual ocasiona una variación en el rendimiento también mínima dicho dato que al realizar el cálculo para hallar el rendimiento resulta que la variación es en una centésima para lo cual esta variación no afecta y se encuentra dentro de los parámetros indicados por la norma. NTP. 339.046 indica que “el rendimiento

mayor que 1 indica un exceso de concreto que se produce y un valor menor de esto indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado”.

#### 4.6. TIEMPO DE FRAGUA:

El tiempo de fragua del concreto (fragua inicial y fragua final) respecto al tiempo de mezclado es:

**Tabla 62: Resumen del tiempo de fragua inicial y final del concreto**

TIEMPO DE MEZCLA	DISEÑO I		DISEÑO II		DISEÑO III	
	F. Inicial Hr:min	F. Final Hr:min	F. Inicial Hr:min	F. Final Hr:min	F. Inicial Hr:min	F. Final Hr:min
<b>1 HORA</b>	07:04	08:31	07:16	08:21	07:20	08:54
<b>2 HORAS</b>	07:17	08:38	06:07	07:21	06:48	08:22
<b>3 HORAS</b>	07:26	08:47	05:52	07:11	06:18	07:44

De la tabla podemos concluir lo siguiente:

1. Tiempo de fragua inicial para el diseño I sin aditivo una hora de mezclado es de 7:04 horas (menor valor)
2. Tiempo de fragua inicial para el diseño I sin aditivo tres horas de mezclado es de 7:26 horas
3. Tiempo de fragua final para el diseño I sin aditivo tres horas de mezclado es de 8:47 horas
4. Tiempo de fragua inicial para el diseño II con aditivo plastificante tres horas de mezclado es de 5:52 horas (menor valor)
5. Tiempo de fragua inicial para el diseño II con aditivo plastificante una hora de mezclado es de 8:21 horas
6. Tiempo de fragua final para el diseño II con aditivo plastificante como menor valor es a tres horas de mezclado 7:11 horas
7. Tiempo de fragua inicial para el diseño III con aditivo superplastificante de menor valor a las tres horas de mezclado es de 6:18 hr.

8. Tiempo de fragua inicial para el diseño III con aditivo superplastificante de mayor valor es a la una hora de mezclado 7:20 horas

9. Tiempo de fragua final para el diseño III con aditivo superplastificante tres horas de mezclado es de 7:44 horas (menor valor)

Los resultados obtenidos indican el tiempo en el que el concreto llega a una resistencia a la penetración de 35kg/cm<sup>2</sup> (tiempo de fragua inicial), este resultado significa el cuidado que se debe tener en la estructura antes que este sea alterado por bajas temperaturas, la superficie del concreto sea alterado por el viento, las lluvias o el sol, etc.

#### 4.7. RESISTENCIA A LA COMPRESION:

De los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión en el Diseño I se muestra las siguientes tablas y gráfico.

**Tabla 63: Resumen de la resistencia alcanzada en porcentajes del Diseño I.**

DIAS	TIEMPO DE MEZCLADO		
	1 HORA	2 HORAS	3 HORAS
0	0%	0%	0%
4	37%	41%	46%
7	47%	55%	62%
14	52%	62%	71%
28	70%	86%	98%

Del análisis de los resultados del concreto sin aditivo se deduce que a mayor tiempo de mezclado incrementa la resistencia sin embargo existe una pérdida considerable de una de sus propiedades que es el asentamiento ocasionando que el concreto pierda trabajabilidad

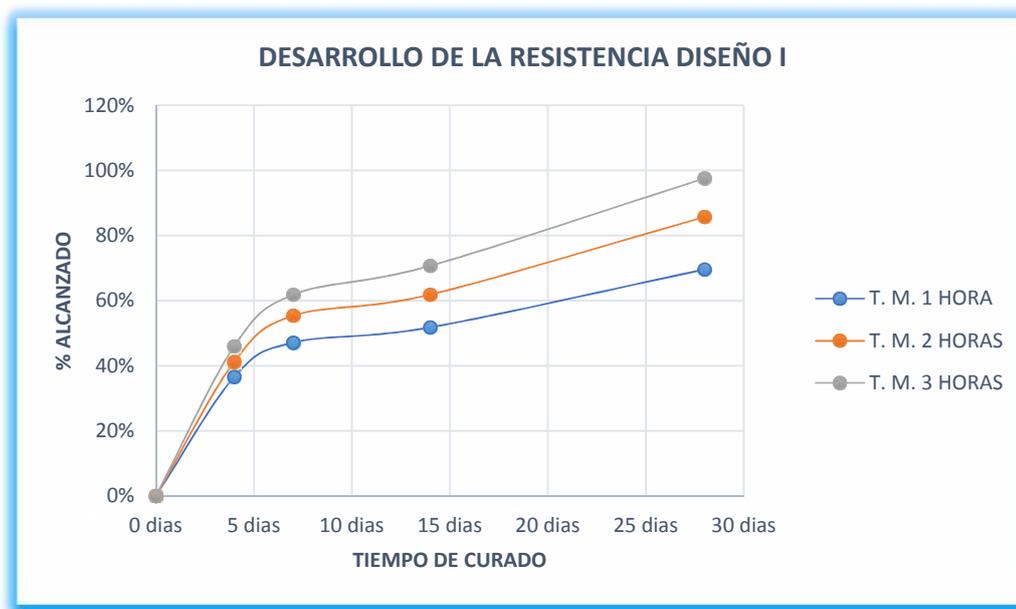
tanto con riesgo a la generación de cangrejeras

La resistencia a la compresión del concreto de una hora de mezclado es menor que la resistencia del concreto con tiempo de mezclado mayor en todos los casos, para el tiempo de mezclado de dos horas se observa un incremento en la resistencia en 16 % respecto al

primero, para un tiempo de mezclado de 3 horas la resistencia respecto al primero se incrementa en un 28%.

De lo anterior se concluye que el tiempo máximo de mezclado para un concreto sin aditivo es 3 horas, sin embargo esto no sucede en un camión mezclador ya que la temperatura generada es mayor debido al mayor volumen por lo que se trabaja con un factor del 50% de las pruebas de laboratorio por ello lo recomendable es colocar el concreto en el elemento antes de 1:30 horas de mezclado para no trabajar al límite ni poner en riesgo la resistencia, la norma ASTM C 94 contempla lo anteriormente mencionado

**Figura 11: Evolución de la resistencia de acuerdo al tiempo de mezclado del Diseño I**



En la figura se observa el incremento de la resistencia a la compresión, en la muestra que se mezcló por 3 horas obteniendo un porcentaje del 98% siendo este 28% mayor que el que se mezcló por una hora a los 28 días

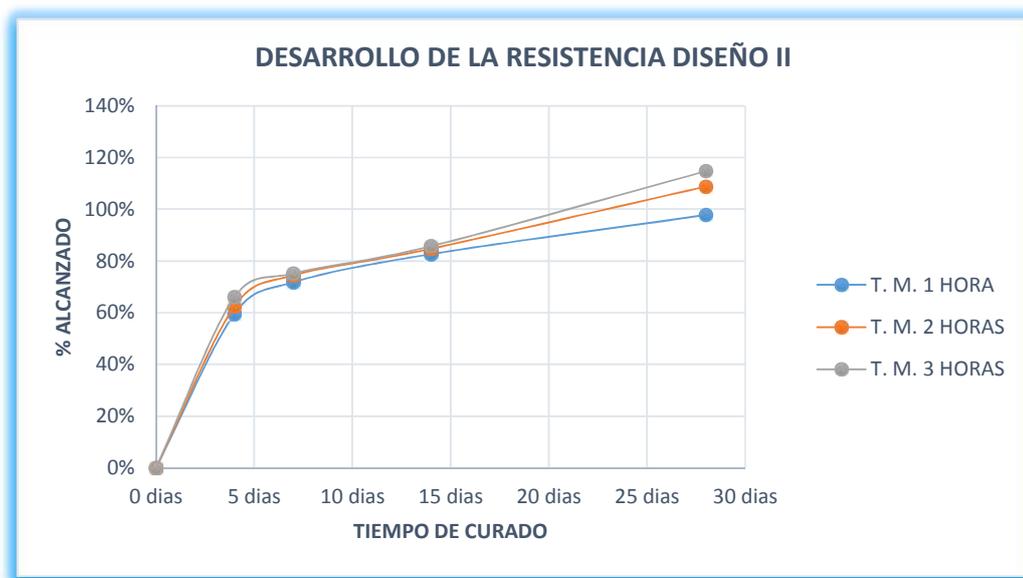
**Tabla 64: Resumen de la resistencia alcanzada en porcentajes del Diseño II.**

DIAS	TIEMPO DE MEZCLADO		
	1 HORA	2 HORAS	3 HORAS
0	0%	0%	0%
4	60%	62%	66%
7	72%	75%	75%
14	83%	85%	86%
28	98%	109%	115%

Las tablas muestran el incremento de la resistencia para un concreto con aditivo tipo D (plastificante), deduciendo así que a mayor tiempo de mezclado se obtiene un incremento en la resistencia, el concreto con tiempo de mezcla de 2 horas incrementa respecto al tiempo de mezclado de una hora, y para un tiempo de mezclado de 3 horas, la resistencia a la compresión aumenta en un 6%.

De lo anterior se concluye que el tiempo máximo de mezclado para un concreto con aditivo Tipo D o Plastificante es de 2 horas, sin embargo lo recomendable es colocar el concreto en el elemento antes de las 2 horas de mezclado para no trabajar al límite ni poner en riesgo la resistencia

**Figura 12: Evolución de la resistencia de acuerdo al tiempo de mezclado del Diseño II**



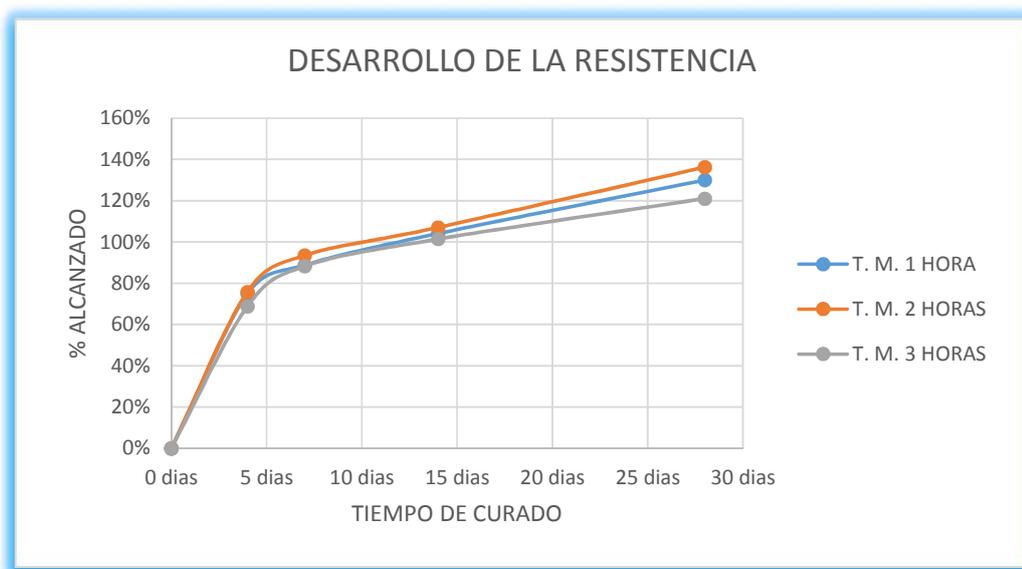
**Tabla 65: Resumen de la resistencia alcanzada en porcentajes del Diseño III.**

DIAS	TIEMPO DE MEZCLADO		
	1 HORA	2 HORAS	3 HORAS
0	0%	0%	0%
4	75%	76%	69%
7	89%	93%	88%
14	104%	107%	101%
28	130%	136%	121%

Del análisis de los cuadros se deduce que el tiempo de mezclado para un concreto con aditivo tipo G (superplastificante) el tiempo de mezclado de 2horas incrementa respecto al tiempo de mezclado de una hora, sin embargo para un tiempo de mezclado 3 horas, la resistencia a la compresión disminuye.

De lo anterior se concluye que el tiempo máximo de mezclado para un aditivo Tipo G o superplastificante es de 2 horas, sin embargo lo recomendable es colocar el concreto en el elemento antes de las 2 horas de mezclado para no poner en riesgo la resistencia

**Figura 13: Evolución de la resistencia de acuerdo al tiempo de mezclado del Diseño III**



La figura muestra un comparativo del desarrollo de la resistencia y la influencia del

tiempo de mezclado

Del ensayo, de resistencia a la compresión (ntp 339.034), que se realizó se concluye que a mayor tiempo de mezclado para un concreto son aditivos la resistencia incrementa.

Para un concreto con aditivo tipo D plastificante la resistencia a mayor tiempo de mezclado también incrementa.

Sin embargo para un concreto con aditivo tipo G superplastificante la resistencia incrementa hasta un tiempo en el que las propiedades del aditivo en el concreto no tengan el efecto que debe tener (plastificar) y ello es aproximadamente 2 horas de acuerdo a los resultados obtenidos.

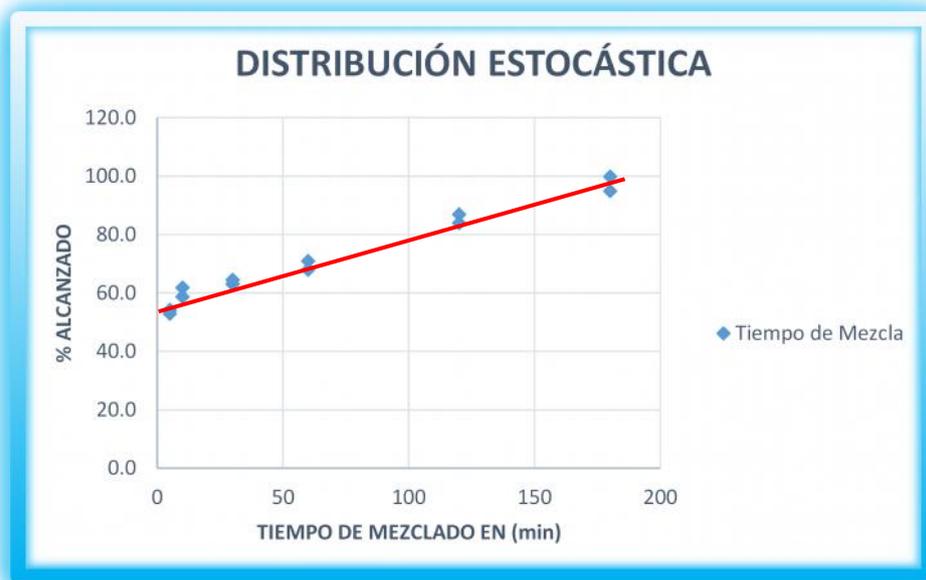
#### 4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

La presente investigación amerita un análisis del tipo correlacional para datos no agrupados ya que busca medir el grado de relación entre sus variables para ello se debe determinar el coeficiente de correlación de Pearson el mismo que se detalla a continuación.

**Tabla 66: Resumen del tiempo de curado y resistencia en % diseño I**

CODIGO	TIEMPO DE MEZCLA (min)	TIEMPO (días)	%
DI-5M / 1-01	5	28	54.2%
DI-5M / 1-01	5	28	53.0%
DI-10M / 1-01	10	28	61.9%
DI-10M / 1-01	10	28	58.8%
DI-30M / 1-01	30	28	63.1%
DI-30M / 1-01	30	28	64.5%
DI-1H / 24-12	60	28	68.0%
DI-1H / 24-12	60	28	71.0%
DI-2H / 24-12	120	28	87.0%
DI-2H / 24-12	120	28	84.0%
DI-3H / 24-12	180	28	95.0%
DI-3H / 24-12	180	28	100.0%

Figura 14. Distribución de la nube de puntos.



Fuente: Elaboración propia.

28 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	5	54.2	-62.5	-17.5	3906.25	306.54	1094.27
	5	53.0	-62.5	-18.7	3906.25	350.00	1169.27
	10	61.9	-57.5	-9.8	3306.25	96.20	563.98
	10	58.8	-57.5	-12.9	3306.25	166.63	742.23
	30	63.1	-37.5	-8.6	1406.25	74.10	322.81
	30	64.5	-37.5	-7.2	1406.25	51.96	270.31
	60	68.0	-7.5	-3.7	56.25	13.75	27.81
	60	71.0	-7.5	-0.7	56.25	0.50	5.31
	120	87.0	52.5	15.3	2756.25	233.84	802.81
	120	84.0	52.5	12.3	2756.25	151.09	645.31
	180	95.0	112.5	23.3	12656.25	542.50	2620.31
	180	100.0	112.5	28.3	12656.25	800.42	3182.81
<b>Suma</b>	810	860.5			48175.00	2787.53	11447.25
<b>Prom.</b>	67.5	71.71				r =	0.9878

$$\sum (x - x_p)(y - y_p) = 11447.25$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{810}{12} = 67.5$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{860.5}{12} = 71.71$$

$$\sigma = \sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} = \sqrt{48175.00} = 219.49$$

$$\sigma = \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2} = \sqrt{2787.53} = 52.80$$

$$r_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = r = \frac{11447.25}{\sqrt{48175.00} \sqrt{2787.53}} = 0.9878$$

El coeficiente de Pearson es positivo dentro del rango [-1, +1] próximo a la unidad, de acuerdo a la **tabla 19** escala de valores para el coeficiente de Pearson corresponde a significativa lo que quiere decir es que existe una significativa correlación, esto solo hasta el tiempo límite del análisis.

CODIGO	TIEMPO DE MEZCLA (hr)	RESISTENCIA ALCANZADA EN %		
		4 dias	7 dias	14 dias
DI-1H / 24-12	1	37	47	52
DI-2H / 24-12	2	41	55	62
DI-3H / 24-12	3	46	62	71

4 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp)2	(y-Yp)2	(x-Xp)(y-Yp)
	1	37	-1	-4.333	1	18.778	4.33333333
	2	41	0	-0.333	0	0.1111	0
	3	46	1	4.6667	1	21.778	4.66666667
<b>Suma</b>	6	124			2	40.667	9
<b>Prom.</b>	2	41.33				r =	0.9979

7 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	47	-1	-7.667	1	58.778	7.66666667
	2	55	0	0.3333	0	0.1111	0
	3	62	1	7.3333	1	53.778	7.33333333
<b>Suma</b>	6	164			2	112.67	15
<b>Prom.</b>	2	54.67				r =	0.9993

14 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	52	-1	-9.667	1	93.444	9.66666667
	2	62	0	0.3333	0	0.1111	0
	3	71	1	9.3333	1	87.111	9.33333333
<b>Suma</b>	6	185			2	180.67	19
<b>Prom.</b>	2	61.67				r =	0.9995

Tabla 67: Resumen del tiempo de curado y resistencia en % diseño II

CODIGO	TIEMPO DE MEZCLA (hr)	RESISTENCIA ALCANZADA EN %			
		4 dias	7dias	14dias	28dias
<b>DII-1H / 26-12</b>	1	60	72	83	98
<b>DII-2H / 26-12</b>	2	62	75	85	109
<b>DII-3H / 26-12</b>	3	66	75	86	115

4 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	60	-1	-2.67	1	7.1111	2.67
	2	62	0	-0.67	0	0.4444	0
	3	66	1	3.333	1	11.111	3.33
<b>Suma</b>	6	188			2	18.667	6
<b>Prom.</b>	2	62.67				r =	0.9820

7 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	72	-1	-2	1	4	2
	2	75	0	1	0	1	0

	3	75	1	1	1	1	1
<b>Suma</b>	6	222			2	6	3
<b>Prom.</b>	2	74				r =	0.8660

14 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	83	-1	-1.67	1	2.7778	1.67
	2	85	0	0.333	0	0.1111	0
	3	86	1	1.333	1	1.7778	1.33
<b>Suma</b>	6	254			2	4.6667	3
<b>Prom.</b>	2	84.67				r =	0.9820

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1+2+3}{3} = \frac{6}{3} = 2$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{98+109+115}{3} = \frac{322}{3} = 107.3$$

28 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	98	-1	-9.33	1	87.111	9.33
	2	109	0	1.667	0	2.7778	0
	3	115	1	7.667	1	58.778	7.67
<b>Suma</b>	6	322			2	148.67	17
<b>Prom.</b>	2	107.3				r =	0.9859

$$r_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = r = \frac{17}{\sqrt{2} \sqrt{148.67}} = 0.9859$$

El coeficiente de Pearson es positivo dentro del rango [-1, +1] muy próximo a la unidad lo que significa que existe una correlación casi perfecta entre la resistencia y el tiempo de mezclado siendo este positivo en todo momento lo que significa que durante el tiempo de mezclado del concreto la resistencia aumenta teniendo como límite la pérdida del asentamiento, de acuerdo a la **tabla 19** el significado del valor corresponde a perfecta lo que quiere decir es que para el diseño DII con aditivo tipo D el tiempo de mezclado influye completamente en la resistencia del concreto

Tabla 68: Resumen del tiempo de curado y resistencia en % diseño III

CODIGO	TIEMPO DE MEZCLA (hr)	RESISTENCIA ALCANZADA EN %			
		4 dias	7 dias	14 dias	28 dias
DIII-1H / 27-12	1	75	89	104	130
DIII-2H / 27-12	2	76	93	107	136
DIII-3H / 27-12	3	69	88	101	121

4 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	75	-1	1.67	1	2.7778	1.67
	2	76	0	2.67	0	7.1111	0
	3	69	1	-4.3	1	18.778	4.33
<b>Suma</b>	6	220			2	28.667	6
<b>Prom.</b>	2	73.33				r =	0.7924

7 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	89	-1	-1	1	1	1
	2	93	0	3	0	9	0
	3	88	1	-2	1	4	-2
<b>Suma</b>	6	270			2	14	-1
<b>Prom.</b>	2	90				r =	0.1890

14 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp) <sup>2</sup>	(y-Yp) <sup>2</sup>	(x-Xp)(y-Yp)
	1	104	-1	0	1	0	0
	2	107	0	3	0	9	0
	3	101	1	-3	1	9	-3
<b>Suma</b>	6	312			2	18	-3
<b>Prom.</b>	2	104				r =	0.5000

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1+2+3}{3} = \frac{6}{3} = 2$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{130+136+121}{3} = \frac{387}{3} = 129$$

28 DIAS							
	x	y	x-Xp	y-Yp	(x-Xp)2	(y-Yp)2	(x-Xp)(y-Yp)
	1	130	-1	1	1	1	-1
	2	136	0	7	0	49	0
	3	121	1	-8	1	64	-8
<b>Suma</b>	6	387			2	114	-9
<b>Prom.</b>	2	129				r =	-0.5960

$$r_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = r = \frac{-9}{\sqrt{2} \sqrt{114}} = -0.596$$

El coeficiente de Pearson es negativo dentro del rango [-1, +1] significa que existe correlación entre las hipótesis propuestas.

El significado del valor del coeficiente  $r_{x,y} = -0.596$  de acuerdo a la escala de interpretación de Pearson corresponde a moderada este valor nos indica que la relación entre el tiempo de mezclado y la resistencia del concreto tiene una relación moderada interpretando tal valor, existe disminución a partir de uno de sus valores, observando en el cuadro ello sucede a la tercera hora en la que la resistencia disminuye conforme aumenta el tiempo de mezclado, de acuerdo a la **tabla 19**.

**Tabla 69** Resumen de los coeficientes de Correlación de Pearson

	RESUMEN DE COEFICIENTES DE CORRELACION		
	D I	DII	DIII
	0.998	0.982	-0.792
	0.999	0.866	-0.189
	0.999	0.982	-0.5
	0.997	0.986	-0.596
<b>PROMEDIO</b>	0.9983	0.954	-0.5193
	0.4777		

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n - 1)}$$

$\alpha$  = Alfa de Cronbach

n= Numero de ítems

p = Promedio de las correlaciones lineales de cada uno de los ítems

$$\alpha = \frac{16 * (0.4777)}{1 + 0.4777(16 - 1)} = \frac{7.6432}{8.1655} = 0.94$$

Lo que significa que tiene un 94% de fiabilidad esto respecto a la cantidad de datos y el tipo de procedimiento que se utilizó para el análisis.

Además de acuerdo a la **Tabla 18**. El coeficiente del alfa de Cronbach es mayor a 0.9 el mismo que corresponde a excelente por lo tanto se concluye que el procedimiento es fiable.

#### 4.9. CONTRASTACION DE HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>: El tiempo de mezclado del concreto normal f'c=210kg/cm<sup>2</sup> no influye negativamente en el fraguado del concreto y la resistencia final**

- La hipótesis es falsa ya que se ha demostrado que el tiempo de mezclado afecta negativamente en la trabajabilidad propiedad que es determinante para la colocación del concreto ver **Tabla 59** a mayor tiempo de mezclado se observa mayor pérdida de asentamiento por lo tanto perdida de la trabajabilidad. El coeficiente de Pearson de acuerdo a la **Tabla 19** escala de interpretación para el coeficiente de Pearson se encuentra en una correlación significativa.

**H<sub>G</sub>: El tiempo de mezclado del concreto normal f'c=210kg/cm<sup>2</sup> influye negativamente en el fraguado del concreto y la resistencia final**

- La hipótesis es verdadera el tiempo de mezclado influye negativamente en el fraguado del concreto para el diseño sin aditivo se observa, **tabla 62** tiempo de fragua final entre el de 1 hora de mezclado y el de 3 horas varia 16min, para el diseño II existe una reducción de 84min en el de 3 hora respecto al de 1 hora de mezclado en el diseño III la variación que existe es 62 min disminución respecto a los de 1 hora de mezclado lo que significa variación en los tiempos de fraguado por lo tanto no existe uniformidad en el fraguado para los cuidados respectivos.

- La hipótesis es verdadera debido a la perdida de trabajabilidad, propiedad importante para la colocación del concreto en la **Ilustración 33** se observa disminución considerable de la consistencia del concreto sin embargo en la **Tabla 63, 64 y 65** se observa un incremento de las resistencias para todos los casos a excepción del diseño III que para un tiempo de mezclado superior al de 3 horas las resistencias disminuyen esto para todas las edades

#### **H. E<sub>1</sub>: El tiempo de mezclado del concreto normal $f'c=210\text{kg/cm}^2$ influye negativamente en el fraguado inicial**

- La hipótesis es verdadera para el concreto sin aditivos, la variación es de 22min. En aumento, Para el diseño II la variación es 1 hora con 24min. (reduce) Para el diseño III reduce el tiempo de fraguado inicial en 1hr y 2min. Mostrando de esta manera variación con respecto a la fragua inicial. Por lo tanto, se observa variación considerando que son las mismas condiciones de clima, humedad relativa y temperatura

Nota los tiempos mencionados son considerados desde que el cemento entra en contacto con el agua.

**H. E2: El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  influye negativamente en el fraguado final**

- La hipótesis es verdadera para el concreto sin aditivo, la variación es de 16min. En aumento, para el diseño II la variación de 1 hr y 10min (reduce). Para el diseño III reduce el tiempo de fraguado final en 1hr y 10min. De esta manera se muestra la variación del tiempo de fraguado final considerando que luego de la fragua final en obras de pavimentos se dará por autorizado la realización de los cortes y con ello evitar las fallas por contracción y secado.

**H. E3: El tiempo de mezclado del concreto normal  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  influye negativamente en la resistencia del concreto.**

- La hipótesis es verdadera, en la **tabla 63, 64 y 65**; se observa un incremento de la resistencia respecto al tiempo de mezclado para todas las edades; pero son concreto no trabajables además en la **figura 10**, se observa un incremento en el contenido de aire convirtiendo a este un concreto poroso con alto riesgo de ser un concreto permeable ocasionando riesgo al acero de refuerzo si este lo tuviera.

- De lo anterior se concluye que la hipótesis es verdadera ya que el concreto posee ciertas propiedades y características que deberán ser cumplidas considerando el rango de variación indicadas en la norma (ASTM C 94); sin embargo para todos los casos se observa una considerable variación de la trabajabilidad superior a los rangos indicados en la norma obligando ello a variar la relación agua cemento para mantener la trabajabilidad y poner en riesgo la resistencia.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La influencia del tiempo de mezclado en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño I es **Perfecta** de acuerdo a la escala de interpretación de Pearson ya que  $r=0.9983$ , para el diseño II  $r=0.954$  es **Fuerte**, para el diseño III  $r=-0.5193$  es **Moderada**. Por consiguiente, debido a que existe relación perfecta, fuerte y moderada, el tiempo de mezclado del concreto influye negativamente en la resistencia del concreto ya que varían las características físicas del concreto.

- El tiempo de fraguado inicial para un concreto sin aditivo a una temperatura ambiente de  $18^{\circ}\text{C}$  es de 7:04 horas en el que el concreto alcanzó una temperatura de  $20.8^{\circ}\text{C}$  y el tiempo de fraguado final es de 8:47 horas, tiempo considerado desde el primer contacto del agua con el cemento referente a la velocidad de fraguado.

- El tiempo de fraguado inicial para un concreto con aditivo tipo D plastificante es de 5:52 horas y una temperatura ambiente de  $18.9^{\circ}\text{C}$  en el que el concreto alcanzo una temperatura de  $21.1^{\circ}\text{C}$ , y el tiempo de fragua final 8:21 horas.

- El tiempo de fragua inicial para un concreto con aditivo tipo G superplastificante es de 6:18 horas con una temperatura ambiente de  $17.3^{\circ}\text{C}$  en el que el concreto alcanzó una temperatura de  $23.9^{\circ}\text{C}$  y el tiempo de fragua final

8:54 horas.

- Para los diseños que se realizaron con aditivos y sin aditivo se observó una pérdida considerable del asentamiento desde las 2 horas; sin embargo para el concreto con un tiempo prolongado de mezclado (excepto el concreto con superplastificante) se garantiza la resistencia en la estructura si no se alteran las proporciones de la mezcla y si el elemento permite su colocación y distribución.

- Para el concreto con aditivo superplastificante se garantiza su resistencia de diseño hasta un tiempo máximo de mezclado de 2 horas

- El grado de saturación del agregado grueso llega al 100% en 20 horas de sumergido quedando así demostrado, la consideración de la norma para el agregado grueso

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Es importante determinar el tiempo de fragua; debido a que ello indica el tiempo para cuidar el elemento, para que sea resistente a las inclemencias del tiempo o que la superficie sea alterada por las lluvias el sol o el viento, etc

- Se recomienda cuidar el elemento y la superficie del concreto después del vaciado hasta después del tiempo de fragua final.

- En caso que el vaciado se prolongue por motivos varios se recomienda reducir las revoluciones del camión mezclador y agregarle aditivo para retardar la fragua inicial del concreto, tener cuidado de no alterar la relación agua cemento a/c.

- Se recomienda realizar un plan de trabajo antes de solicitar concreto premezclado conjuntamente con los proveedores y responsables de obra.

- Para el problema de atascamiento en las tuberías opcionalmente se puede optar por utilizar aditivo incorporador de aire en proporciones especificadas en la

hoja técnica ya que este actúa como disipador de fricción entre partículas, mismo que le permite deslizarse y suprime la resistencia entre ellas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cable, J. K. (28 de 04 de 2017). *Google*. Obtenido de <http://www.ctre.iastate.edu/pubs/crossroads/76evaluation.pdf>
- Carbajal, I. E. (1999). TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO. LIMA: COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Nacional.
- Cardenas Aranguren, C. E., & Pinzon Ballesteros, V. P. (28 de Abril de 2017). *Google*. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3289/2/CardenasArangurenCarlosEduardo2011.pdf>
- Comite ACI 318. (2008). *Reglamento Estructural para Edificaciones*. Estados Unidos: Copyright ©2008, American Concrete Institute.
- E.050, C. A. (2011). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. lima: Megabyte.
- Feijoo, J. R. (2002). TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO. En J. R. Feijoo, *TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO* (pág. 22). Lima: UNI.
- Neville, A., & Brooks, J. (1998). *Tecnología del Concreto*. Mexico: Editorial Trillas.
- NTP, C. T. (s.f.). *Norma Técnica Peruana*. Lima: Indecopi.
- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: Capitulo Peruano ACI.
- Rivva López, E. (2013). *Tecnología del Concreto Diseño de Mezclas*. Lima: Imprenta Williams E.I.R.L.
- Speicher Fernandez, M. B. (28 de 04 de 2017). *Google*. Obtenido de [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/157/1/speicher\\_mb.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/157/1/speicher_mb.pdf)
- Tomas Flavio, A. C. (s.f.). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.

## ANEXOS

Imagen: obtención del agregado grueso saturado superficialmente seco



Fuente: Fotografía [2017]

Imagen: Peso sumergido del agregado grueso saturado superficialmente seco



Fuente: Fotografía [2017]

Imagen: Obtención del peso del agregado grueso saturado superficialmente seco



Fuente: *Fotografía [2017]*

Cuadro de densidades del agua a diferentes temperaturas:

Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

Fuente: (2017), <http://www.fullquimica.com/2012/04/densidad-del-agua.html>