

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN
LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS
ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA -
PASCO – 2018**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA

ASESOR:

ARQUITECTO JOSE GERMAN RAMIREZ MEDRANO

PASCO – PERU

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018**

PRESENTADO POR:

BACH. JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS

Mg. José E. CASTILLO MONTALVAN
Presidente

Mg. Cayo PALACIOS ESPIRITU
Miembro

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA
Miembro

CERRO DE PASCO - PERÚ
2018

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres Trebor Barzola Eufrazio y Sonia Bautista Pizarro que son la razón de mi esfuerzo y el impulso para seguir adelante.

RESUMEN

El control de la resistencia a la compresión de concretos para elementos estructurales elaborados en el Distrito de Chaupimarca frente a la resistencia de diseño presenta un problema de disminución en su valor, se cree que esta disminución esta relacionada al curado del concreto en condiciones de temperatura ambiental para el Distrito de Chaupimarca influyendo negativamente en la resistencia del concreto a esfuerzos de compresión, es por este motivo que se realizó el proyecto de investigación intitulado: “Análisis de la Influencia del Gradiente Térmico en la Resistencia a la Compresión en Elementos Estructurales en el Distrito de Chaupimarca” el objetivo es de analizar la influencia del gradiente térmico en la resistencia de los elementos estructurales. La población lo conforman los concretos elaborados para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² empleando un diseño de mezcla por el método de módulo de fineza teniendo como muestra 18 especímenes de concreto de 6” por 12” obteniendo luego de su análisis y evaluación que la resistencia a la compresión a los 28 días en condiciones de curado en condiciones óptimas es de 214.72 kg/cm² frente a lo obtenido con el concreto curado en condiciones de gradiente térmico del distrito de Chaupimarca que es de 174.21 kg/cm² resultando un 18.87 % veces menor. Este resultado nos ayudará a tener en cuenta siempre durante el proceso de curado al gradiente térmico obteniendo de esta forma elementos estructurales que cumplan con las especificaciones y requerimientos técnicos mínimos.

Palabra Clave: Elementos estructurales, gradiente térmico, agregados, mezcla.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE TABLA	viii
INDICE DE IMAGEN	ix
INDICE DE GRAFICO	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1. PROBLEMA ESPECÍFICOS	5
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVOS GENERAL.	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	5
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5.1. IMPORTANCIA	6
1.5.2. ALCANCES	6
1.6. LIMITACIONES	7
1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS	7
1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEORICO	8
2.1. ANTECEDENTES	8
2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS	14
2.2.1. CONCRETO.	14
2.2.1.1. DEFINICIÓN.	14
2.2.1.2. IMPORTANCIA.	15
2.2.1.3. CARACTERISTICAS.	16
2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.	17
2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO.	22

2.2.1.6.	ENSAYO EN CONCRETO FRESCO.	25
2.2.1.7.	ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO.	28
2.2.2.	AGREGADO.	32
2.2.2.1.	DEFINICIÓN.	32
2.2.2.2.	IMPORTANCIA.	33
2.2.2.3.	CLASIFICACIÓN.	34
2.2.2.4.	PROPIEDADES.	43
2.2.3.	CEMENTO.	52
2.2.3.1.	DEFINICIÓN.	52
2.2.3.2.	COMPOSICIÓN.	52
2.2.3.3.	TIPOS.	55
2.2.3.4.	HIDRATACIÓN.	56
2.2.3.5.	FRAGUADO.	57
2.2.3.6.	ENDURECIMIENTO.	58
2.2.3.7.	PROPIEDADES FÍSICAS.	59
2.2.4.	AGUA.	63
2.2.4.1.	DEFINICIÓN.	63
2.2.4.2.	FUNCIONES.	64
2.2.4.3.	REQUISITOS PARA SU USO.	65
2.2.5.	DISEÑO DE MEZCLAS.	66
2.2.5.1.	SECUENCIA MÉTODO ACI-211.	67
2.2.5.2.	PARÁMETROS NECESARIOS.	68
2.2.5.3.	PROCEDIMIENTO.	69
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	80
2.4.	HIPÓTESIS	81
2.4.1.	HIPOTESIS GENERAL.	81
2.4.2.	HIPOTESIS ESPECÍFICA.	81
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	82
2.5.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.	82
2.5.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.	82
CAPÍTULO III		83
METODOLOGÍA		83
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	83
3.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	83
3.1.2.	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.	83
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	84
3.3.	POBLACIÓN MUESTRA	84
3.4.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	85
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	85
3.5.1.	TECNICAS E INSTRUMENTOS	85
3.5.2.	INSTRUMENTOS.	86
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	86
3.6.1.	MUESTREO (NTP 400.010)	86

3.6.2.	CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)	88
3.6.3.	QUE PASA LA MALLA N° 200 (NTP 400.012)	89
3.6.4.	GRANULOMÉTRICO (NTP400.012)	90
3.6.5.	DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)	94
3.6.6.	DENSIDAD, RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	95
3.6.7.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	97
3.6.8.	PESO UNITARIO DEL SUELTO (NTP 400. 017)	98
3.6.9.	EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	100
3.6.10.	CURARADO DE ESPECÍMENES (NTP 339.033)	102
3.6.11.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)	105
3.7.	TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS	106
CAPÍTULO IV		107
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		107
4.1.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS	107
4.1.1.	EXTRACCIÓN DE AGREGADO.	107
4.1.2.	PROPIEDADES DEL AGREGADO.	108
4.1.3.	DISEÑO DE MEZCLAS.	111
4.1.4.	CURADO DEL CONCRETO	111
4.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	115
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	117
4.3.1.	HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	117
4.3.2.	PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.	117
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	119
4.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	121
CONCLUSIONES		123
RECOMENDACIONES		124
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		126
ANEXO		129

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Ubicación de Estación Metereologica.....	3
Tabla 2. Temperatura Ambiental Media Mensual (°C) – Estación Cerro de Pasco.....	4
Tabla 3. Temperatura Ambiental Máxima Mensual (°C) – Estación Cerro de Pasco.....	4
Tabla 4. Temperatura Ambiental Mínima Mensual (°C) – Estación Cerro de Pasco.....	4
Tabla 5. Requisitos de la barra compactadora.....	29
Tabla 6. Método de consolidación requisitos de aplicación.....	29
Tabla 7. Moldeo de especímenes por apisonado.....	29
Tabla 8. Tolerancias prescritas para los ensayos.....	32
Tabla 9. Rocas y Constituyentes minerales en agregados para concreto.....	35
Tabla 10. Límites de Granulometría según ASTM – fina.....	38
Tabla 11. Requerimiento de Granulometría del Agregado Grueso.....	38
Tabla 12. Clasificación de la Forma de las Partículas.....	40
Tabla 13. Clasificación de la Textura Superficial de los Agregados.....	41
Tabla 14. Clasificación por la densidad de los Agregados.....	42
Tabla 15. Componentes fundamentales de la mezcla cruda.....	52
Tabla 16. Componentes del cemento portland.....	53
Tabla 17. Partes por millón aceptables en el agua de mezcla.....	65
Tabla 18. Resistencia a la compresión según la resistencia requerida.....	70
Tabla 19. Revenimiento mínimo y máximo según tipo de construcción.....	71
Tabla 20. Volumen unitario de agua de acuerdo al TMN y el Slump.....	72
Tabla 21. Contenido de aire atrapado de acuerdo al TMN.....	73
Tabla 22. Contenido de aire para concreto resistente al congelamiento.....	73
Tabla 23. Relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia.....	74
Tabla 24. Resistencia a la compresión de acuerdo a la relación agua/cemento.....	76
Tabla 25. Concreto expuesto a soluciones de sulfatos.....	77
Tabla 26. Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de fineza.....	78
Tabla 27. Número de Probetas.....	84
Tabla 28. Parámetros en la Granulometría.....	92
Tabla 29. Márgenes elaboración de Concreto.....	105
Tabla 30. % Tolerancia en Ensayo a la Compresión.....	106
Tabla 31. Ubicación UTM de Cantera – Vicco.....	108
Tabla 32. Contenido de Humedad de Agregado Fino.....	108
Tabla 33. Contenido de Humedad de Agregado Grueso.....	108
Tabla 34. Granulometría Agregado Fino.....	109
Tabla 35. Granulometría Agregado Grueso.....	109
Tabla 36. P.U.S – Agregado Grueso.....	109
Tabla 37. P.U.S – Agregado Fino.....	109
Tabla 38. P.U.C. – Agregado Grueso.....	110
Tabla 39. P.U.C. – Agregado Fino.....	110
Tabla 40. P.E.N – Agregado Fino.....	110
Tabla 41. P.E.N – Agregado Grueso.....	110

Tabla 42. Absorción – Agregado Fino.....	110
Tabla 43. Absorción - Agregado Grueso.....	110
Tabla 44. Temperatura Ambiental Media Mensual Corregida(°C) – Estación Cerro de Pasco.....	112
Tabla 45. Temperatura Ambiental Máxima Mensual Corregida (°C) – Estación Cerro de Pasco.....	112
Tabla 46. Temperatura Ambiental Mínima Mensual Corregida(°C) – Estación Cerro de Pasco.....	113
Tabla 47. Temperatura Promedio Máxima, media y mínima.....	113
Tabla 48. Resistencia de concreto para condiciones de gradiente térmico de Chaupimarca.....	115
Tabla 49. Resistencia de concreto para condiciones de gradiente térmico óptima.....	116
Tabla 50. Resumen de resultados de la rotura de probetas.....	116
Tabla 51. Resistencia a la Compresión Promedio Gradiente Térmica - 28 días.....	118
Tabla 52. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Optima.....	119
Tabla 53. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Chaupimarca.....	120

INDICE DE IMAGEN

Imagen 01. Mapa de localización de localidad.....	7
Imagen 02. Proporción típica en volumen de los componentes del concreto.....	32
Imagen 03. Estados de Saturación del Agregado.....	44
Imagen 04. Diseño de Mezcla final.....	111

INDICE DE GRAFICO

Gráfico 01. Gradiente Térmico - Distrito de Chaupimarca.....	115
Gráfico 02. Gradiente Térmico - Norma ASTM C31.....	115
Gráfico 03. Resistencia a la compresión vs edad (días).....	117
Gráfico 04. Resistencia a la Compresión Promedio.....	118
Gráfico 05. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Optima.....	119
Gráfico 06. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Chaupimarca.....	120
Gráfico 07. Comparativo de Resistencias a la Compresión para ambas Gradientes de Estudio.....	121
Gráfico 08. Comparativo de Resistencias a la Compresión con la resistencia requerida.....	121
Gráfico 09. Resistencias obtenidas a los 28 días.....	124

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de investigación es analizar la influencia del gradiente térmico en la resistencia a la compresión en elementos estructurales en el distrito de Chaupimarca, Provincia y Región de Pasco, ante la disminución de la resistencia del control de calidad del concreto (rotura de probetas) frente a la resistencia de diseño.

El distrito de Chaupimarca se encuentra a 4380 m.s.n.m. donde las temperaturas en los meses del año tienen valores variables, por el cual es necesario el estudio de la Gradiente Térmica y su influencia en el desarrollo de la resistencia del concreto durante el tiempo que este alcance su resistencia de diseño.

En los gráficos 5 y 6, se puede evidenciar la resistencia promedio que desarrolla el concreto con los 2 tipos de gradientes térmicos en estudio: Para una gradiente térmica óptima de acuerdo a la Norma ASTM C31 el concreto alcanza una resistencia a la compresión promedio de las muestras de $f'c=214.72 \frac{kg^2}{cm}$, a los 28 días, para una gradiente térmica para el distrito de Chaupimarca el concreto alcanza una resistencia a la compresión $f'c=174.20 \frac{kg^2}{cm}$ a los 28 días.

Esta investigación se divide en:

- CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en donde se efectúa la identificación del problema; en la influencia del

gradiente térmico en la resistencia a la compresión, dentro del diseño de concreto para elementos estructurales.

- CAPITULO II: MARCO TEORICO, en donde se describe en macro las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la presente investigación.
- CAPITULO III: METODOLOGIA, en donde describe el proceso del desarrollo de la investigación; la cual es desarrollada mediante ensayos de laboratorio.
- CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION, en donde se describe los resultados de las propiedades físicas – mecánicas de los agregados, diseño de mezcla, pruebas de rotura y discusión de resultados mediante gráficos estadísticos.
- CONCLUSIÓN, es donde se describe las ideas en conclusiones de la investigación.
- RECOMENDACIÓN, es donde se describe las recomendaciones que se desprende de los resultados obtenidos.
- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA, es donde se describe las referencias utilizadas para la redacción de la presente investigación.
- ANEXO, es donde se detalla todo lo necesario para complementar la presente investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente año el mundo, el Perú y el distrito de Chaupimarca viene sufriendo una diversidad de problemas por los cambios de temperatura, por el efecto del calentamiento global.

Pasco, distrito de Chaupimarca se encuentra a 4380 m.s.n.m. los datos meteorológicos provienen de la estación que se encuentra en el sector más cercana al área de estudio, y corresponden a aquellas ubicadas en Cerro de Pasco, se presenta la ubicación de la estación meteorológica.

Tabla 1. Ubicación de Estación Metereológica

N°	Código	Nombre	Departamento	Provincia	Distrito	Coordenadas Geográficas			Periodo de registro
						Latitud	Longitud	Altitud	
1	000593	Cerro de Pasco	Pasco	Pasco	Chaupimarca	10° 41' 37''	76° 15' 01''	4260	2013-2018

Fuente: SENAMHI

A continuación, se describe los valores registrados y los meses en el cual se presentan dichos valores, lo cuál permite determinar el comportamiento de la temperatura a lo largo del año.

Tabla 2. Temperatura Ambiental Media Mensual (°C) – Estación Cerro de Pasco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
2013	S/D	6.95	6.60	5.90	5.15	4.75	2.80	3.80	4.15	5.85	5.90	7.80	5.42
2014	6.00	6.00	5.90	5.25	5.25	4.75	3.25	3.15	3.65	6.15	7.35	7.40	5.34
2015	6.15	6.95	4.50	6.35	4.95	4.85	2.75	4.55	5.75	6.20	4.85	6.60	5.37
2016	8.15	8.30	8.15	6.65	6.80	3.45	3.40	4.55	4.95	S/D	S/D	S/D	6.04
2017	6.80	5.95	6.40	6.30	5.70	4.95	4.20	4.55	5.65	6.15	7.10	7.25	5.92
2018	6.15	6.60	7.30	6.76	6.92	5.03	4.27	4.63	5.85	S/D	S/D	S/D	5.95
T° Máxima	8.15	8.30	8.15	6.65	6.92	5.03	4.27	4.63	5.85	6.20	7.35	7.80	6.04
T° Promedio	6.65	6.79	6.48	6.09	5.79	4.63	3.45	4.20	5.00	6.09	6.30	7.26	5.67
T° Mínima	6.00	5.95	4.50	5.25	4.95	3.45	2.75	3.15	3.65	5.85	4.85	6.60	5.34

Fuente: SENAMHI

Tabla 3. Temperatura Ambiental Máxima Mensual (°C) – Estación Cerro de Pasco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
2013	S/D	13.50	13.00	14.20	13.70	13.50	11.60	13.00	13.90	14.00	15.00	15.20	13.69
2014	13.40	13.00	13.50	12.50	13.50	14.50	12.50	12.80	13.50	14.50	15.50	15.00	13.68
2015	14.50	14.10	12.40	12.50	13.90	13.90	14.30	14.50	14.50	15.60	14.30	14.90	14.12
2016	16.50	16.00	15.50	15.00	15.80	14.00	15.00	14.50	15.50	S/D	S/D	S/D	15.31
2017	14.00	12.90	12.00	14.00	13.00	14.10	14.00	15.00	14.50	14.50	15.00	14.70	13.98
2018	14.50	14.00	15.20	14.17	14.92	13.69	14.17	14.17	14.64	S/D	S/D	S/D	14.38
T° Máxima	16.50	16.00	15.50	15.00	15.80	14.50	15.00	15.00	15.50	15.60	15.50	15.20	15.31
T° Promedio	14.58	13.92	13.60	13.73	14.14	13.95	13.60	14.00	14.42	14.65	14.95	14.95	14.19
T° Mínima	13.40	12.90	12.00	12.50	13.00	13.50	11.60	12.80	13.50	14.00	14.30	14.70	13.68

Fuente: SENAMHI

Tabla 4. Temperatura Ambiental Mínima Mensual (°C) – Estación Cerro de Pasco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
2013	S/D	0.40	0.20	-2.40	-3.40	-4.00	-6.00	-5.40	-5.60	-2.30	-3.20	0.40	-2.85
2014	-1.40	-1.00	-1.70	-2.00	-3.00	-5.00	-6.00	-6.50	-6.20	-2.20	-0.80	-0.20	-3.00
2015	-2.20	-0.20	-3.40	0.20	-4.00	-4.20	-8.80	-5.40	-3.00	-3.20	-4.60	-1.70	-3.38
2016	-0.20	0.60	0.80	-1.70	-2.20	-7.10	-8.20	-5.40	-5.60	S/D	S/D	S/D	-3.22
2017	-0.40	-1.00	0.80	-1.40	-1.60	-4.20	-5.60	-5.90	-3.20	-2.20	-0.80	-0.20	-2.14
2018	-2.20	-0.80	-0.60	0.14	-1.11	-2.77	-3.88	-3.74	-2.08	S/D	S/D	S/D	-1.89
T° Máxima	-0.20	0.60	0.80	0.20	-1.11	-2.77	-3.88	-3.74	-2.08	-2.20	-0.80	0.40	-1.89
T° Promedio	-1.28	-0.33	-0.65	-1.19	-2.55	-4.55	-6.41	-5.39	-4.28	-2.48	-2.35	-0.43	-2.75
T° Mínima	-2.20	-1.00	-3.40	-2.40	-4.00	-7.10	-8.80	-6.50	-6.20	-3.20	-4.60	-1.70	-3.38

Fuente: SENAMHI

Si consideramos lo indicado en la Norma ASTM C-31 donde la temperatura óptima de curado es de 23°C más menos 2°C, es decir en el rango de 21°C a 25°C, no es posible la presencia de esta temperatura en condición ambiente en el distrito de Chaupimarca como se observa en las tablas 2,3 y 4.

Por lo que, es importante determinar la influencia de la gradiente térmica en la resistencia de concreto a compresión en elementos estructurales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia del gradiente térmico en la resistencia a la compresión en elementos estructurales en el distrito de Chaupimarca - Pasco -2018?

1.2.1. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- ¿Cómo influye el gradiente térmico en el distrito de Chaupimarca en la resistencia a la compresión en elementos estructurales a los 28 días?
- ¿Cómo es el comportamiento de la resistencia a la compresión en elementos estructurales a los 28 días en condiciones óptimas de gradiente térmico?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERAL.

Analizar la influencia del gradiente térmico en la resistencia a la compresión en elementos estructurales en el distrito de Chaupimarca - Pasco – 2018.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 28 días, en condiciones de gradiente térmico para el distrito de Chaupimarca - Pasco – 2018.
- Establecer la resistencia a la compresión en condiciones óptimas de temperatura a los 7, 14, 28 días.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación se justifica porque nos permite evaluar la influencia de la temperatura en el proceso de curado en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones de gradiente térmico para el distrito de Chaupimarca, Pasco.

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. IMPORTANCIA

La importancia conlleva a hallar el nivel de la influencia del gradiente térmico en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Chaupimarca, Pasco.

1.5.2. ALCANCES

Localidades ubicadas a más de 4380 m.s.n.m con condiciones de temperatura igual o similar a la presentada en el distrito de Chaupimarca, Pasco.

Asimismo, el distrito de Chaupimarca, Pasco.

1.6. LIMITACIONES

1.6.1. LIMITACIONES GEOGRAFICAS

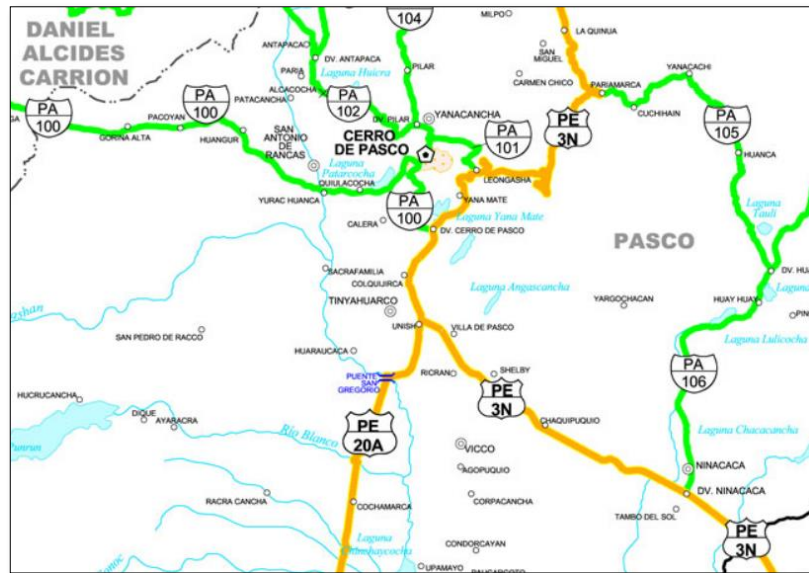


Imagen 1. Mapa de Localización de Localidad

FUENTE: <http://www.map-peru.com/es/mapas/ficha-mapa-vial-de-pasco-2004>

1.6.2. LIMITACIONES DE ESTUDIO

Se prevé las siguientes limitaciones para el desarrollo de la investigación:

- A la variación de la temperatura del agua por causa de los efectos de calentamiento climático.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto de investigación tiene antecedentes en las siguientes investigaciones:

TEMA : INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA
AMBIENTE EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210
KG/CM2 EN MÁS DE 4380 M.S.N.M.,
YANACANCHA - PASCO

AUTOR : Nuria Lily HUARICANCHA CRISTOBAL

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

AÑO : 2018

PAIS : Pasco - Perú

RESUMEN : El objetivo principal es evaluar la influencia de la temperatura ambiente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210kg/cm^2$ en más de 4380 m.s.n.m., Yanacancha, Pasco. al momento de la preparación del concreto en la resistencia del mismo a los 28 días, con temperaturas que van desde 0°C hasta 12°C. El presente trabajo de tesis se llevó a realizar en el laboratorio de la Escuela Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ubicado en el Campus d la universidad del distrito de Yanacancha. El cual se realizó en los meses de Julio – Agosto. (...)

TEMA : INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LA CIUDAD DE PUNO - 2017

AUTOR : Nelson Hermes QUISPE AMANQUI

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional del Altiplano

AÑO : 2017

PAIS : Puno - Pero

RESUMEN : Ante el problema de la disminución de la resistencia a compresión del concreto, de la

resistencia del control de calidad frente a la resistencia de diseño, en concretos elaborados en la ciudad de Puno, se cree que el curado de concreto en condiciones ambientales de temperatura diaria para la ciudad de Puno influye negativamente en la resistencia del concreto a compresión, es por este motivo que se realizó el proyecto de investigación titulado “Influencia del gradiente térmico en la resistencia del concreto en la ciudad de Puno – 2017”, con el objetivo de analizar la influencia del gradiente térmico en la Resistencia del concreto, el presente proyecto fue realizado desde un enfoque cuantitativo, cuyo tipo de investigación es experimental. (...)

TEMA : ESTUDIO TERMODINÁMICO TEÓRICO - PRÁCTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE VACIADOS DE CONCRETO MASIVO A MÁS DE 4 700 M.S.N.M EN LA SIERRA DEL PERÚ

AUTOR : MARCO ANDRES ZEÑA VELA

INSTITUCIÓN : Pontificia Universidad Católica del Perú

AÑO : 2015

PAIS : Perú

RESUMEN : Cuando se trata de concreto masivo la principal diferencia que se presenta frente a un concreto distinto, es su comportamiento térmico. Esto se debe a que, la baja conductibilidad térmica del concreto no permite que el calor generado en su interior se disipe rápidamente, causando diferenciales altos de temperatura entre la cara expuesta del elemento y el interior.

En el presente trabajo de tesis se expone las principales características del concreto masivo, indicando cuáles son los parámetros que tienen mayor redundancia en el diseño de la mezcla. Además, se mencionan cuáles son las normativas vigentes que rigen sobre estos tipos de elementos. (...)

TEMA : INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C= 210

KG/CM², UTILIZANDO AGREGADOS DEL
RIO CAJAMARQUINO

AUTOR : Héctor CASTRO SAAVEDRA

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional de Cajamarca

AÑO : 2014

RESUMEN : El objetivo principal de este trabajo de investigación, fue determinar la influencia de la temperatura del agua al momento de la preparación del concreto en la resistencia del mismo a los 28 días, con temperaturas que van desde 4°C hasta 80°C.

Este trabajo de investigación, fue llevado a cabo en el laboratorio del ingeniero Wilfredo Renán Fernández Muñoz, ubicado en la urbanización Los Docentes, Manzana H; Lote 3, con la autorización de la oficina de Coordinación Académica del Programa de Actualización Profesional de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería 2014 de la Universidad Nacional de Cajamarca. Para llevarse a cabo, realizándose este trabajo de investigación se realizó entre los meses de agosto y noviembre.

Luego de una preparación muy cuidadosa de los cilindros de concreto con aguas a temperaturas de 4°C, 18.5°C (temperatura ambiental), 40°C, 60°C y 80°C respectivamente, fueron colocados por los tiempos de 7, 14, 21 y 28 días en agua para su proceso de curado, fueron sometidos a compresión y se estudió su comportamiento.

TEMA : INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES POR EFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

AUTOR : María SOLEDAD GÓMEZ L.

INSTITUCIÓN : Pontificia Universidad Católica de Chile

AÑO : 2006

RESUMEN : En el hormigón, el desarrollo de la resistencia a compresión depende también en gran parte de la temperatura de confección y colocación. Existen estudios que hablan de hormigonado en tiempo frío, temperaturas menores a 5° C, tiempo caluroso, temperaturas mayores a 35 °C y normales entre los rangos anteriores.

El presente estudio permite establecer cómo incide la temperatura ambiente al momento de la confección del hormigón, en la resistencia a compresión, así como en la evolución de la resistencia entre 7 y 28 días. Para el estudio se analizaron un total de 778 muestras, correspondientes a hormigones grado H20, H25 y H30 con un 5% y 10% de defectuoso, compuestas por 3 probetas cada una, las que fueron ensayadas a compresión a 7 y 28 días. Asimismo, se consideraron temperaturas mayores a 5° C y menores a 35° C, de manera de no incluir las temperaturas correspondientes a hormigonados especiales (tiempo frío y caluroso). (...)

2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS

2.2.1. CONCRETO.

2.2.1.1. DEFINICIÓN.

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

(Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 11).

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. *(ICG., Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.8).*

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. *(Ing. Ana Torre C., Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles, 2004, Pág. 74).*

2.2.1.2. IMPORTANCIA.

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país.

Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades,

selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. *(ICG., Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, Pág.8).*

2.2.1.3. CARACTERISTICAS.

Entre los factores que hacen del concreto un material de construcción Universal tenemos:

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como, por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.

- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión).

Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 11, 12*).

2.2.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.

Las características del concreto han de ser función del fin para el cual está destinado.

Por ello la selección de las propiedades de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 37*).

- **TRABAJABILIDAD:** Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulada, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que presente segregación. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 37*).
- **CONSISTENCIA:** La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada, pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimento puede ser consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 40*).
- **RESISTENCIA:** La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser

soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 42).

- **DURABILIDAD:** El concreto debe ser capaz de endurecer mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio las cuales él está

sometido. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 44, 45).

- **DENSIDAD:** En determinados tipos de obras, la selección de las proporciones de la mezcla de concreto es efectuada fundamentalmente para obtener alta densidad. En estos casos, empleando agregados especiales, se pueden obtener concretos trabajables con pesos unitarios del orden de 5600 kg/m^3 . (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 47).
- **GENERACION DE CALOR:** Un aspecto importante de la selección de las propiedades de los concretos masivos es el tamaño y perfil de la estructura en la cual ellos van a ser empleados. Ellos son debido a que la colocación de grandes volúmenes de concreto puede obligar a tomar medidas para controlar la generación de calor debida al proceso de hidratación de cemento, con los resultantes cambios de volumen en el interior de la masa de concreto y el incremento en el peligro de figuración del mismo. Como regla general, para los cementos normales Tipo I, la hidratación deberá generar una elevación de temperatura del concreto del orden de 6 a 11 C°

por saco de cemento por metro cubico de concreto.

Si la elevación de la temperatura de la masa de concreto no es mantenida en un mínimo, o si no permite que el calor se disipe a una velocidad razonable, o si se permite que el concreto se enfríe rápidamente, puede presentarse agrietamiento. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 47, 48).

- **ESCURRIMIENTO PLÁSTICO:** Cuando el concreto está sujeto a una carga constante, la deformación producida por dicha carga puede ser dividida en dos partes: la deformación elástica, la cual ocurre inmediatamente y desaparece totalmente en cuanto se remueve la carga, y el escurrimiento plástico el cual se desarrolla gradualmente.

El escurrimiento plástico puede por lo tanto ser definido como el alargamiento o acortamiento que sufre una estructura de concreto como consecuencia de una sollicitación uniforme y constante de tracción o compresión respectivamente. (Rivva López, *Propiedades del Concreto*, 2014, pág. 49).

- **DILATACION TERMICA:** Sabemos que las propiedades térmicas del concreto son importantes en relación con el mantenimiento en valores mínimos de los cambios de volumen. Como coeficiente de dilatación térmica del concreto puede aceptarse $1/100\ 000$, siempre que no se determine otro valor para casos especiales, dado que el valor real es una magnitud variable que depende del tipo de cemento, de las características de los agregados y de su volumen en unidad cubica de concreto, así como el grado de humedad y de las dimensiones de la sección transversal. (*Rivva López, Propiedades del Concreto, 2014, pág. 50*).

2.2.1.5. TIPOS DE CONCRETO.

A. **CONCRETO SIMPLE:** Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua.

En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto

por la misma pasta. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 12*).

B. **CONCRETO ARMADO:** Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

C. **CONCRETO ESTRUCTURAL:** Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima preestablecida en el diseño y una durabilidad adecuada. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

D. **CONCRETO CICLOPEO:** Se denomina así al concreto simple que está complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total.

Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

E. **CONCRETOS LIVIANOS:** Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m^3 .

F. **CONCRETOS NORMALES:** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/m^3 . Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/m^3 . (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

G. **CONCRETOS PESADOS:** Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/m^3 . (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 13*).

H. **CONCRETO PREMEZCLADO:** Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores. y que es transportado a obra.

(Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).

- I. **CONCRETO PREFABRICADO:** Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura. (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).
- J. **CONCRETO BOMBEADO:** Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final. (Flavio Abanto C., *Tecnología del Concreto*, 2009, pág. 14).

2.2.1.6. ENSAYO EN CONCRETO FRESCO.

A. 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.*

B. 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.*

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

D = Densidad, en Kg/m³

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 m³

C. 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

D. 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 Ry 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, en kg/m^3 .

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda, en m^3

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

E. 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*

2.2.1.7. ENSAYO EN CONCRETO ENDURECIDO.

A. 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 5. Requisitos de la barra compactadora

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

Tolerancia en la longitud, ± 100 mm. Tolerancia en el diámetro ± 2 mm

FUENTE: NTP 339.033

Tabla 6. Método de consolidación requisitos de aplicación

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

FUENTE: NTP 339.033

Tabla 7. Moldeo de especímenes por apisonado

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		
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

B. 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^2 . para introducir la aguja una pulgada, y el fraguado final cuando se necesita aplicar la presión de 4000 lb/pulg .

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^2 .

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^2

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)

C. 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 8. Tolerancias prescritas para los ensayos

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
3 d	± 2 h ó 2.8 %
7 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2 %

FUENTE: NTP 339.034

2.2.2. AGREGADO.

2.2.2.1. DEFINICIÓN.

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total (Imagen 2) luego las calidades de estos tienen una importancia primordial en el producto final. (*Pasquel Carbajal, 1999*).

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

Imagen 2. Proporción típicas en volumen de los componentes del concreto

FUENTE: Propio.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o

combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto. (Pasquel Carbajal, 1999).

2.2.2.2. IMPORTANCIA.

Como ya se mencionó el agregado influye notablemente en el concreto tanto en su estado fresco como endurecido.

Con respecto al concreto fresco la absorción es la que mayor influencia tiene en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben directamente agua de la mezcla, disminuyendo la manejabilidad, por otro lado, la forma de los agregados, la granulometría de los agregados, módulo de fineza y tamaño máximo del agregado grueso tiene incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco.

Frecuentemente la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con la variación de la relación a/c, pero las características del agregado tales como el tamaño, forma, textura, superficie y tipo de mineral, influyen en las características de la

zona de transición, y por lo tanto afectan la resistencia del concreto endurecido.

La importancia de los agregados también se fundamenta en que estos resisten los cambios volumétricos que se originan por contracciones plásticas, resisten los cambios volumétricos por secado. El Módulo de elasticidad del concreto es afectado por el Módulo de Elasticidad del agregado y por el contenido volumétrico de este en el concreto, otra característica que influye en el Módulo de Elasticidad del Concreto es la porosidad debido a que esta determina su rigidez, la forma de las partículas del agregado grueso y sus características superficiales pueden influir también en el valor del Módulo de Elasticidad del Concreto.

2.2.2.3. CLASIFICACIÓN.

El agregado generalmente se clasifica desde distintos puntos de vista como puedes ser por su procedencia, gradación, forma y textura, densidad.

- **POR SU PROCEDENCIA:**

- 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.

Tabla 9. Rocas y Constituyentes minerales en agregados para concreto

MINERALES		ROCAS ÍGNEAS	ROCAS METAMÓRFICAS	ROCAS SEDIMENTARIAS
SÍLICE	CARBONATOS	Granito	Mármol	Conglomerados
Cuarzo	Calcita	Sienita	Metacuarcita	Arenas
Opalo	Dolomita	Diorita	Pizarra	12. Cuarcita
Calcedonia	SULFATOS	Gabro	Filitita	13. Arenisca
Tridimita	Yeso	Pendotita	Esquisto	Piedra Arcillosa
Cristobalita	Anhidrita	Pegmatita	Anfibolita	Piedra Aluvional
SILICATOS	SULFUROS DE HIERRO	Vidrio volcánico	Hornsfelsa	Argillita y Pizarra
Feldespatos	Pirita	1. Obsidiana	Gneiss	Carbonatos
Ferromagnesianos	Marcasita	2. Pumicita	Serpentina	14. Calizas
6. Hornblenda	Pirofita	3. Tufo		15. Dolomitas
7. Augita	ÓXIDO DE HIERRO	4. Escoria		16. Marga
8. Arcillas	Magnetita	5. Perlita		17. Tiza
9. Illitas	Hematita	Fetsita		Horsteno
10. Caolinas	Geotita	Basalto		
11. Mortmorillonita	Ilmenita			
Mica	Limonita			
Zeolita				

FUENTE: Propio.

En el Tabla 6 se detallan las rocas y minerales que constituyen los agregados para concreto y la Norma ASTM C-294 incluye de manera muy detallada la nomenclatura estándar de los constituyentes de los agregados minerales

naturales, que resulta muy útil para entender y describir adecuadamente dichos constituyentes.

Estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.

- *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. Algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la micro sílice etc.

El potencial de uso de estos materiales es muy amplio, en la medida que se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que a nivel mundial hay una tendencia

muy marcada hacia progresar en este sentido.

▪ ***POR SU GRADACIÓN:***

La distribución del tamaño de la partícula se llama gradación, y esta tiene suma importancia en el concreto se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75mm (malla standard ASTM #4).

○ *Agregado Fino*

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP400.037. La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena, la distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas para el agregado fino son las N° 4, 8, 16, 30, 50,100. En general es recomendable que la

granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites

Tabla 10. Límites de Granulometría según ASTM - fina

MALLA	% QUE PASA (ACUMULADO)
3/8"	100
N°4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 85
N°30	25 – 60
N°50	10 – 30
N°100	02-Oct

FUENTE: ASTM.

○ Agregados Grueso

Se define al agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

Tabla 11. Requerimiento de Granulometría del Agregado Grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (pulg.)	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS (ASTM C33, NTP 400.037)												
		100 mm (4")	90 mm (3 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm N°4	2.36 mm N°8	1.18 mm N°16
1	3 1/2" – 1 1/2"	100	90 - 100		25 – 60		0 – 15		0 – 5					
2	2 1/2" – 1 1/2"			100	90 – 100	35 – 70	0 – 15		0 – 5					
3	2" – 1"				100	90 – 100	35 – 70	0 – 15		0 – 5				
357	2" – N°4				100	95 – 100		35 – 70		10 – 30		0 – 5		
4	1 1/2" – 3/4"					100	90 – 100	20 – 55	0 – 15		0 – 5			
467	1 1/2" – N°4					100	95 – 100		35 – 70		10 – 30	0 – 5		
5	1" – 1/2"						100	90 – 100	20 – 55	0 – 10	0 – 5			
56	1" – 3/8"						100	90 – 100	40 – 85	10 – 40	0 – 15	0 – 5		
57	1" – N°4						100	95 – 100		25 – 60		0 – 10	0 – 5	
6	3/4" – 3/8"							100	90 – 100	20 – 55	0 – 15	0 – 5		
67	3/4" – N°4							100	90 – 100		20 – 55	0 – 10	0 – 5	
7	1/2" – N°4								100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5	
8	3/8" – N°8									100	85 - 100	10 – 30	0 – 10	0 - 5

FUENTE: ASTM.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en el siguiente cuadro.

▪ ***POR SU FORMA Y TEXTURA:***

Las características externas del agregado, en particular la forma de la partícula y textura superficial, influye en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Aunque la forma de cuerpos tridimensionales es difícil de describir, es conveniente definir algunas características geométricas de dichos cuerpos.

La redondez mide la angulosidad o agudeza relativa de las orillas y las esquinas de una partícula. La redondez real es consecuencia de la resistencia al desgaste y a la abrasión de la roca de origen. En el caso de agregado triturado, la forma dependerá de la naturaleza del material de origen y el tipo de triturado y su proporción de reducción.

Otro aspecto de la forma del agregado grueso es su esfericidad que se define como la función de relación del área de superficie de la partícula a su volumen (superficie específica).

Las partículas con una alta proporción del área de superficie con respecto al volumen son de partículas de interés, ya que disminuyen la manejabilidad de la mezcla. Las partículas alargadas y las escamosas son de este tipo. Las últimas pueden afectar negativamente la durabilidad del concreto, pues tienden a orientarse en un plano, en cuya parte inferior se forman huecos de aire y agua.

Tabla 12. Clasificación de la Forma de las Partículas

CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LOS AGREGADOS		
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción.	Grava de río o playa, arena del desierto, de la playa o del viento.
Irregular	Naturalmente irregular o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos.	Otras gravas, pedernal de tierra o excavada.
Escamosa	Material cuto espesor es pequeño en relación con las otras dimensiones.	Roca laminada.
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de las caras planas	Rocas trituradas de todos los tipos, escoria triturada.
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dimensiones	
Escamosa y alargada	Material con longitud considerablemente mayor que el ancho y considerablemente mayor que el espesor.	

FUENTE: Neville & Brooks, (1985)

Un exceso de más de 15 o 20% de partículas alargadas o escamosas en la masa del agregado grueso es por lo general indeseable, aunque no se han establecido límites reconocidos. Las

clasificaciones de estas partículas están descritas en el siguiente cuadro:

La clasificación por textura de la superficie se basa en el grado en que la superficie de la partícula es pulida u opaca, tersa o rugosa; y el tipo de rugosidad también debe especificarse.

Tabla 13. Clasificación de la Textura Superficial de los Agregados

CLASIFICACIÓN DE AL TEXTURA SUPERFICIAL DE LOS AGRGADOS		
TEXTURA DE SUPERFICIE	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Vidriosa	Fractura concoidal.	Pedernal negro, escoria vítrea.
Pulida	Desgastado por agua, o ido a fractura de laminado o roca de grano fino.	Gravas, esquisto, pizarra, mármol, algunas riolitas.
Granulosa	Fracturas que muestran granos uniformes más o menos pulidos	Areniscas, oolita.
Rugosa	Fracturas rugosa de roca granular fina-media que tiene constituyentes cristalinos que no se pueden ver fácilmente	Basalto, felsita, pórfido, caliza.
Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles.	Granito, grabo, gneis.
Panal de abeja alargada	Con cavidades y poros visibles.	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, barro expandido.

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

La textura de la superficie depende de la dureza, del tamaño de grano y de las características del poro del material de origen (las rocas duras, densas y de grano fino, generalmente presentan superficies tersas con fracturas), así como del

grado en que las fuerzas que actúan sobre la partícula la hayan suavizado o vuelto áspero.

La forma y textura de la superficie del agregado, especialmente en el agregado fino, tienen gran influencia en los requerimientos de agua de la mezcla.

En términos prácticos, a mayor cantidad de espacios o huecos en un agregado poco compactado, se requiere más agua. La escamosidad y la forma del agregado grueso tienen, por lo general un efecto significativo en la manejabilidad del concreto, la cual decrece con el incremento de número de angulosidad.

▪ **POR SU DENSIDAD:**

Nos referimos a densidad como la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en:

Tabla 24. Clasificación por la densidad de los Agregados

AGREGADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA "Ge"
Ligeros	<2.5
Normales	2.5 a 2.75
Pesados	>2.75

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

Cada uno de ellos muestra comportamientos diversos en relación al Concreto.

2.2.2.4. PROPIEDADES.

▪ *Propiedades Mecánicas*

No es posible relacionar el desarrollo potencial de la resistencia del concreto con las propiedades del agregado. Sin embargo, es importante conocer la magnitud de sus propiedades mecánicas para poder evaluar la calidad de los mismos.

Entre dichas propiedades tenemos:

- Adherencia
- Resistencia
- Tenacidad
- Resistencia al desgaste (Abrasión)

▪ *Propiedades Físicas*

Varias propiedades físicas comunes del agregado, conocidas desde el estudio de la física elemental, son relevantes para el comportamiento del agregado en el concreto y para las propiedades del concreto hecho con el agregado dado. A continuación, se tratan estas propiedades físicas, así como su medición.

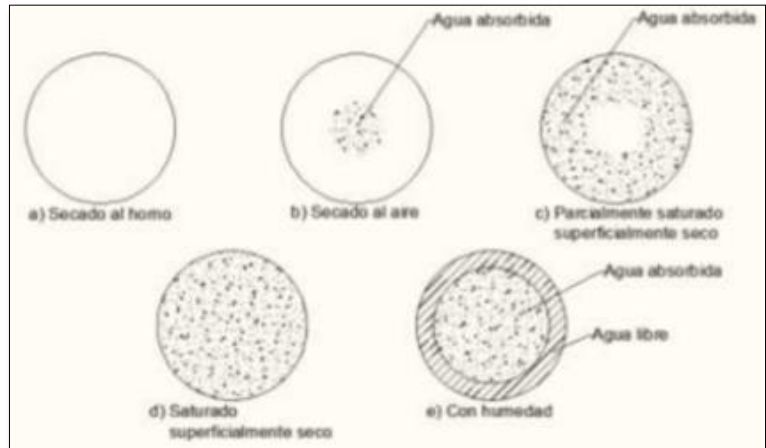


Imagen 3. Estados de Saturación del Agregado.

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

- Condiciones de Saturación: A continuación, se esquematizan las condiciones de saturación, partiendo de un estado seco hasta que tiene una humedad superficial:
- Peso Específico: Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

Las normas ASTM C127 Y C128 establecen el procedimiento estandarizado para determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

Peso Específico de masa seca (Gb):

Se refiere al volumen del material sólido incluido todos los poros.

$$G_b = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{V_{ag} \times D_a}$$

Peso Específico Saturado

Superficialmente Seco (Gsss):

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$G_{sss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} \times D_a}$$

Peso Específico Aparente (Ga):

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$G_a = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{V_s \times D_a}$$

- Peso Unitario: Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre las partículas entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta

cierto punto relativo. La norma ASTM C29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

Algunas personas aplican el mismo ensayo, pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto", sin embargo este valor tampoco es necesariamente del material en campo.

- Porcentaje De Vacíos: Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregado. Depende también del acomodo entre partículas por lo que su valor es relativo como en el caso de peso

unitario. La norma ASTM C29, indica la fórmula para calcularlo:

$$\% \text{de Vacios} = \frac{(S \times W) - M}{S \times W}$$

Dónde:

S = Peso Específico de la masa.

W = Densidad del agua.

M = Peso Unitario compactado seco.

- Absorción: Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados por que siempre queda aire atrapado. La absorción real de agua del agregado debe deducirse del requerimiento total de agua de la mezcla, para obtener la relación efectiva de agua/cemento, que controla tanto la manejabilidad como la resistencia del concreto.

La absorción de agua se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca

después de secarla en un horno durante 24 horas. La relación de la disminución de masa respecto a la masa de muestra seca, expresada como porcentaje, se denomina absorción.

$$\% \text{Absorción} = \frac{P_{\text{sss}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}}}$$

- Porosidad: Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Los tamaños de los poros en el agregado varían en un amplio rango hasta los más pequeños son mayores que los poros de gel en la pasta de cemento. Algunos poros del agregado están totalmente dentro de la partícula, pero otros se abren en la superficie, de modo que el agua puede penetrar en ellos; la cantidad y la proporción de la penetración dependen del tamaño, de la continuidad y del volumen de poros. El grado de porosidad de las rocas comunes varía de 0 a 5%; puesto que el agregado representa aproximadamente tres cuartas partes del volumen de

concreto, es claro que la porosidad del mismo contribuye a la porosidad general del concreto.

- Humedad: Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas del agregado. El contenido de humedad debe permitirse en el cálculo de series de cantidades y del requerimiento total de agua de las mezclas. La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C566.

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{P. Orig. Muestra} - \text{P. Seco}}{\text{P. Seco}}$$

▪ **Propiedades Térmicas**

Condicionan el comportamiento de los agregados ante el efecto de los cambios de temperatura.

Estas propiedades tienen importancia básica en el concreto pues el calor de hidratación generado por el cemento, además de los cambios térmicos ambientales actúan sobre los agregados provocando dilataciones, expansiones, retención o disipación de calor según sea el caso.

Las propiedades térmicas están afectadas por la condición de humedad de los agregados, así como por la porosidad, por lo que sus valores son bastante variables. Los principales son:

- Coeficiente de expansión: Cuantifica la cantidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura. Depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado.

- Calor específico: Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1°C la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de rocas salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos. Es del orden de 0.18 cal/g. °C.
- Conductividad térmica: Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la

porosidad siendo un rango de variación relativamente estrecho.

Los valores en los agregados son de 1.1 a 2.7 Btu/pie. hr. °F.

- Difusividad: Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa.

Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto del calor específico por la densidad

- ***Propiedades Químicas.***

Los agregados son en general sumamente resistentes al ataque de agentes químicos, siendo importante establecer que cualquier agresión de este tipo debe ser en forma de solución para que tenga la posibilidad de surtir algún efecto.

Los agregados que contienen ciertos constituyentes pueden reaccionar con los hidróxidos alcalinos en el concreto. La reactividad es potencialmente perjudicial solo cuando produce una expansión significativa. Esta reacción álcali agregado se presenta en dos formas, reacción álcali-sílice (RAS) y reacción álcali-carbonato

(RAC). La RAS es más preocupante que la RAC por que la ocurrencia de agregados que contiene minerales reactivos de sílice es más común. Los agregados de carbonatos reactivos con álcalis tienen una composición específica que no es muy común.

2.2.3. CEMENTO.

2.2.3.1. DEFINICIÓN.

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).

2.2.3.2. COMPOSICIÓN.

Tabla 15. Componentes fundamentales de la mezcla cruda

Componente Fundamental	Fórmula	Se Representa
Óxido de calcio: cal, calcio.	CaO	C
Óxido de silicio: sílica, sílice.	SiO ₂	S
Óxido de aluminio: alúmina.	Al ₂ O ₃	A
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	F

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

El cemento portland está compuesto por una serie de componentes, de fórmula química un tanto compleja, en este apartado trataremos de explicarlo.

Tabla 36. Componentes del cemento portland

Nombre del Compuesto	Composición del óxido	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico (alita)	$3Ca.SiO_2$	C_3S	40 - 50%
Silicato dicálcico (belita)	$3Ca.SiO_2$	C_3S	20 - 30%
Aluminato tricálcico (felita)	$3Ca.Al_2O_3$	C_3A	10 - 15%
Aluminoferrito tetracálcico (celita)	$4Ca.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	5 - 10%

FUENTE: Neville & Brooks, 1985

- **Silicato Tricálcico (Alita):** Es el componente más importante del cemento, el problema es del tipo económico, ya que su producción resulta muy cara. Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:
 - Mucha resistencia inicial (primera semana).
 - Endurecimiento rápido.
 - Desprendimiento de mucho calor de hidratación.
- **Silicato Dicálcico (Belita):** Es uno de los componentes mayoritarios del cemento. Aparece en contracciones en contracciones

altas en cementos, que se emplean para trabajar con grandes volúmenes de concreto.

Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:

- Resistencia a largo plazo.
 - Desprendimiento de menor calor de hidratación en comparación al silicato tricálcico.
- **Aluminato Tricálcico (Felita):** Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido. Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:
- Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia.
 - En conjunto con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador.
 - Los cementos con alto porcentaje en aluminato tricálcico, desprenden mucho calor durante el proceso de hidratación.

- **Aluminoferrito Tetracálcico (Celita):** Es un compuesto complejo obtenido en el Clinker de los cementos portland. Se caracteriza por aportar escasa o nula propiedad física de resistencia al hormigón al ser hidratado en la fragua del cemento.

2.2.3.3. TIPOS.

Cuando los cementos con diferentes composiciones químicas se hidratan, pueden tener propiedades distintas. Es posible, por tanto, seleccionar mezclas de materias primas para la producción de varios tipos de cemento, según las propiedades requeridas.

En Cementos Andino. se producen Cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y Tipo IPM los cuales se procederán a definir en la clasificación. Los cementos portland, se fabrican en cinco tipos las cuales se han normalizado bajo la especificación de la norma ASTM C150

- **Tipo I:** Para uso general en la construcción, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren de las propiedades

especiales especificadas para los otros cuatro tipos de cemento.

- **Tipo II:** Se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción.
- **Tipo IV:** Cemento de bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos.

2.2.3.4. HIDRATACIÓN.

Para apreciar totalmente los diversos mecanismos de contracción es necesario comprender la hidratación del cemento. La propiedad de liga de las pastas de cemento se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada hidratación la cual provoca una reacción exotérmica que produce calor.

El primer elemento en reaccionar es el Aluminato Tricálcico (C_3A), y posteriormente los silicatos y el Aluminoferrita tricálcica (C_4AF), caracterizándose

el proceso por la dispersión de cada gramo de cemento en millones de partículas.

La acción del yeso contrarresta la velocidad de las reacciones y en estado se produce lo que se denomina el periodo latente o de reposo en que las reacciones se atenúan, y dura entre 40 y 120 minutos dependiendo de la temperatura ambiente y el cemento en la partícula.

En este estado se forma hidróxido de calcio que contribuye a incrementar notablemente la alcalinidad de la pasta que alcanza un Ph del orden de 13.

2.2.3.5. FRAGUADO.

El fraguado es el cambio de las características de una pasta de cemento, con el aumento de la consistencia hasta adquirir las propiedades de un sólido.

- **Fraguado Inicial:** Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empiezan el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse.

Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas.

- **Fraguado Final:** Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.

2.2.3.6. ENDURECIMIENTO.

Se produce a partir del fraguado final e incrementa con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida. El estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento.

Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo el agua.

2.2.3.7. PROPIEDADES FÍSICAS.

Las especificaciones de cemento presentan límites para las propiedades físicas y para la composición química. La comprensión de la importancia de las propiedades físicas es útil para la interpretación de los resultados de los ensayos (pruebas) de los cementos.

Los ensayos de las propiedades físicas de los cementos se deben utilizar para la evaluación de las propiedades del cemento y no del concreto. Las propiedades físicas son:

- **Consistencia:** Se refiere a la movilidad relativa de la mezcla fresca de pasta o su habilidad de fluir o Durante los ensayos (pruebas) de cemento, se mezclan pastas de consistencia normal, definidas como la penetración de 10 ± 1 mm de la aguja de vicat.
 - Se mezclan los morteros para obtener una relación agua/cemento fija o proporcionar una fluidez dentro de un rango prescrito.

- Se usa para regular la cantidad de agua en las pastas.
- **Tiempo de Fraguado:** El objetivo del ensayo del tiempo de fraguado es la determinación. El tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica (llamado fraguado inicial).
 - El tiempo requerido para que la pasta adquiera un cierto grado de endurecimiento (llamado fraguado final).
 - El inicio del fraguado de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado temprano y el final del fraguado no debe ocurrir muy tarde.
 - Los tiempos de fraguado indican si la pasta está o no sufriendo reacciones normales de hidratación.
 - Los ensayos se realizan con el uso del aparato de Vicat
- **Endurecimiento Prematuro (Falso fraguado y Fraguado rápido):** El endurecimiento prematuro es el desarrollo

temprano de la rigidez en las características de trabajabilidad o plasticidad de la pasta.

- El falso fraguado se evidencia por la pérdida considerable de plasticidad inmediatamente después del mezclado sin ninguna evolución de calor.
 - La causa es la rápida cristalización o el entrelazamiento de las estructuras en forma de aguja con el yeso secundario.
 - El fraguado rápido se evidencia por una pérdida rápida de trabajabilidad en la pasta a una edad aun temprana.
- **Resistencia a la Compresión:** El mortero utilizado consiste de una parte de cemento y 2.75 partes de arena, dosificados en masa. Los cementos portland son mezclados con relación agua/cemento especificadas. El contenido de agua para otros cementos es el necesario para obtener una fluidez de 110 \pm 5 en 25 caídas de la mesa de fluidez. Los cubos de ensayo de 50 mm son compactados por apisonado en dos capas.

Los cubos son curados un día en sus moldes y luego desencofrados y sumergidos en agua saturada hasta ser ensayados.

- **Calor de Hidratación:** Se llama calor de hidratación al calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto, el contacto se puede llevar a cabo aun si el agua está en forma de vapor, por lo que es muy importante que el cemento este protegido del medioambiente ya sean sacos o en silos, hasta el momento en que se le mezcle con el agua.

El calor de hidratación que se produce en un cemento normal es del orden de 85 a 100 cal/g.

Las reacciones de hidratación del cemento portland son altamente exotérmicas, provocando el calentamiento de la pasta.

El desarrollo de calor es rápido durante el fraguado y parte del endurecimiento, disminuyendo progresivamente al hacerse la hidratación más lenta, hasta llegar a

estabilizarse. Así en los 3 días se genera el 50% del calor y el 80% hasta los 7 días.

Sin embargo, en las primeras horas se producen variaciones importantes de temperatura que pueden ser causa de retracciones, que a su vez dan como resultado el agrietamiento observado en algunas obras de construcción que emplean grandes masas de concreto (*M. I. SANCHEZ de ROJAS, 2000*).

El calor de hidratación se puede determinar por un calorímetro de conducción.

2.2.4. AGUA.

2.2.4.1. DEFINICIÓN.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (*Flavio Abanto C., Tecnología del Concreto, 2009, pág. 21*).

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 334.088 y ser, de preferencia potable. (*Rivva López, Materiales, 2000, págs. 29*).

2.2.4.2. FUNCIONES.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El agua potable es por lo general segura, pero también la no potable puede ser adecuada para la elaboración de concreto. Como regla, cualquier agua con un PH de 6 a 8 que no sepa salada o salobre es útil; el color oscuro o un cierto olor no indican necesariamente la presencia de sustancias deletéreas.

Las aguas naturales ligeramente acidas son inofensivas, pero las que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto; estas aguas, así como las alcalinas, deben ser probadas previamente.

2.2.4.3. REQUISITOS PARA SU USO.

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 17. Partes por millón aceptables en el agua de mezcla

Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	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 fierro, 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.

2.2.5. DISEÑO DE MEZCLAS.

La ACI (American Concrete Institute) cuenta con un procedimiento a través del cual se puede realizar el diseño de mezcla. Este método consiste en una serie de tablas obtenidas de forma empírica, las cuales permiten determinar las cantidades necesarias de cada uno de los materiales presentes

en la mezcla con el fin de obtener un concreto adecuado y para un uso específico.

2.2.5.1. SECUENCIA MÉTODO ACI-211.

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211, está basado en el empleo de tablas.

- **PASO 1:** Selección de la resistencia requerida (f'_{cr}).
- **PASO 2:** Selección del TMN del agregado grueso.
- **PASO 3:** Selección del asentamiento.
- **PASO 4:** Seleccionar el contenido de agua.
- **PASO 5:** Seleccionar el contenido de aire atrapado.
- **PASO 6:** Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia compresión o por durabilidad.
- **PASO 7:** Cálculo de contenido de cemento.
- **PASO 8:** Seleccionar el peso del agregado grueso, proporciona el valor de b/b_o , donde b_o y b : son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.

- **PASO 9:** Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
- **PASO 10:** Cálculo del volumen del agregado fino.
- **PASO 11:** Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.
- **PASO 12:** Presentación del diseño.
- **PASO 13:** Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- **PASO 14:** Presentación del diseño en estado húmedo.

2.2.5.2. PARÁMETROS NECESARIOS.

Necesitamos conocer las propiedades de los materiales, a continuación, resumiremos las características de estos.

Cemento: Marca, Tipo de Cemento / Peso Específico

Agua: Procedencia: Agua Potable.

Agregados

- Origen, Tipo
- Perfil y Textura

2.2.5.3. PROCEDIMIENTO.

I. *Calculo de la resistencia promedio requerida.*

Para el cálculo de la resistencia requerida se presenta dos casos:

a) Cuando se tiene la DESVIACIÓN ESTANDAR

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Siendo:

- S : Desviación estándar.
- N : Número de ensayos de la serie
- X_i : Valores de resistencia obtenidos en probetas estándar.
- X : Promedio de valores de resistencia obtenidos en probetas estándar.

b) Si se desconoce el valor de la DESVIACIÓN ESTÁNDAR de datos de roturas anteriores.

Se utilizará la tabla para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 18. Resistencia a la compresión según la resistencia requerida.

RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	
f_c	f_{cr}
menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
sobre 350	$f_c + 98$

Fuente: ACI-211

II. Selección del tamaño máximo del agregado (TMN)

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

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

Para la presente investigación de acuerdo a la norma de retracción, en el cual nos indican que los moldes aceptan como máximo el siguiente TMN:

$$TMN = 1.0 \text{ "}$$

III. Selección de la consistencia de la mezcla (Slump)

Tabla 49. Revenimiento mínimo y máximo según tipo de construcción.

TIPO DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (pulg)	
	MAXIMO	MINIMO
Muros de cimentacion y zapatas reforzadas	3	1
Muros de sub estructuras, y zapatas sin refuerzo	3	1
vigas y muros reforzados	4	1
columnas de edificios	4	1
losas y pavimentos	3	1
concreto ciclopeo		2 - 1

FUENTE: ACI-211

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamientos requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va realizar.

Los rangos indicados en la tabla corresponden a concretos consolidados por vibración. Deberá emplearse mezclas de la mayor consistencia compatible con una adecuada colocación.

IV. Determinación del volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto.

La tabla, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de

mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregados (TMN) con o sin aire incorporado.

Tabla 205. Volumen unitario de agua de acuerdo al TMN y el Slump

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	agua en Lt/m ³ para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	220	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

FUENTE: ACI-211

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

V. Determinación del porcentaje de aire de la mezcla

En el caso de la determinación del porcentaje de aire atrapado en la mezcla es necesario recurrir al Tabla 21 en el que nos da el contenido de aire atrapado aproximado, en mezclas sin aire

incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso adecuadamente graduados dentro de los requisitos de la Norma NTP 400.037 o ASTM C 33.

Tabla 21. Contenido de aire atrapado de acuerdo al TMN

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

FUENTE: ACI-211

Si es necesario o se desea trabajar con aire incorporado, la tabla 22 da tres niveles de aire total, los cuales dependen de los propósitos de empleo del aire incorporado y de las severidades de las condiciones del clima.

Tabla 22. Contenido de aire para concreto resistente al congelamiento

CONTENIDO TOTAL DE AIRE PARA CONCRETO RESISTENTE AL CONGELAMIENTO			
Tamaño máximo nominal del agregado* (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado* (mm)	Contenido de aire (en %)	
		Exposición severa	Exposición moderada
3/8"	9.5	7.5	6
1/2"	12.5	7	5.5
3/4"	19	6	5
1"	25	6	4.5
1 1/2"	37.5	5.5	4.5
2"	50	5	4
3"	75	4.5	3.5
6"	150	4	3

FUENTE: ACI-211

VI. Selección de la relación agua/cemento (a/c)

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

Por resistencia: Normalmente sabiendo cual es la resistencia promedio asignada, mediante la tabla se tendría que hallar la relación a/c.

Tabla 23. Relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia.

RELACION AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA		
f'_{cr} (28 días) kg/cm ²	Relación agua cemento de diseño por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: ACI-211

El análisis de la tabla permite apreciar que las resistencias para concretos con aire incorporado,

en una relación agua/cemento dada, están en el orden del 20 % menos que las del correspondiente concreto sin aire incorporado. Se considera que esta reducción es lo suficientemente segura para propósitos de estimación de proporciones si se considera que las diferencias entre el contenido de aire recomendado para concretos con aire incorporado y el porcentaje que se presenta en concretos sin aditivo incorporador de aire, son aproximadamente las mismas para diferente tamaño de agregado.

Por durabilidad: Los concretos de peso normal y los concretos livianos, expuestos en cualquier época de su vida a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda; que deba tener baja permeabilidad al agua; o que va a estar expuestos a sales descongelantes, aguas salobres, aguas de mar, rocío o neblina de estas fuentes; o la acción de aguas cloacales, deberá tener la relación agua/cemento de diseño máxima y cumplir con los otros requisitos indicados en la tabla 24.

Tabla 246. Resistencia a la compresión de acuerdo a la relación agua/cemento

REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN		
CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal *	$f'c$ mínimo (MPa) para concretos de peso normal o con agregados ligeros*
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.50	28
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0.45	31
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0.40	35

Fuente: ACI-211

Exposición al ataque de sulfatos. El concreto que va a estar expuesto a soluciones o suelos que contengan sulfatos debe cumplir con los requisitos de la tabla 25. El concreto debe estar hecho con un cemento que proporcione resistencia a los sulfatos y que tenga una relación agua-material cementante máxima y un $f'c$ mínimo.

Además de la selección apropiada del cemento, son esenciales otros requisitos para lograr concretos durables expuestos a concentraciones de sulfatos tales como: baja relación agua material cementante, resistencia, adecuado contenido de aire, bajo asentamiento, adecuada compactación, uniformidad, recubrimiento adecuado del refuerzo,

y suficiente curado húmedo para desarrollar las propiedades potenciales del concreto.

Tabla 257. Concreto expuesto a soluciones de sulfatos

CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS					
EXPOSICION A SULFATOS	SULFATO SOLUBLE EN AGUA (SO4), PRESENTE EN EL SUELO, % EN PESO	SULFATO (SO4) EN AGUA P.P.M.	TIPO DE CEMENTO	CONCRETO CON AGREGADO DE PESO NORMAL RELACION MAXIMA AGUA/CEMENTO EN PESO	CONCRETO CON AGREGADO DE PESO NORMAL Y LIGERO RESISTENCIA MINIMA A COMPRESION f ^{cr} kg/cm ²
DESPRECIABLE	0,00 < SO4 < 0,10	0,00 < SO4 < 150
MODERADO	0,10 < SO4 < 0,20	150 < SO4 < 1500	I, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM)(MS)	0.50	280
SEVERO	0,20 < SO4 < 2,00	1500 < SO4 < 10000	V	0.45	310
MUY SEVERO	SO4 > 2,00	SO4 > 10000	V más puzolana	0.45	310

Fuente: ACI-211

VII. Cálculo del factor cemento preliminar

Una vez que el volumen unitario de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c.

$$\text{contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de agua de mezclado (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c (para } f_{cr}\text{)}}$$

VIII. Estimación del contenido de agregado grueso

El comité 211 del ACI parte del criterio que agregados gruesos de tamaño máximo nominal y

granulometría esencialmente similares, deberán permitir obtener concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando un determinado volumen de agregado grueso, en condiciones de seco y compactado, es empleado por unidad de volumen del concreto.

La tabla 26 elaborada por el ACI 211 es función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del modulo de fineza del agregado fino. Ella permite obtener un coeficiente b/b_o resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en kg/m³.

Tabla 26. Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de fineza.

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
Tamaño máximo nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de Volumen del concreto para diversos módulos de fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.75	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI-211

IX. Cálculo de volumen del agregado grueso

Mediante la siguiente fórmula matemática se podrá hallar un único volumen de agregado grueso para las diferentes relaciones a/c:

$$\text{vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso seco del A. grueso}}{\text{peso específico del A. grueso}}$$

X. Cálculo de volumen del agregado fino

Mediante la siguiente fórmula matemática se podrá hallar los volúmenes de agregado fino para las diferentes relaciones a/c:

$$\text{vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. agregado grueso})$$

XI. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino

Por consiguiente, mediante la siguiente fórmula el peso del agregado fino para las diferentes relaciones a/c:

$$\text{Peso Agregado Fino} = (\text{Vol. Agr. Fino})(\text{Peso Específico del agregado fino})$$

XII. Presentación de los diseños en estado seco

Las dosificaciones en peso de los diferentes diseños utilizados para la presente investigación.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Agregado fino:** Proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). (*Norma E.060 del RNE 2014*).
- **Agregado grueso:** Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (*Norma E.060 del RNE 2014*).
- **Canto rodado:** Piedra pequeña, lisa y redondeada como consecuencia del desgaste sufrido en una corriente de agua.
- **Piedra Chancado:** Es de roca ígnea (andesita), formada por el enfriamiento y solidificación de materia rocosa fundida (magma), compuesta casi en su totalidad por silicatos. Se obtiene por trituración artificial de rocas o gravas y en tamaño, que en nuestro caso es de 1/2" y 3/4".
- **Cantera:** Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción. (Absalón y Salas 2008).
- **Aire atrapado:** Es el aire atrapado de manera natural en el concreto que puede incrementarse a consecuencia de una deficiente colocación o compactación. (Instituto del Concreto de 1997).
- **Asentamiento del Concreto:** Es la diferencia entre la altura del recipiente que sirve de molde de una probeta de concreto fresco y la de la probeta fuera del molde, medida en el eje y expresada en pulgadas. (Absalón y Salas 2008).

- **Cemento:** Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua y el aire. (Norma E.060 del RNE 2014).
- **Diseños de mezcla:** Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. (Absalón y Salas 2008).
- **Resistencia especificada a la compresión del concreto (f'_c):** Resistencia a la compresión del concreto empleado en el diseño y resistencia guía. (Norma E.060 del RNE 2014).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.

El gradiente térmico del distrito de Chaupimarca - Pasco. influye negativamente en la resistencia a la compresión en los elementos estructurales.

2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS.

- La resistencia a la compresión a los 28 días, en condiciones de gradiente térmico para el distrito de Chaupimarca - Pasco -2018. es menor que $f'_c=210$ kg/cm².
- La resistencia a la compresión a los 28 días, en condiciones óptimas de gradiente es mayor o igual que $f'_c=210$ kg/cm².

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Gradiente Térmico

2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

- Resistencia a la compresión

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo.

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

Es no experimental, por ser una investigación descriptiva, el diseño que se utilizó en la presente investigación es descriptivo para lo cual se muestra el siguiente esquema:

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

M ----- O ----- A ----- E

M = Muestra

O = Observación

A = Análisis

E = Evaluación

3.3. POBLACIÓN MUESTRA

Se considera como población a las probetas de concreto que se puedan elaborar con el agregado de la cantera Cochamarca para los diferentes tipos de concreto a utilizarse.

Tabla 87. Numero de Probetas

	7 días	14 días	28 días
Gradiente térmico óptimo	3	3	3
Gradiente Promedio Chaupimarca	3	3	3
	6	6	6
	18		

Fuente: Propio.

La cantidad de probetas cilíndricas se determinó siguiendo la recomendación del Reglamento de Edificaciones en la norma E 060 Concreto Armado en su ítem 5.6 Evaluación y aceptación del concreto, la cual indica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con el promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutiva es igual o superior a $f'c$; teniendo

en cuenta que un ensayo de resistencia deber ser el promedio de resistencias de dos probetas cilíndricas de concreto a los 28 días.

3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está compuesta por tres etapas.

La primera de ellas se encuentra conformada por todos los ensayos practicada con los materiales componentes del concreto (agregado grueso, agregado fino), la misma que debía cumplir una serie de requisitos relacionados con las características según N.T.P.

La segunda etapa corresponde en la elaboración del diseño de mezcla, en los diferentes tipos de temperatura del agua.

Por último, la tercera etapa, el ensayo de los especímenes. Para la comprobación de sus características y resultados a la compresión.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. TECNICAS E INSTRUMENTOS

En la presente Tesis: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018, se utilizó:

- Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Control de Calidad “SEBASTIAN” S.C.R.L., ubicado en el distrito de Chaupimarca.

3.5.2. INSTRUMENTOS.

Se efectuó el uso de los siguientes instrumentos:

- Ficha de recolección de datos.
- Bibliografía respecto al tema de estudio.
- Apuntes y publicaciones respecto al tema.
- Información de internet.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El presente proyecto de tesis, se desarrolló con los criterios establecidos en las normas: ASTM C33, ASTM C150.

3.6.1. MUESTREO (NTP 400.010)

La investigación preliminar y el muestreo potenciales de canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ello se determina la conveniencia de su utilización. Es necesario el control de calidad del material para asegurar la durabilidad de la estructura resultante, esto influenciará en el tipo de construcción y en la parte económica de la obra.

EQUIPOS UTILIZADOS

- ***Bolsas plásticas:*** Material resistente con capacidad de volumen de más de 25 kg de preferencia.
- ***Palas:*** Herramienta manual para remover el agregado.
- ***Sacos:*** Material importante para el almacenamiento de agregados.

- **Zaranda de “1”:** Herramienta manual para la selección del agregado en función al tamaño máximo del agregado.
- **Tamiz N° 4:** Instrumento para la clasificación de agregados gruesos y finos.

PROCEDIMIENTO

Se seleccionó dos álveos de río, como son álveo “a” y álveo “b”, se procedió a realizar el muestro de agregados en campo en relación a la norma ASTM D 75 (Muestreo de Apilamientos).

- Se verifico que el agregado apilado se encuentre preparado para su venta y el requerimiento del tamaño máximo correspondiente.
- Se realizó el muestreo de arriba de al menos tres porciones tomadas del tercio superior, de la zona media y del tercio inferior del volumen del apilamiento, donde se debe de evitar el segregamiento de agregado grueso.
- Con la ayuda de la pala, se removió el agregado que se encuentra por encima por lo menos 3 a 4 veces, enseguida se realizó la extracción del agregado. Para su posterior clasificación como agregado grueso y fino.
- Finalmente se procedió almacenar en las bolsas de plástico junto con los sacos para evitarla en lo posible la perdida de sus propiedades del agregado e identificar correctamente los sacos, como se muestra en la imagen.

La cantidad de la muestra tanto para agregado grueso y agregado fino será de acuerdo a lo indicado.

3.6.2. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

EQUIPOS UTILIZADOS

Recipiente Para Muestra: Se utiliza un recipiente metálico de aluminio con suficiente volumen para contener la muestra, el cual no sea afectado por el calor.

Fuente De Calor: Es el horno capaz de mantener una temperatura de $110\text{C}^{\circ} + 5\text{C}^{\circ}$.

Balanza: Con una precisión de legibilidad y sensibilidad dentro de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango y graduado como mínimo a 0.05kg.

Agitador: Se utiliza una cuchara metálica o espátula de tamaño adecuado.

PROCEDIMIENTO

- Se procedió a pesar el recipiente de aluminio.
- Se pesó el recipiente de aluminio + la muestra humedad natural tanto para el agregado grueso y agregado fino separadamente.
- Seguidamente se colocó la muestra húmeda natural+ el recipiente en el horno para secar completamente a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 horas.

- Finalmente, ya pasadas las 24 horas al día siguiente sacar del horno las muestras y después que se haya secado, hasta mostrar un peso constante se procede a pesar la muestra seca más el recipiente.

3.6.3. QUE PASA LA MALLA N° 200 (NTP 400.012)

EQUIPOS UTILIZADOS

- Bandejas Metálicas
- Horno o Fuente de Calor
- Balanzas de precisión
- Tamiz N° 200: Sirve para el lavado del agregado.

PROCEDIMIENTO

- Se realiza un cuarteo manual de acuerdo al tamaño máximo nominal requerido según norma, el cual servirá para el ensayo granulométrico del agregado grueso, y de la misma forma para el agregado fino aproximadamente 2.5 kg, donde seca a una temperatura alta con la ayuda de una estufa de cocina, luego se pesa hasta obtener peso constante.
- Se procedió a lavar el agregado sobre un recipiente, mediante el tamiz N°200 removiendo en forma circular evitando la pérdida de finos en suspensión, este procedimiento se realizó para el agregado grueso y agregado fino.

- Una vez terminada el paso anterior se procedió a colocar la muestra en el horno durante 18 a 24 horas, a una temperatura de 110°C +/- 5 °C.
- Se procedió a sacar la muestra del horno y hacer enfriar a una temperatura ambiente para registra su peso seco final.

3.6.4. GRANULOMÉTRICO (NTP400.012)

EQUIPOS UTILIZADOS

Bandejas metálicas: recipiente que tenga la capacidad suficiente en volumen de almacenar la muestra requerida y capaz de soportar una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° Preferentemente de aluminio.

Horno o fuente de calor: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C.

Balanzas de precisión: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

- Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la Masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.
- Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso. (*Norma Técnica Peruana, AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global, 2001, pág. 3*).

Juego de Tamices: que cumplan con las especificaciones normalizados de norma ASTM E-11 o la norma NTP 350.001 tanto para agregado grueso y agregado fino y serán los siguientes.

- Agregado Grueso: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4.
- Agregado Fino: 3/8", N°4, N8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.
- Agregado Global: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.

Recipientes metálicos: sirve para almacenar el agregado retenido en cada tamiz, para después ser pesado.

PROCEDIMIENTO

Una vez obtenido una muestra representativa de acuerdo a la norma, tanto para agregado grueso y agregado fino la muestra es reducida de acuerdo a la norma, bajo el proceso del método B cuarteo manual.

Tabla 28. Parámetros en la Granulometría

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 1/2")	15(33)
50(2")	20(44)
63 (2 1/2")	35(77)
75 (3")	60(130)
90 (3 1/2")	100(220)
100 (4")	150(330)
125 (5")	300(660)

Fuente: (Norma Técnica Peruana, AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global, 2001, pág. 4).

Agregado grueso: la cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla siguiente.

Agregado fino: la cantidad de muestra de ensayo de agregado fino será como mínimo 300 g.

1. Se colocó la muestra de agregado, en un suelo limpio y plano donde no se produzca la pérdida del agregado ni la adición de cualquier otro material para proceder a realizar el método del cuarteo manual. El mismo procedimiento para el agregado grueso, agregado fino y agregado global (hormigón).
2. Se mezcló el agregado completamente con la ayuda de la pala por lo menos 3 a 4 veces formando una pila cónica y evitando la segregación de partículas a la parte inferior, posterior se presiona con la pala hasta obtener un diámetro uniforme por lo menos de 4 a 8 veces el espesor.
3. Se procedió a dividir con una tabla de madera en 4 partes iguales y se removi6 los cuartos diagonalmente opuestos. este paso se realizó 3 veces hasta reducir la muestra al tamaño requerido para el procedimiento del tamizado.
4. Una vez realizado el proceso del cuarteo manual para cada uno de los agregados según tamaño requerido, se procedió a secar la muestra con el apoyo de un calentador a altas

temperaturas (cocinas a gas), hasta obtener peso constante y se registró el peso inicial original de la muestra.

5. Se procedió a lavar la muestra mediante el tamiz N° 200 evitando la pérdida de finos tanto para el agregado grueso, agregado fino y agregado global, hasta obtener un material libre de polvo o suciedad.
6. Se colocó la muestra húmeda en el horno para su secado durante las 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, tanto para el agregado grueso, agregado fino.
7. Al día siguiente se sacó la muestra del horno para ser pesado a temperatura ambiente, en una balanza de precisión a 0.1 gr para el agregado Fino y una balanza de precisión para el agregado Grueso a 0.5 g.
8. Luego se realizó el tamizado manual durante entre 3 y 5 de minutos aproximadamente, sobre un paño de algodón en forma circular y de arriba hacia abajo evitando la pérdida de partículas.
9. Se realizó el pesado de agregado retenido en cada tamiz tanto para el grueso, agregado fino y agregado global (hormigón).
10. Se procede a colocar cada porción retenida en una bandeja para ver su gradación.

3.6.5. DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

EQUIPOS UTILIZADOS

- Juego de tamices: Se usa en función a la granulometría del agregado como son 3/4", 1/2", 3/8". N° 12.
- Recipientes metálicos
- Balanza, Estufa
- Máquina de los ángeles: el cual consistirá en un cilindro cerrado en ambos extremos, con un diámetro interno de 28 pulgadas y el largo inferior de 20 pulgadas.
- Esferas metálicas de acero inoxidable.

PROCEDIMIENTO

- Se verificó el análisis granulométrico del agregado grueso de sus pesos retenidos, para luego seleccionar el tipo de gradación.
- Se realizó el lavado del agregado grueso por medio del tamiz N200, para luego proceder a secar por medio de una estufa a temperatura 110°C +-5C°.
- Se procedió a pesar hasta obtener peso constante retenido en cada tamiz.
- Se introdujo la muestra de agregado a la máquina de los ángeles juntos con las esferas de acero inoxidable, para luego programar a una velocidad de 500 revoluciones durante 17 minutos.

- Una vez terminada el paso anterior se procedió a sacar la muestra para ser tamizada por el tamiz N° 12.
- Se procedió a lavar todo el material retenido en el tamiz n 12, el cual esté libre de polvo, para luego realizar el secado en una estufa y registrar su peso final.

3.6.6. DENSIDAD, RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

FINO

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza
- Picnómetro es un matraz o frasco volumétrico que tiene una capacidad de 500 ml
- Molde cónico metálico
- Apisonador de metal
- Bomba de vacíos y Horno.

PROCEDIMIENTO

1. Se anotó el peso del picnómetro con agua hasta el nivel de 500 ml.
2. Se realizó el cuarteo hasta conseguir una muestra de más de 1 kg, se pone a secar a 110 °C hasta peso constante, se enfría a temperatura ambiente por una a tres horas, seguidamente se sumergió en un recipiente con agua por 24 para lograr su saturación.

3. Transcurrido ese tiempo se vierte el agua, con mucho cuidado para que no se pierda el material.
4. El agregado húmedo se colocó en bandeja y se lleva a horno muy moderado (60°C) para que gradualmente pierda humedad, removiendo constantemente para que la humedad sea uniforme y para vigilar que no se seque la muestra más allá del estado saturado superficialmente seco, el que se obtiene cuando se cumple la prueba del cono:
 - Se colocó el agregado hasta rebalsar el cono metálico, y se le da unos cuantos golpes con apisonador.
 - Se realizó esta operación 3 veces, debiendo sumar 25 el número de golpes en las tres veces que se apisona la muestra. Se vuelve a rebalsar, se enrasa y se retira el cono:
 - a. Si se queda con forma tronco-cónica, tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - b. Si se queda con forma cónica terminada en punta sin desmoronarse, tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - c. Si se desmorona, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.

5. Al tener un material en estado saturado superficialmente seco, se pesa 500 g. De material y se colocan en el picnómetro.
6. Se llena el picnómetro hasta un nivel aproximado a los 500 ml y con la bomba de vacíos e le quitan los vacíos que tenga el material hasta que se eliminen las burbujas de aire.
7. Se añadió agua hasta el nivel de 500 ml y se anota su peso.
8. Seguidamente se saca el agregado fino del picnómetro y se pone a secar al horno a 100 °C hasta un peso constante y se anota el peso final.

3.6.7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza - Cesta metálica.
- Balde y horno.

PROCEDIMIENTO

1. Una vez obtenido una muestra representativa de acuerdo a la norma, la muestra es reducida de acuerdo a la norma; bajo el proceso del método B cuarteo manual.
2. Según la tabla que se muestra en la norma, se determinó la cantidad mínima de la muestra de cuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, donde la cantidad mínima del agregado es de 3kg.

3. Seguidamente se lavó la muestra y se secó en horno a 110 °C hasta peso constante, seguidamente se puso a enfriar a temperatura ambiente y se sumerge en un depósito con agua por 24 horas para su saturación.
4. Al pasar las 24 horas de saturación, se vació el agua, y se le quito la humedad con una tela haciéndola rodar sobre un paño hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua, pero no seca, sino superficialmente seca.
5. Se anotó el peso de material en estado saturado superficialmente, con aproximación de 0.5 g.
6. Seguidamente se colocó la muestra pesada en la canastilla de alambre, seguidamente se determinó el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando la canastilla a la balanza.
7. Seguidamente se puso a secar la muestra en horno a 110°C hasta peso constante, se enfría a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anotó el peso.

3.6.8. PESO UNITARIO DEL SUELTO (NTP 400. 017)

***Método para determinar el peso unitario suelto del
agregado***

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza, sensible al 0.1 % del peso de la muestra.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.

- Varilla de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud.
- Horno, capaz de mantener la temperatura de 110°C.

PROCEDIMIENTO

- **Procedimiento con pala**
 1. Primeramente se anota el peso y volumen del molde.
 2. Se vertió el material en el mismo, cuidando que la altura de caída no sea mayor de 5 cm sobre el borde superior del molde, hasta colmarlo.
 3. Se enrasa el material a nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
 4. Se anota el peso del molde más el material.

Método para determinar el peso unitario compactado del agregado.

EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza, sensible al 0.1 % del peso de la muestra.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Horno, capaz de mantener la temperatura de 110°C.

PROCEDIMIENTO

1. Se anota el peso y volumen del molde.
2. Se vierte el material en el mismo, con ayuda de un cucharón, hasta la tercera parte de la altura del recipiente, cuidando que la altura no sea mayor a 5 cm sobre el borde

superior del molde, y se dan 25 golpes con la varilla para compactar el material, sin que la varilla toque el fondo del recipiente.

3. Se repitió esta operación en otras dos capas, cuidando que en cada capa la varilla al golpear no pase a la capa inferior.
4. Se agrega material hasta que rebalse el molde.
5. Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla. Finalmente se pesa el molde más el material.

3.6.9. EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)

EQUIPOS UTILIZADOS

- 3 cilindro graduados, de acrílico transparente tapón de goma de diámetro interior 31,75 mm y altura 431,8 mm.
- Tapón macizo de caucho o goma, que ajuste en el cilindro graduado.
- Tamiz N° 4 (4.75mm) de acuerdo a la especificación.
- Tubo irrigador, de acero inoxidable.
- Agitador, Cronómetro
- Recipiente metálico de diámetro 57mm, aproximadamente, con una capacidad de 85 ± 5 ml
- Embudo, de boca ancha de 100 mm (4") de diámetro.

PROCEDIMIENTO

1. La muestra se obtiene de acuerdo al ensayo D 75.

2. Seguidamente se realizó el método del cuarteo manual, hasta obtener aproximadamente 1500g del material que pasó el tamiz N° 4.
3. El material retenido en el tamiz N° 4 se le realizó un proceso de frotación entre las manos sobre recipiente plano
4. Se humedeció el material para evitar segregación y pérdida de finos.
5. Se vertió la solución de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de $101,6 \pm 2.54$
6. Con el embudo, se vertió la muestra de ensayo en el cilindro graduado, al momento que la muestra se encuentre en el cilindro se golpe varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire, se deja en reposo 10 ± 1 minuto.
7. Al finalizar los 10min, se tapó el cilindro con un tapón, para seguidamente agitarlo durante un periodo de 90 ciclos.
8. Seguidamente se coloca verticalmente el cilindro graduado, donde se coloca el tubo irrigador aplicando suavemente una acción de presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca del irrigador.
9. Se continuó aplicando acción de presión y giros mientras se observaba que se levantaban los finos, la solución deberá estar a una altura de 381mm. Al observar la

solución a una altura de 381 mm se deja en reposo por 20min \pm 15.

10. Al finalizar los 20 minutos del periodo de sedimentación, se realizó la lectura de la parte superior de la suspensión arcillosa.
11. Seguidamente se introdujo el conjunto del disco, la varilla y el sobrepeso, se bajó hasta que llegue sobre la arena, y se hace lectura de la arena.

3.6.10. CURADO DE ESPECÍMENES (NTP 339.033)

EQUIPOS UTILIZADOS

Elaboración del concreto fresco con agregado clasificado.

- Moldes de cilindro: los moldes de cilindro serán de acero, fierro fundido u otro material no absorbente el cual no reaccione con el concreto de cemento portland u otros cementos hidráulicos, con dimensiones de 15cm*30 cm según las condiciones de uso.
- Varilla compactadora: de ver ser una varilla de acero liso con punta semiesférica con dimensión de \varnothing 16mm (5/8") * 500mm+ 100mm y nos sirve para el proceso de chuseo.
- Coba de goma: con peso de 600 g + 200 g.
- Pala: con capacidad suficiente para remover el concreto
- Plancha de albañil: nos sirve para poder dar el acabado al concreto fresco al momento de moldear.

- Bandejas metálicas: equipo para muestreo y mezclado del concreto.
- Balanza: con precisión al 0.05 g de legibilidad.
- Baldes de 18 Lt: con capacidad suficiente para el almacenamiento de agregados.
- Cinta métrica: herramienta para la medición del proceso de slump.
- Cono de Abrams. Es el equipo que nos sirve para el asentamiento y está regida por la norma siguiente NTP 339.033.
- Mezcladora de Concreto: de 9 pies/m³ o 4 pies/m³ según la cantidad de muestras.

PROCEDIMIENTO

Al obtener los resultados del laboratorio y realizar el diseño de mezclas por el método ACI 211.1 y tener las proporciones en peso de los materiales agregado grueso agregado fino cemento y agua, se almacena en baldes, y se procedió a fabricar concreto.

1. Se procedió a ingresar los materiales a la mezcladora, tomando el criterio de la norma, primero el agregado grueso con algo de agua contando unos 90 segundos hasta observar la mezcla, y después se ingresó el agregado fino cemento y agua restante entre 3-5 minutos.

2. Se procedió a medir el asentamiento de la mezcla con el equipo. Cono de Abrams obteniendo un slump de 3”.
3. Una vez realizado el paso anterior se procede a vaciar el concreto en una bandeja metálica, y se ingresa a los moldes cilíndricos con el criterio siguiente.
 - Colocar los moldes en una superficie nivelada, libre de vibraciones, y evitando la exposición directa al sol.
 - Los moldes deben estar limpios y cubiertos con petróleo u otro insumo similar.
 - se humedece todos los materiales.
4. Se procedió a llenar y compactar simultáneamente en todos los moldes en tres capas, evitando la segregación utilizando un cucharón pequeño, donde el número de golpes es de acuerdo a la tabla 12 siguiente.
5. Se procedió enrasar la superficie para luego identificar las muestras, evitando la evaporación del curado inicial.

Tabla 99. Márgenes elaboración de Concreto

TIPO DE ESPÉCIMEN Y TAMAÑO	NUMERO DE CAPAS DE IGUAL ALTURA	NUMERO DE GOLPES POR CAPA
Cilindros diámetro (mm)		
100	2	25
150	3	25
225	4	30
Vigas ancho (mm)		
150 a 200	2	
> 200	3 o más igual altura, sin exceder 150mm	

Fuente: (Norma Técnica Peruana, HORMIGÓN(CONCRETO), Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo (339.033), 2009, pág. 10).

3.6.11. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

PROBETAS

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más de 2%. Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartará de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° . El diámetro usado para el cálculo del área de la sección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0.25 por el promedio de 2 diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca a la altura media de la probeta (Norma Técnica Peruana, HORMIGON (CONCRETO), págs. 10 , 11) , Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas (339.034).

PROCEDIMIENTO

1. Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad, de acuerdo a los días de rotura, ya sea a los 7, 14 ó 28 días.
2. Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo.

3. Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturas dentro del tiempo permisible de tolerancia prescrita como sigue:

Tabla 30. % Tolerancia en Ensayo a la Compresión

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24h	± 0.5 h ó 2.1 %
3d	± 2 h ó 2.8 %
7d	± 6 h ó 3.6 %
28d	± 20 h ó 3.0 %
90d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: (Norma Técnica peruana, HORMIGON (CONCRETO), págs. 10,11)

COLOCACIÓN: Colocar el bloque de rotura interior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rotura del cabezal. (Norma técnica peruana, HORMIGON (CONCRETO), pág. 11).

3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS

Consiste en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, obteniendo resultados; los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como "Resultados Iniciales" o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS

4.1.1. EXTRACCIÓN DE AGREGADO.

Los agregados tradicionales que se producen en la cantera de Cochamarca son ideales, el lavado mediante mangueras y motobomba garantiza la calidad del agregado.

Hoy en día la cantera de Cochamarca abastece a gran parte de las construcciones que se realizan en la provincia de Pasco abarcando en el mercado cada día más, las cuales son analizadas en sus característica física y mecánicas para el presente proyecto de tesis.

i. Ubicación Política

Región : Pasco
Provincia : Pasco
Distrito : Vicco
Lugar : Cochamarca

ii. Ubicación Geográfica

Tabla 101. Ubicación UTM de Cantera - Vicco

ESTE	NORTE	ALTURA
360497.27	8799482.75	4114.00

Fuente: Propia

4.1.2. PROPIEDADES DEL AGREGADO.

○ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

El contenido de humedad para los agregados fue determinado por el promedio de los ensayos realizados a tres muestras representativas teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 3211. Contenido de Humedad de Agregado Fino

Contenido de Húmedad del Agregado fino			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
3.81	3.78	3.77	3.79

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

Tabla 33. Contenido de Humedad de Agregado Grueso

Contenido de Húmedad del Agregado grueso			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
0.27	0.29	0.28	0.28

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

○ GRANULOMETRÍA

Tabla 124. Granulometría Agregado Fino.

TAMIZ	ABERTURA DE MALLA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo = -----
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo nominal = -----
N° 4	4.750	137.50	5.15	5.15	94.85	Módulo de Fineza = 3.67
N° 8	2.360	669.10	25.08	30.23	69.77	
N° 16	1.180	822.40	30.82	61.05	38.95	
N° 30	0.590	558.10	20.92	81.97	18.03	
N° 50	0.297	266.60	9.99	91.96	8.04	
N° 100	0.149	113.40	4.25	96.21	3.79	
FONDO	0.000	51.00	1.91	98.13	1.87	
SUMA		2,668.10	98.13			

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

Tabla 35. Granulometría Agregado Grueso.

TAMIZ	ABERTURA DE MALLA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo = -----
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo nominal = 1.5 "
1"	25.400	502.00	6.77	6.77	93.23	Módulo de Fineza = 7.46
3/4"	19.050	3015.00	40.69	47.46	52.54	
1/2"	12.700	2422.00	32.68	80.14	19.86	
3/8"	9.525	1412.00	19.05	99.20	0.80	
N° 4	4.750	57.00	0.77	99.97	0.03	
N° 8	2.360	0.00	0.00	99.97	0.03	
N° 16	1.180	0.00	0.00	99.97	0.03	
N° 30	0.590	0.00	0.00	99.97	0.03	
N° 50	0.297	0.00	0.00	99.97	0.03	
N° 100	0.149	0.00	0.00	99.97	0.03	
FONDO	0.000	2.50	0.03	100.00	0.00	
SUMA		7,410.50	100.00			

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

○ PESO UNITARIO SUELTO

Tabla 136. P.U.S – Agregado Grueso

P.U.S. Agregado Grueso			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
1566.00	1561.00	1565.00	1564.00

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

Tabla 147. P.U.S – Agregado Fino.

P.U.S. Agregado Fino			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
1629.00	1633.00	1631.00	1631.00

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

○ PESO COMPACTADO

Tabla 38. P.U.C. – Agregado Grueso

P.U.C. Agregado Grueso			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
1664.00	1660.00	1662.00	1662.00

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

Tabla 159. P.U.C. – Agregado Fino

P.U.C. Agregado Fino			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
1758.00	1759.00	1760.00	1759.00

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

○ PESO ESPECIFICO NOMINAL

Tabla 4016. P.E.N – Agregado Fino

P.E.N. Agregado Fino			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
2.750	2.749	2.746	2.748

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

Tabla 171. P.E.N. - Agregado Grueso

P.E.N. Agregado Grueso			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
2.665	2.663	2.666	2.665

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

○ ABSORCIÓN

Tabla 42. Absorción – Agregado Fino

Absorción Agregado Fino			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
2.71	2.69	2.68	2.69

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

Tabla 43. Absorción - Agregado Grueso

Absorción Agregado Grueso			
Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
1.65	1.80	1.70	1.72

Fuente: Laboratorio SEBASTIAN S.C.R.L.

4.1.3. DISEÑO DE MEZCLAS.

Se adjunta en el anexo del presente trabajo de investigación el Diseño de Mezcla realizado teniendo en cuenta las características anteriormente indicadas, a continuación se indica los valores obtenidos:

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
324.37	767.23	1,244.45	189.62
kg	kg	kg	lts

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
1	2.30	3.80	24.85 lts

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
42.50	97.75	161.50	24.85 lts
kg/bolsa	kg/bolsa	kg/bolsa	lts

Imagen 4. Diseño de Mezcla Final
FUENTE: Propia

4.1.4. CURADO DEL CONCRETO

La presencia de la gradiente térmica en el distrito de Chaupimarca es variable considerablemente, llegando a temperaturas muy bajas por la mañana y temperaturas elevadas durante el periodo del día, tal como se mostró en las tablas N° 2,3 y 4.

En las tablas 2,3 y 4 se puede apreciar que no han sido registradas por el SENAMHI datos en ciertas temporadas, por lo que se ha procedido a completar los datos faltantes.

Al contar con un registro mayor de 5 años es necesario completar los datos solamente con los datos de la estación en

estudio, empleando una ecuación para cada dato faltante, resultando, para n datos faltantes, un sistema de n ecuaciones con n incógnitas:

$$\frac{\text{Temperatura durante el mes } i \text{ del año en estudio}}{\text{Promedio de temperatura durante el mes } i \text{ para todos los años de registro}} = \frac{\text{Promedio de todas las temperaturas mensual en el año de estudio}}{\text{Promedio anual de la temperatura para todos los años de registro}}$$

$$\frac{X_i}{N_i} = \frac{X_j}{P}$$

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 44. Temperatura Ambiental Media Mensual Corregida(°C) – Estación Cerro de Pasco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
2013	6.73	6.95	6.60	5.90	5.15	4.75	2.80	3.80	4.15	5.85	5.90	7.80	5.53
2014	6.00	6.00	5.90	5.25	5.25	4.75	3.25	3.15	3.65	6.15	7.35	7.40	5.34
2015	6.15	6.95	4.50	6.35	4.95	4.85	2.75	4.55	5.75	6.20	4.85	6.60	5.37
2016	8.15	8.30	8.15	6.65	6.80	3.45	3.40	4.55	4.95	5.70	6.76	7.18	6.17
2017	6.80	5.95	6.40	6.30	5.70	4.95	4.20	4.55	5.65	6.15	7.10	7.25	5.92
2018	6.15	6.60	7.30	6.76	6.92	5.03	4.27	4.63	5.85	6.31	7.48	7.93	6.27
T° Máxima	8.15	8.30	8.15	6.65	6.92	5.03	4.27	4.63	5.85	6.31	7.48	7.93	6.27
T° Promedio	6.66	6.79	6.48	6.20	5.80	4.63	3.45	4.21	5.00	6.06	6.57	7.36	5.77
T° Mínima	6.00	5.95	4.50	5.25	4.95	3.45	2.75	3.15	3.65	5.70	4.85	6.60	5.34

FUENTE: SENHAMI

Tabla 45. Temperatura Ambiental Máxima Mensual Corregida (°C) – Estación Cerro de Pasco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
2013	14.65	13.50	13.00	14.20	13.70	13.50	11.60	13.00	13.90	14.00	15.00	15.20	13.77
2014	13.40	13.00	13.50	12.50	13.50	14.50	12.50	12.80	13.50	14.50	15.50	15.00	13.68
2015	14.50	14.10	12.40	12.50	13.90	13.90	14.30	14.50	14.50	15.60	14.30	14.90	14.12
2016	16.50	16.00	15.50	15.00	15.80	14.00	15.00	14.50	15.50	15.48	15.39	15.09	15.31
2017	14.00	12.90	12.00	14.00	13.00	14.10	14.00	15.00	14.50	14.50	15.00	14.70	13.98
2018	14.50	14.00	15.20	14.17	14.92	13.69	14.17	14.17	14.64	14.73	14.64	14.35	14.43
T° Máxima	16.50	16.00	15.50	15.00	15.80	14.50	15.00	15.00	15.50	15.60	15.50	15.20	15.31
T° Promedio	14.59	13.92	13.60	13.73	14.14	13.95	13.60	14.00	14.42	14.80	14.97	14.87	14.22
T° Mínima	13.40	12.90	12.00	12.50	13.00	13.50	11.60	12.80	13.50	14.00	14.30	14.35	13.68

FUENTE: SENHAMI

Tabla 46. Temperatura Ambiental Mínima Mensual Corregida (°C) – Estación Cerro de Pasco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
2013	-0.33	0.40	0.20	-2.40	-3.40	-4.00	-6.00	-5.40	-5.60	-2.30	-3.20	0.40	-2.64
2014	-1.40	-1.00	-1.70	-2.00	-3.00	-5.00	-6.00	-6.50	-6.20	-2.20	-0.80	-0.20	-3.00
2015	-2.20	-0.20	-3.40	0.20	-4.00	-4.20	-8.80	-5.40	-3.00	-3.20	-4.60	-1.70	-3.38
2016	-0.20	0.60	0.80	-1.70	-2.20	-7.10	-8.20	-5.40	-5.60	-4.09	-1.49	0.74	-2.82
2017	-0.40	-1.00	0.80	-1.40	-1.60	-4.20	-5.60	-5.90	-3.20	-2.20	-0.80	-0.20	-2.14
2018	-2.20	-0.80	-0.60	0.14	-1.11	-2.77	-3.88	-3.74	-2.08	-1.52	-0.55	0.28	-1.57
T° Máxima	-0.20	0.60	0.80	0.20	-1.11	-2.77	-3.88	-3.74	-2.08	-1.52	-0.55	0.74	-1.57
T° Promedio	-1.12	-0.33	-0.65	-1.19	-2.55	-4.55	-6.41	-5.39	-4.28	-2.59	-1.91	-0.11	-2.59
T° Mínima	-2.20	-1.00	-3.40	-2.40	-4.00	-7.10	-8.80	-6.50	-6.20	-4.09	-4.60	-1.70	-3.38

FUENTE: SENHAMI

Conocido los datos completos se trabajará con las temperaturas promedio de los últimos 6 años (2013-2018) para las temperaturas ambientales media, máxima y mínima en el distrito de Chaupimarca.

Tabla 47. Temperatura Promedio Máxima, media y mínima

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	T° Promedio
T° Promedio Máxima	14.59	13.92	13.60	13.73	14.14	13.95	13.60	14.00	14.42	14.80	14.97	14.87	14.22
T° Promedio Media	6.66	6.79	6.48	6.20	5.80	4.63	3.45	4.21	5.00	6.06	6.57	7.36	5.77
T° Promedio Mínima	-1.12	-0.33	-0.65	-1.19	-2.55	-4.55	-6.41	-5.39	-4.28	-2.59	-1.91	-0.11	-2.59

FUENTE: SENHAMI

El Grafico 1 nos indica la variación de temperaturas en el distrito de Chaupimarca durante los doce meses del año, ahí se puede determinar claramente que las temperaturas más bajas ocurren en los meses de junio, julio y agosto.

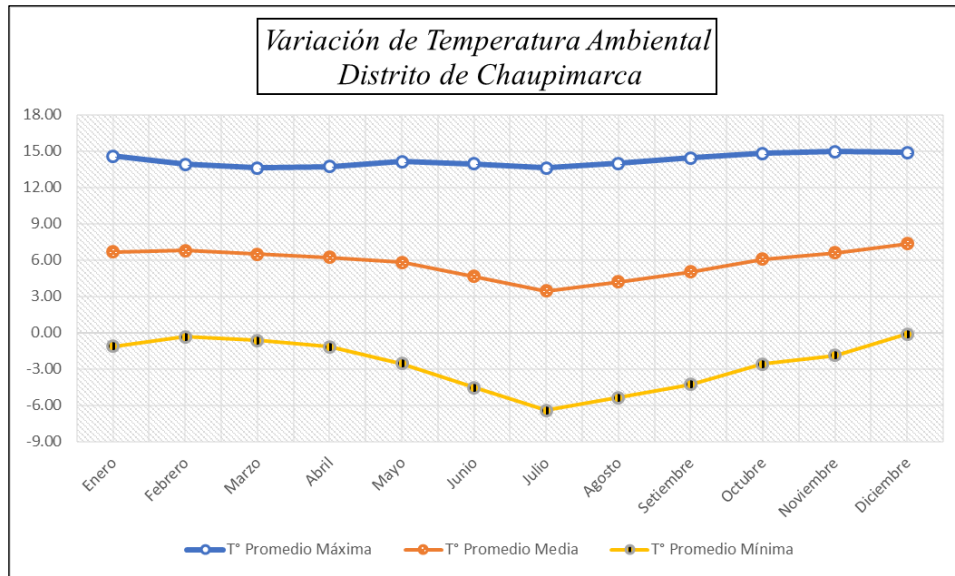


Grafico 1. Gradiente Térmico – Distrito de Chaupimarca
Fuente: Propio.

La presente investigación fue desarrollada durante los meses de noviembre y diciembre por lo que se tomara estas temperaturas como base para la investigación.

Ahora la norma ASTM C31, indica que la condición óptima de temperatura para el curado del concreto es de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. A continuación, se muestra el grafico indicando los intervalos de temperatura óptima para el curado.

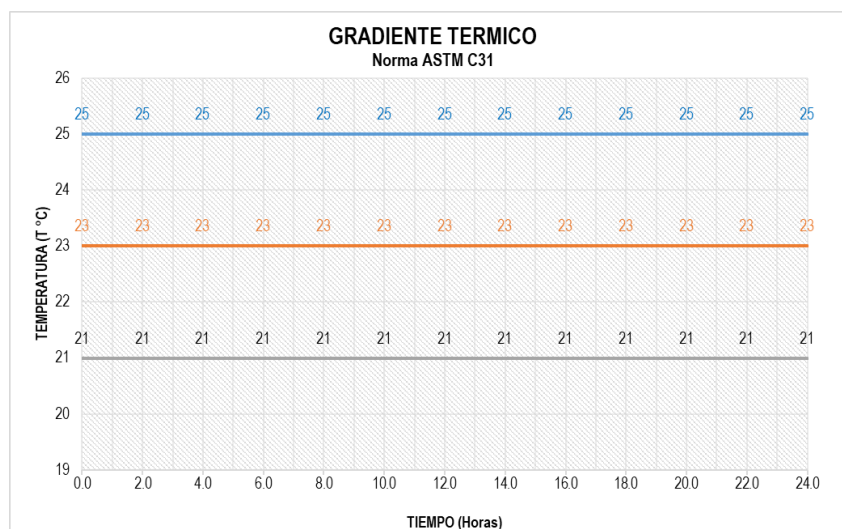


Gráfico 1. Gradiente Térmico – Norma ASTM C31
Fuente: Propio.

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los ensayos de compresión que se realizó a los especímenes de concreto de la presente investigación, se realizaron según la NORMA ASTM C39.

Tabla 18. Resistencia de concreto para condiciones de gradiente térmico del Distrito de Chaupimarca

N°	EDAD	DIAM. (cm)	CARGA (kg)	AREA PROBETA (cm ²)	RESIST. (KG/CM ²)	DISEÑO (KG/CM ²)	% RESIST.	% PROM.	SLUMP "
01	7 días	14.94	19,350.00	175.30	110.38	210.00	52.56%	52.85%	3"-4"
02	7 días	14.95	19,650.00	175.54	111.94	210.00	53.31%		3"-4"
03	7 días	14.96	19,444.00	175.77	110.62	210.00	52.68%		3"-4"
04	14 días	14.98	23,451.00	176.24	133.06	210.00	63.36%	63.06%	3"-4"
05	14 días	15.00	23,300.00	176.72	131.85	210.00	62.79%		3"-4"
06	14 días	14.98	23,325.00	176.24	132.34	210.00	63.02%		3"-4"
07	28 días	15.02	30,420.00	177.19	171.68	210.00	81.75%	82.96%	3"-4"
08	28 días	14.97	31,010.00	176.01	176.18	210.00	83.90%		3"-4"
09	28 días	15.00	30,882.00	176.72	174.76	210.00	83.22%		3"-4"

Fuente: Propio.

Tabla 199. Resistencia de concreto para condiciones de gradiente térmico óptimas

N°	EDAD	DIAM. (cm)	CARGA (kg)	AREA PROBETA (cm ²)	RESIST. (KG/CM ²)	DISEÑO (KG/CM ²)	% RESIST.	% PROM.	SLUMP "
01	7 días	14.96	24,270.00	175.77	138.08	210.00	65.75%	65.73%	3"-4"
02	7 días	14.95	24,210.00	175.54	137.92	210.00	65.68%		3"-4"
03	7 días	14.97	24,305.00	176.01	138.09	210.00	65.76%		3"-4"
04	14 días	15.02	29,884.00	177.19	168.66	210.00	80.31%	80.65%	3"-4"
05	14 días	14.96	29,876.00	175.77	169.97	210.00	80.94%		3"-4"
06	14 días	14.98	29,871.00	176.24	169.49	210.00	80.71%		3"-4"
07	28 días	15.03	37,951.00	177.42	213.90	210.00	101.86%	102.25%	3"-4"
08	28 días	14.99	38,102.00	176.48	215.90	210.00	102.81%		3"-4"
09	28 días	15.00	37,880.00	176.72	214.36	210.00	102.07%		3"-4"

Fuente: Propio.

En resumen, se tiene los siguientes resultados proveniente de la rotura de probetas realizadas para ambas gradientes:

Tabla 50. Resumen de resultados de la rotura de probetas

EDAD (días)	NORMA ASTM C31		GRADIENTE TÉRMICO CHAUPIMARCA	
	Resist. (kg/cm ²)	Porcentaje (%)	Resist. (kg/cm ²)	Porcentaje (%)
0	0.00	0.00%	0.00	0.00%
7	138.03	65.73%	110.98	52.85%
14	169.37	80.65%	132.42	63.06%
28	214.72	102.25%	174.21	82.96%

Fuente: Propio.

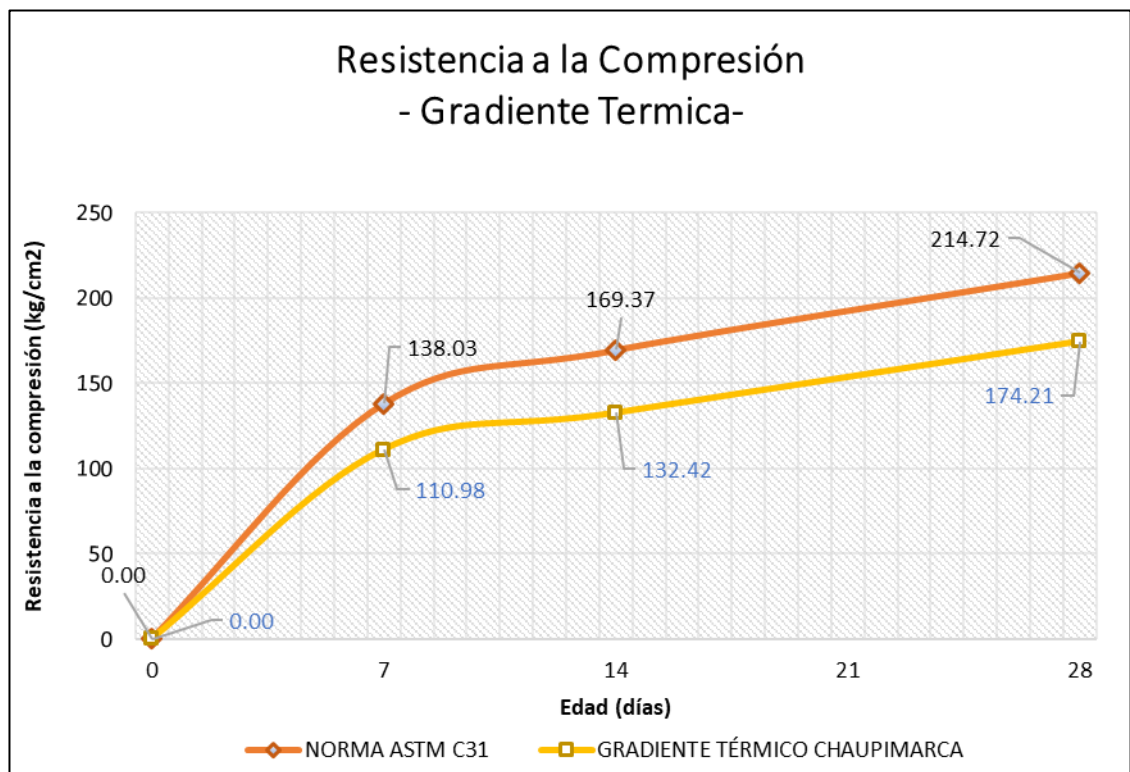


Gráfico 2. Resistencia a la compresión vs Edad (Días)
Fuente: Propio.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

El gradiente térmico de la ciudad de Chaupimarca - Pasco. influye negativamente en la resistencia a la compresión en los elementos estructurales.

4.3.2. PRUEBA DEL HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADO.

Mediante el análisis se evidencia la influencia que se presenta en la gradiente térmica del distrito de Chaupimarca en el desarrollo y evolución de la resistencia a la compresión del concreto.

Por lo detallado y desarrollado en la presente se da validez a la hipótesis el cual es evidenciado con el Grafico 2 y la Tabla 50.

Tabla 201. Resistencia a la Compresión Promedio Gradiente térmica – 28 días

TEMPERATURA	RESISTENCIA PROMEDIO KG/CM2
Norma ASTM C31	214.72 kg/cm2
GRADIENTE PROMEDIO CHAUPIMARCA	174.21 kg/cm2

Fuente: Propio.

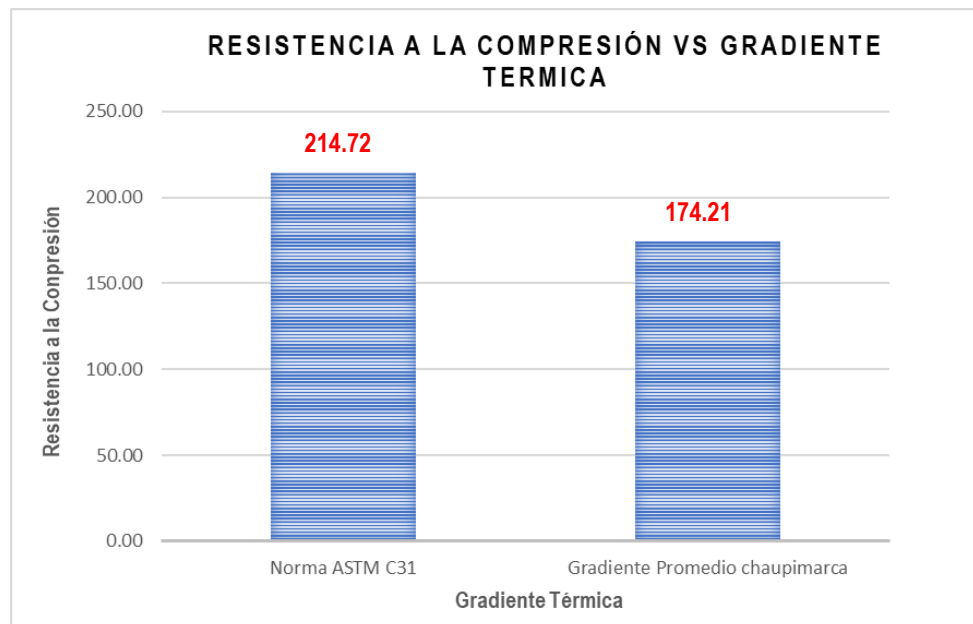


Gráfico 3. Resistencia a la Compresión Promedio
Fuente: Propio.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 212. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Óptima

N°	EDAD	DIAM. (cm)	CARGA (kg)	AREA PROBETA (cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (KG/CM ²)	PROMEDIO RESISTENCIA OBTENIDA	% RESISTENCIA OBTENIDA	% PROMEDIO RESISTENCIA OBTENIDA	% PROMEDIO RESISTENCIA ESPECIFICADA
01	7 días	14.96	24,270.00	175.77	138.08	138.03	65.75%	65.73%	65.00%
02	7 días	14.95	24,210.00	175.54	137.92		65.68%		
03	7 días	14.97	24,305.00	176.01	138.09		65.76%		
04	14 días	15.02	29,884.00	177.19	168.66	169.37	80.31%	80.65%	80.00%
05	14 días	14.96	29,876.00	175.77	169.97		80.94%		
06	14 días	14.98	29,871.00	176.24	169.49		80.71%		
07	28 días	15.03	37,951.00	177.42	213.90	214.72	101.86%	102.25%	100.00%
08	28 días	14.99	38,102.00	176.48	215.90		102.81%		
09	28 días	15.00	37,880.00	176.72	214.36		102.07%		

Fuente: Propio.

En el gráfico 05 se observa la resistencia a la compresión realizado en los días 7,14 y 28 para una gradiente térmica óptima; es claro que la resistencia obtenida esta por encima de la resistencia requerida cuando el curado se realiza con la temperatura óptima indicado en el ASTM C-31.

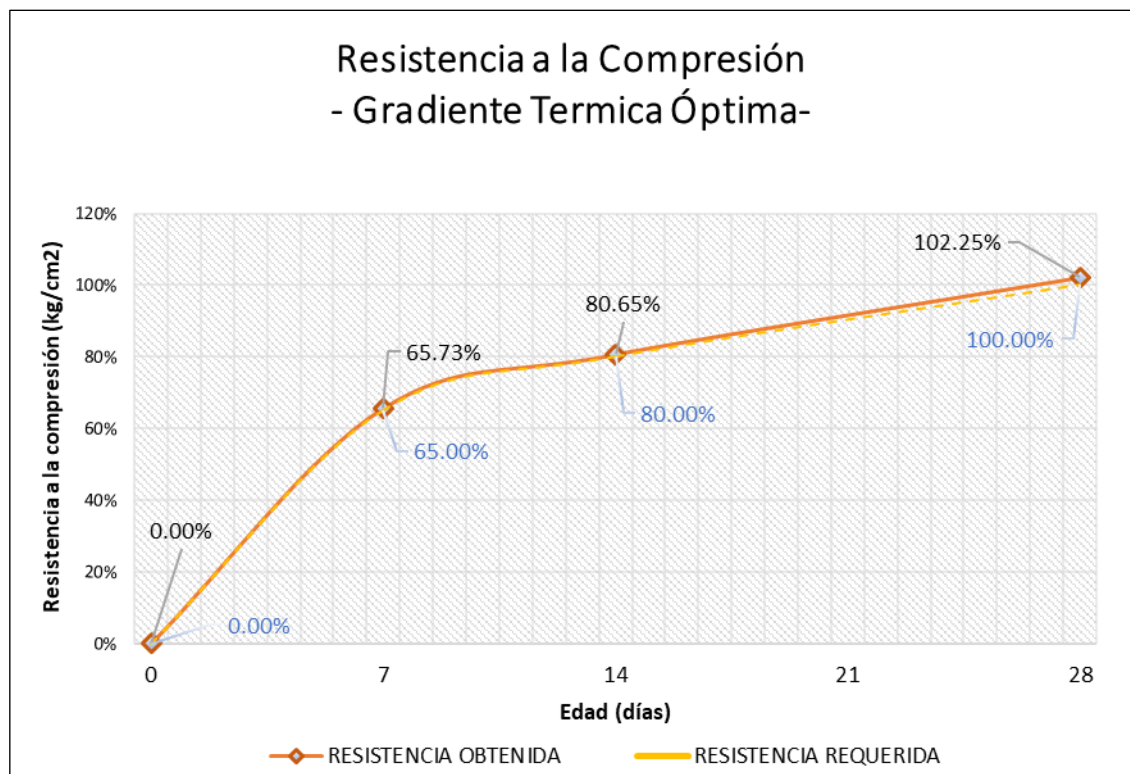


Gráfico 4. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Óptima

Fuente: Propio.

Tabla 223. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Chaupimarca

N°	EDAD	DIAM. (cm)	CARGA (kg)	AREA PROBETA (cm2)	RESISTENCIA OBTENIDA (KG/CM2)	PROMEDIO RESISTENCIA OBTENIDA	% RESISTENCIA OBTENIDA	% PROMEDIO RESISTENCIA OBTENIDA	% PROMEDIO RESISTENCIA ESPECIFICADA
01	7 días	14.94	19,350.00	175.30	110.38	110.98	52.56%	52.85%	65.00%
02	7 días	14.95	19,650.00	175.54	111.94		53.31%		
03	7 días	14.96	19,444.00	175.77	110.62		52.68%		
04	14 días	14.98	23,451.00	176.24	133.06	132.42	63.36%	63.06%	80.00%
05	14 días	15.00	23,300.00	176.72	131.85		62.79%		
06	14 días	14.98	23,325.00	176.24	132.34		63.02%		
07	28 días	15.02	30,420.00	177.19	171.68	174.21	81.75%	82.96%	100.00%
08	28 días	14.97	31,010.00	176.01	176.18		83.90%		
09	28 días	15.00	30,882.00	176.72	174.76		83.22%		

Fuente: Propio.

En el gráfico 06 se observa la resistencia a la compresión realizado en los días 7,14 y 28 para la gradiente térmica del distrito de Chaupimarca; es claro que la resistencia obtenida está por debajo de la resistencia requerida cuando el curado se realiza con la temperatura ambiente del distrito de Chaupimarca.

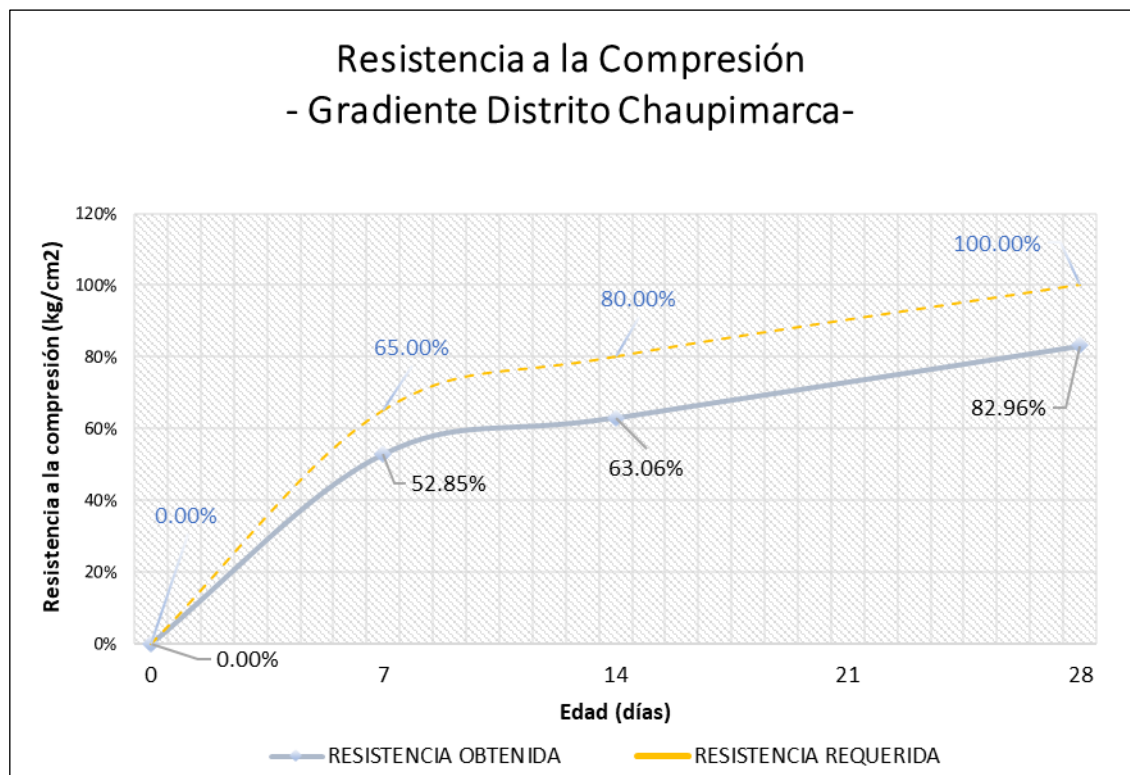


Gráfico 5. Resistencia a la Compresión vs Gradiente Térmico Chaupimarca

Fuente: Propio.

4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

En el gráfico siguiente se observa la comparación de los resultados obtenidos para ambas gradientes en estudio, precisando que lo obtenido con la gradiente térmica óptima resulta mayor a la obtenida con la gradiente térmica del distrito de Chaupimarca.

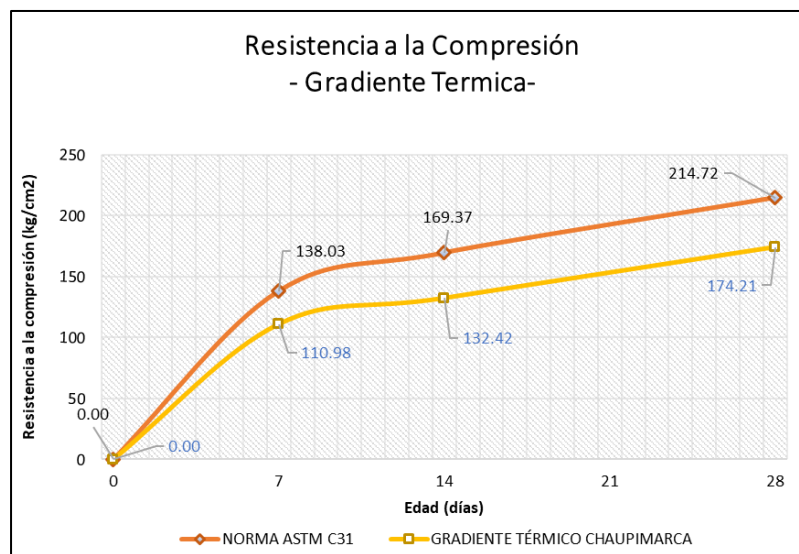


Gráfico 6. Comparativo de Resistencias a la Compresión para ambas Gradientes de Estudio.
Fuente: Propio.

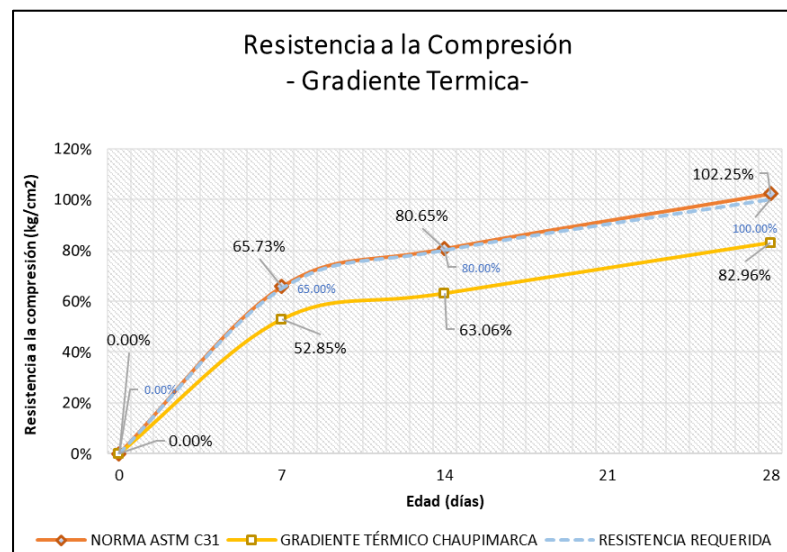


Gráfico 8. Comparativo de Resistencias a la Compresión con la resistencia requerida.
Fuente: Propio

En el gráfico 08 se puede evidenciar los porcentajes de la resistencia promedio que desarrolla el concreto con los 2 tipos de gradientes térmicas usadas en el estudio comparado con los porcentajes de la resistencia requerida en los diferentes días de ensayo.

Se evidencia que los ensayos realizados con un curado a temperatura óptima esta por encima de los valores de los porcentajes de la resistencia requerida contrastando con lo obtenido en los ensayos realizados con un curado a temperatura ambiente del distrito de Chaupimarca que quedan por debajo de la curva control.

Para la gradiente térmica óptima de acuerdo a la Norma ASTM C31 el concreto alcanza una resistencia a la compresión $f'c=214.72 \text{ kg/cm}^2$, para la gradiente térmica presente en el distrito de Chaupimarca el concreto alcanza una resistencia a la compresión $f'c=174.21 \text{ kg/cm}^2$.

CONCLUSIONES

- En grafico 7 y 8, se puede evidenciar la resistencia promedio que desarrolla el concreto con los 2 tipos de gradientes térmicos en estudio:
Para Gradiente térmica ideal de acuerdo a la Norma ASTM C31 el concreto alcanza una resistencia a la compresión $f'c=214.72 \frac{kg^2}{cm}$, para Gradiente térmica presente en la localidad de Chaupimarca el concreto alcanza una resistencia a la compresión $f'c=174.21 \frac{kg^2}{cm}$.
- La resistencia obtenida en ensayos realizados para una gradiente térmica óptima se encuentra dentro de las resistencias requeridas en los diferentes días de ensayo.
- La resistencia obtenida en ensayos realizados para una gradiente térmica del distrito de Chaupimarca se encuentra por debajo de las resistencias requeridas en los diferentes días de ensayo.
- Mediante el análisis se evidencia la influencia que se presenta de la gradiente térmica del distrito de Chaupimarca en el desarrollo y evolución de la resistencia a la compresión del concreto. Por lo detallado y desarrollado en la presente se da validez a la hipótesis el cual es evidenciado con el Grafico siguiente:

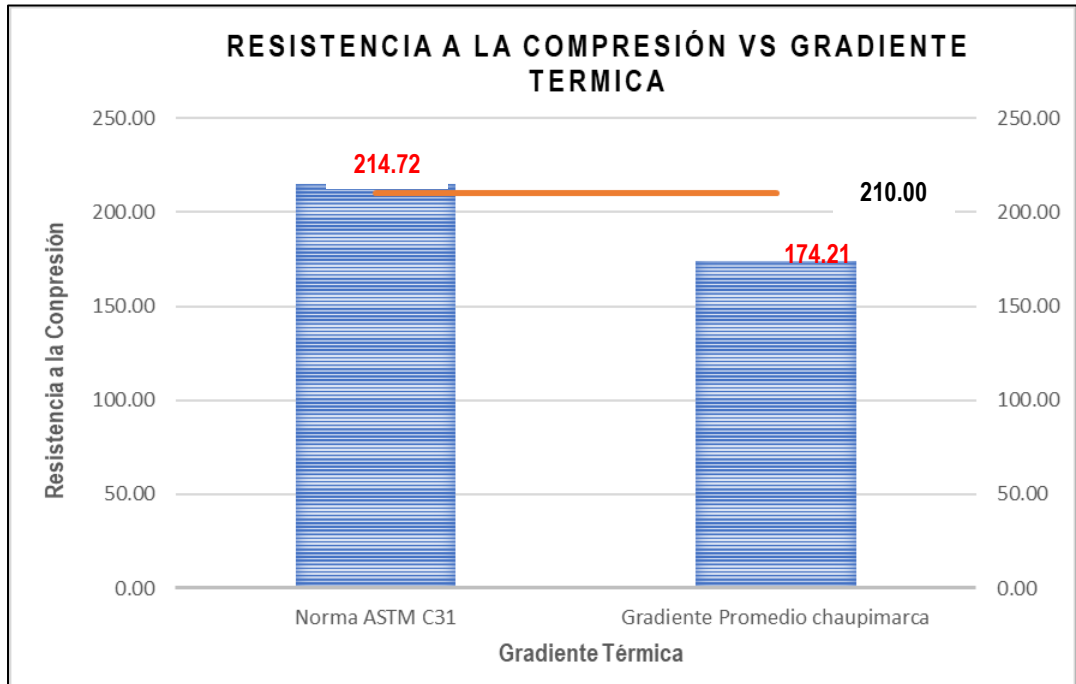


Gráfico 9. Resistencias obtenidas a los 28 días
Fuente: Propio

RECOMENDACIONES

- Es importante determinar la gradiente térmica; 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.
- 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.
- Luego del análisis se recomienda la utilización de la correlación de la resistencia a la compresión vs edad del concreto para cada relación A/C.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Carbajal, I. E. (1999). TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO. LIMA: COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Nacional.
- Comité ACI 318. (2008). Reglamento Estructural para Edificaciones. Estados Unidos: Copyright ©2008, American Concrete Institute.
- ASTM Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens C 39, 2001.
- ACI 211 (American Concrete Institute). 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, reapproved 2002, ACI Committee 211.
- NTP 400.012. 2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.022. 2013. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje absorción del agregado fino. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.017. 2011. Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados. Lima, INDECOPI.
- Flavio Abanto Castillo (2009), Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas), Lima – Peru.
- ACI Committee 209. (1992). Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures. American Concrete Institute.
- ACI committee 224. (2001). Control of Cracking in concrete Structures (224R-01). American Concrete Institute.

- ACI committee 224. (1993). Causes Evaluation and repair of cracks in concrete structures. American Concrete Institute.
- ACI International SP-220. (2004). Autogenous Deformation of Concrete.
- Burrows, R. W. (1998). The Visible and Invisible Cracking of Concrete. ACI.
- Carlson, R. W. (1938). Drying Shrinkage of Concrete as Affected by Many Factors. Proceedings ASTM, vol. 38, pp. 419 - 437.
- Concrete Society. (1992). Non-Structural Cracks in Concrete. Technical Report N°22.
- Davis, H. E. (1940). Autogenous Volume Changes of Concrete. Proceedings, ASTM, vol. 40, pp. 1103 - 1110.
- Esping, O., & Lofgrem, I. (2005). Cracking due Plastic and Autogenous Shrinkage - Investigation of Early Age Deformation of Self-Compacting Concrete. Chalmers University of Technology, Sweden.
- Gilbert, S. N. (2004). Shrinkage cracking and crack control in restrained reinforced concrete members. ACI Structural journal.
- Hansen, W., & Almudaiheem, J. A. (1987, Mayo - Junio). Ultimate Drying Shrinkage of concrete - Influence of Major Parameters. ACI Materials Journal, vol. 84(núm. 3), pp. 39 - 46.
- Holt, E. E. (2001). Early Age Autogenous Shrinkage of Concrete. Technical Research Centre of Finland.

- Houk, I. E., Borge, O. E., & Houghton, D. L. (1969). Studies of Autogenous Volumen Change in Concrete for Dworshak Dam. ACI Journal, Proceedings, vol. 66(núm. 7), pp. 560 - 568.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2000, junio). Uso de aditivos reductores de contracción. Construcción y Tecnología.
- KOSMATKA, S. e. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Illinois: Portland Cement Association.
- Kosmatka, S. H., & Panarese, W. C. (1992). Diseño y control de mezclas de concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Lorman, W. R. (1940). The Theory of Concrete Creep. Proceedings ASTM, vol. 40, pp. 1082 - 1102.
- M. I. SANCHEZ de ROJAS, M. F. (2000). Estudios sobre el calor de hidratación desarrollado en morteros con materiales puzolanicos: naturales y subproductos industriales. MATERIALES DE CONSTRUCCION, 50, 48.
- Neville. (1977). Concrete Technology (second edition ed.).
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1985). Concrete Technology. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Pasquel Carbajal, E. (1999). Tópicos de Tecnología del Concreto (2da Edición ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional.
- 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.

ANEXO

ANEXO 01 – DISEÑO DE MEZCLA



TESIS: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018"

Elaborado por: Bach. Jimmy Adderly Barzola Bautista

DISEÑO DE MEZCLA

DATOS:

A. CEMENTO

- Cemento Andino/Portland ASTM Tipo I
- Resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Peso Especifico (Pe) = 3.15 gr/cm^3
- Slump: Consistencia Plástica = $3''-4''$

B. AGUA

- Peso Especifico (Pe) = 1.00 gr/cm^3

C. AGREGADO FINO

- Peso Unitario Suelto (kg/m^3)= $1,631 \text{ kg/m}^3$
- Peso Unitario Compactado (kg/m^3)= $1,759 \text{ kg/m}^3$
- Peso Especifico (kg/m^3)= $2,748.000 \text{ kg/m}^3$
- Modulo de Fineza= 3.67
- Porcentaje de Absorción= 2.69%
- Contenido de Humedad= 3.79%

D. AGREGADO GRUESO

- Perfil= *Angular*
- Peso Unitario Suelto (kg/m^3)= $1,564$
- Peso Unitario Compactado (kg/m^3)= $1,662$
- Peso Especifico (kg/m^3)= $2,665.000$
- Modulo de Fineza= 7.46
- Tamaño Máximo Nominal= $1.50''$
- Porcentaje de Absorción= 1.72%
- Contenido de Humedad= 0.28%

1) CALCULO $F'cr$ (resistencia promedio requerida)

b) Cuando no tenemos registro de resistencia de probetas correspondiente a obras anteriores:

$F'c$	$F'cr$
Menos de 210	$F'c + 70$
210 - 350	$F'c + 84$
> 350	$F'c + 98$

Entonces, $F'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$



TESIS: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018"

Elaborado por: Bach. Jimmy Adderly Barzola Bautista

DISEÑO DE MEZCLA

2) CONTENIDO DE AIRE

Considerando que el concreto no va a estar expuesto a condiciones de intemperismo severo, no será necesario incorporar aire a la mezcla. Entonces solamente se considerará el aire atrapado.

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

El contenido de aire atrapado para un agregado grueso de TMN de 1" es de 1.5"

3) CONTENIDO DE AGUA - VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Considerando un asentamiento de 3" a 4" para una consistencia plástica en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño nominal de 1 1/2".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	agua en Lt/m³ para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	220	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

El volumen unitario de agua es de: 181 lt/m³



TESIS: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018"

Elaborado por: Bach. Jimmy Adderly Barzola Bautista

DISEÑO DE MEZCLA

4) RELACIÓN A/C (Por Resistencia F'cr)

Como se indico en 2) no se presenta en este caso problemas de intemperismo ni de ataques por sulfatos u otro tipo de acciones que pudiera dañar el concreto, se selecciona la relación agua/cemento unicamente por

$$F'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

F'c (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-----
450	0.38	-----

$$\begin{array}{rcl} 250 & \text{-----} & 0.62 \\ 294 & \text{-----} & x \\ 300 & \text{-----} & 0.55 \end{array}$$

$$\frac{300-294}{0.55-x} = \frac{300-250}{0.55-0.62}$$

$x =$	0.558	$=$	a/c
-------	---------	-----	-------

5) CONTENIDO DE CEMENTO - FACTOR CEMENTO

$$\text{contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de agua de mezclado (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c (para } f'_{cr}\text{)}}$$

$$C = \frac{181}{0.558}$$

$$C = 324.373 \text{ kg}$$

➔	$\text{Peso/bolsa de cemento} = 42.50 \text{ kg}$
	$\text{Factor Cemento} = 7.632 \text{ bolsas}$



TESIS: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO - 2018"

Elaborado por: Bach. Jimmy Adderly Barzola Bautista

DISEÑO DE MEZCLA

6) PESO DEL AGREGADO GRUESO

$$\text{Peso a.g.} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso u.s.c.}$$

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volúmen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.71	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

$$\text{Peso a.g.} = 0.70 \text{ m}^3 \times 1,662 \text{ kg/m}^3$$

Peso a.g. = 1,163.40 kg

7) VOLUMEN ABSOLUTO

$$\text{Cemento} = \frac{324.373}{3.15 \text{ gr/cm}^3 \times 1,000} = 0.103 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{181 \text{ kg}}{1,000 \text{ kg/m}^3} = 0.181 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{1}{1,000} = 0.01 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen del a. grueso} = \frac{1,163.40 \text{ kg}}{2,665 \text{ kg/m}^3} = 0.437 \text{ m}^3$$

Σ = 0.731 m³

$$\text{Volúmen del a. fino} = 1.00 \text{ m}^3 - 0.731 \text{ m}^3 = 0.269 \text{ m}^3$$



TESIS: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO - 2018"

Elaborado por: Bach. Jimmy Adderly Barzola Bautista

DISEÑO DE MEZCLA

8) CALCULAR EL PESO DEL AGREGADO FINO

$$\text{Peso del a. fino} = 0.269 \text{ m}^3 \times 2,748 \text{ kg/m}^3 = 739.21 \text{ kg}$$

9) PRESENTACIÓN DEL DISEÑO EN ESTADO SECO

Cemento	=	324.373 kg
Agregado fino	=	739.21 kg
Agregado grueso	=	1,163.40 kg
Agua	=	181.00 litros

10) CORRECCIÓN POR HÚMEDAD DE LOS AGREGADOS

$$\text{Peso húmedo} = \text{Peso Seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado Fino} = 739.21 \times \left(\frac{3.79}{100} + 1 \right) = 767.228 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1,163.40 \times \left(\frac{0.28}{100} + 1 \right) = 1,244.455 \text{ kg}$$

11) APORTE DE AGUA A LA MEZCLA

$$\frac{(\%w - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100}$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{(3.79 - 2.69) \times 739.21}{100} = 8.131 \text{ lts}$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{(0.28 - 1.72) \times 1,163.40}{100} = -16.753 \text{ lts}$$

$$\Sigma = -8.622 \text{ lts}$$

12) AGUA EFECTIVA

$$\text{Agua} = 181 \text{ lts} - (-8.622 \text{ lts}) = 189.622 \text{ lts}$$



TESIS: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TERMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO – 2018"

Elaborado por: Bach. Jimmy Adderly Barzola Bautista

DISEÑO DE MEZCLA

13) PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO

Redondeamos a dos decimales todos los valores obtenidos:

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
324.37	767.23	1,244.45	189.62
kg	kg	kg	lts
$\frac{324.37}{324.37}$	$\frac{767.23}{324.37}$	$\frac{1244.45}{324.37}$	$\frac{189.62}{7.63}$

✧ PROPORCIONES DE DISEÑO:

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
1	2.30	3.80	24.85 lts

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
42.50	97.75	161.50	24.85 lts
kg/bolsa	kg/bolsa	kg/bolsa	lts

ANEXO 02- CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS

Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE CONCRETO ANÁLISIS DEL AGREGADO (PIEDRA)

SOLICITA JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN PASCO - PASCO - CHAUPIMARCA **FECHA** dic-18

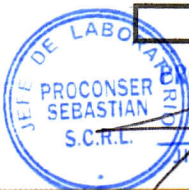
PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO

PESO ESPECÍFICO			CONTENIDO DE HUMEDAD		
Pmuestra s.s.s =	504	gr	Piedra Humeda =	600,00	gr
Volumen inicial en probeta	300	cm ³	Piedra seca =	588,26	gr
Volumen final en probeta	485,9	cm ³	Humedad =	2,00	%
Volumen desplazado	185,9	gr	Factor de humedad =	0,28	%
Pmuestra seca =	495,5	gr	Pesos unitarios		
P.E m =	2,665	gr/cm ³	P.U.S piedra =	1564	kg/m ³
			P.U.C piedra =	1662	kg/m ³
Absorción =	1,72	%			

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	DIÁMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MAXIMO	MIMINO
2"	50,800	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	25,4	502,00	6,77	6,77	93,23	100	90
3/4"	19,05	3015,00	40,69	47,46	52,54	85	40
1/2"	12,700	2422,00	32,68	80,14	19,86	40	10
3/8"	9,525	1412,00	19,05	99,20	0,80	15	0
N° 4	4,75	57,00	0,77	99,97	0,03	5	0
N° 8	2,36	0,00	0,00	99,97	0,03	0	0
N° 16	1,18	0,00	0,00	99,97	0,03	0	0
N° 30	0,59	0,00	0,00	99,97	0,03	0	0
N° 50	0,297	0,00	0,00	99,97	0,03	0	0
N° 100	0,149	0,00	0,00	99,97	0,03	0	0
FONDO	0,000	2,50	0,03	100,00	0,00		
SUMA		7410,50	100,00				

M.F= 7,46



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

ING. ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO

DIRECCIÓN: Barrio La Esperanza Mz. "B" Lt. 14, costado Casa Piedra - Chaupimarca - Pasco
 Av. Túpac Amaru Mz. 18 Lt. B - La victoria - El Tambo - Huancayo. Telf. Cel. 952674787 - 974054523
 Email: proconsersebastian@hotmail.com • erick_proconser@hotmail.com



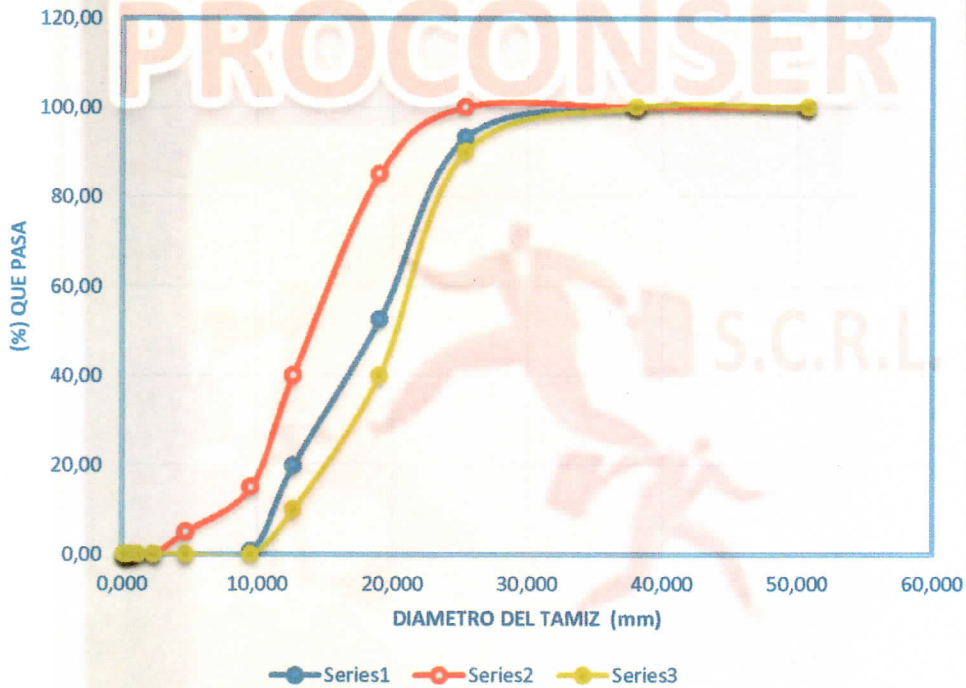
PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS DIVERSOS

Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA PIEDRA



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

JIN ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS
Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE CONCRETO ANÁLISIS DEL AGREGADO (ARENA)

SOLICITA JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA

TESIS "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"

UBICACIÓN PASCO - PASCO - CHAUPIMARCA **FECHA** dic-18

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO

PESO ESPECÍFICO			CONTENIDO DE HUMEDAD		
Pmuestra s.s.s =	521,00	gr	Arena Humeda =	600,00	gr
Pmuestra s.s.s + Fiola =	654,6	gr	Arena seca =	566,05	gr
Vol de llenado en fiola =	500	cm ³	Humedad =	6,00	%
Pmuestra+Agua+Fiola =	970	gr	Factor de humedad =	3,79	%
Pmuestra seca =	507,36	gr	MALLA 200		
P.E m =	2,748	gr/cm ³	Arena Seca =	405	gr.
			Arena lavada seca =	400	gr.
Absorción =	2,69	%	% FINOS =	1,23	%
P.U.S de la Arena	1631	kg/m³	P.U.C de la arena	1759	kg/m³

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	DIÁMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MINIMO	MAXIMO
1/2"	12,700	0	0,00	0,00	100,00	100	100
3/8"	9,525	0	0,00	0,00	100,00	100	100
N° 4	4,75	137,50	5,15	5,15	94,85	100	95
N° 8	2,36	669,10	25,08	30,23	69,77	100	80
N° 16	1,18	822,40	30,82	61,05	38,95	85	50
N° 30	0,59	558,10	20,92	81,97	18,03	60	25
N° 50	0,297	266,60	9,99	91,96	8,04	30	10
N° 100	0,149	113,40	4,25	96,21	3,79	10	2
FONDO	0,000	51,00	1,91	98,13	1,87		
	SUMA	2668,10	98,13				

M.F= 3,67



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

JIM ANCEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO

DIRECCIÓN: Barrio La Esperanza Mz. "B" Lt. 14, costado Casa Piedra - Chaupimarca - Pasco
Av. Túpac Amaru Mz. 18 Lt. B - La victoria - El Tambo - Huancayo. Telf. Cel. 952674787 - 974054523
Email: proconsersebastian@hotmail.com • erick_proconser@hotmail.com



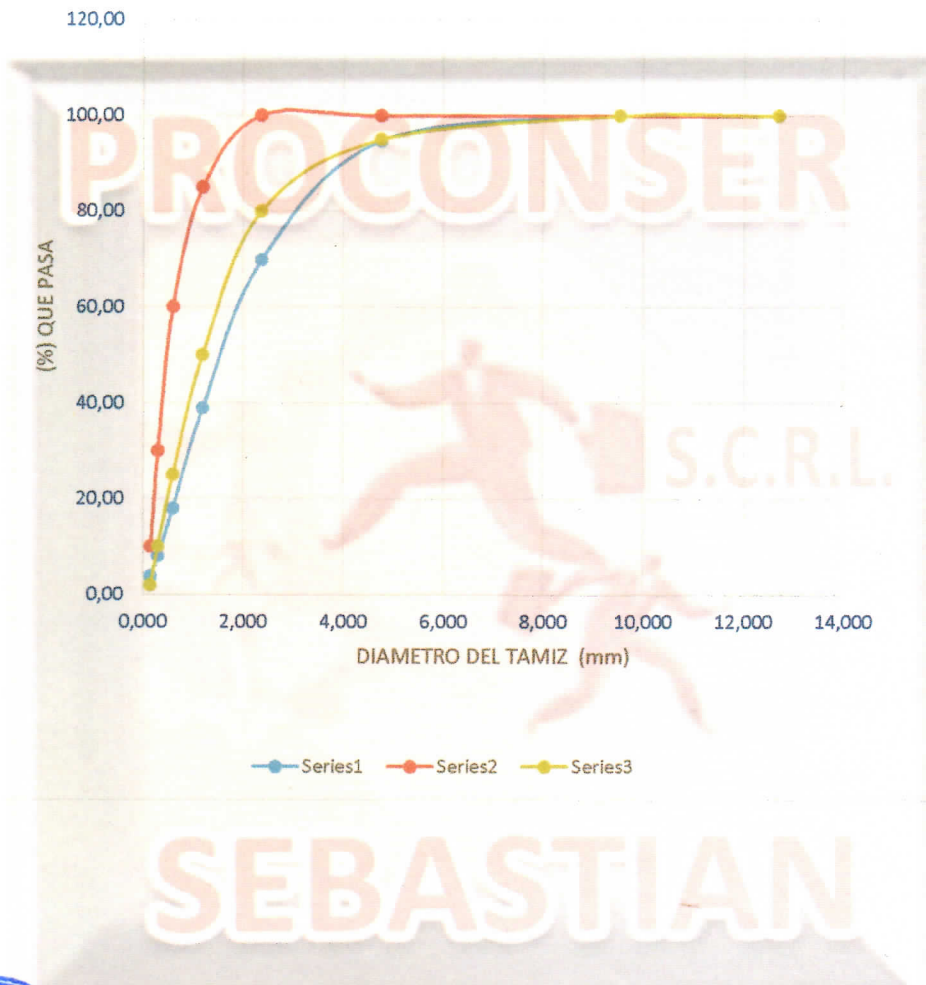
PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS DIVERSOS

Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA ARENA



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

ING. ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS
Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS ASTM C39/NTP 339.034

SOLICITA : JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS : "ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN : PASCO – PASCO – CHAUPIMARCA
SITUACION : GRADIENTE DISTRITO DE CHAUPIMARCA
FECHA : DICIEMBRE 2018

1.- DEL MUESTREO: Las probetas de concreto fueron muestreadas en obra por parte del solicitante con un slump de 3" – 4", teniendo referencia el procedimiento NTP 339-036 "Ensayo de toma de muestras de concreto"

2.- DE LA ELABORACION: La elaboración y curado de las probetas de concreto se efectuó en base a la norma técnica NTP 339.033 y el manipuleo de los testigos de acuerdo al boletín técnico ASOCEM N° 74 por parte del solicitante.

3.- DEL ENSAYO: El ensayo de rotura de las muestras se realizaron teniendo como referencia la norma técnica NTP 339.034-99 "Ensayo de rotura de probetas cilíndricas de concreto"

4.- DE LOS RESULTADOS:

ITEM	EDAD	DIAMETRO	AREA PROBETA	CARGA	DISEÑO	RESISTENCIA	RESISTENCIA	PROMEDIO
	EN DIAS	CM	CM2	KG	f'c(Kg/Cm2)	Kg/Cm2	EN %	
1	7	14,64	175,3	19350	210	110,38	52,56	52,93
2	7	14,95	175,54	19650	210	111,94	53,30	
3	7	14,96	175,77	19444	210	110,62	52,68	



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

JUAN ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS
Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS ASTM C39/NTP 339.034

SOLICITA : JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS : "ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN : PASCO – PASCO – CHAUPIMARCA
SITUACION : GRADIENTE DISTRITO DE CHAUPIMARCA
FECHA : DICIEMBRE 2018

1.- DEL MUESTREO: Las probetas de concreto fueron muestreadas en obra por parte del solicitante con un slump de 3" – 4", teniendo referencia el procedimiento NTP 339-036 "Ensayo de toma de muestras de concreto"

2.- DE LA ELABORACION: La elaboración y curado de las probetas de concreto se efectuó en base a la norma técnica NTP 339.033 y el manipuleo de los testigos de acuerdo al boletín técnico ASOCEM N° 74 por parte del solicitante.

3.- DEL ENSAYO: El ensayo de rotura de las muestras se realizaron teniendo como referencia la norma técnica NTP 339.034-99 "Ensayo de rotura de probetas cilíndricas de concreto"

4.- DE LOS RESULTADOS:

ITEM	EDAD	DIAMETRO	AREA PROBETA	CARGA	DISEÑO	RESISTENCIA	RESISTENCIA	PROMEDIO
	EN DIAS	CM	CM2	KG	f'c(Kg/Cm2)	Kg/Cm2	EN %	
1	14	14,98	176,24	23451	210	133,06	63,36	63,07
2	14	14,95	176,72	23300	210	131,85	62,78	
3	14	14,96	176,24	23325	210	132,35	63,02	



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.
ING. ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS
Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS ASTM C39/NTP 339.034

SOLICITA : JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS : "ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN : PASCO – PASCO – CHAUPIMARCA
SITUACION : GRADIENTE OPTIMA
FECHA : DICIEMBRE 2018

1.- **DEL MUESTREO:** Las probetas de concreto fueron muestreadas en obra por parte del solicitante con un slump de 3" – 4", teniendo referencia el procedimiento NTP 339-036 "Ensayo de toma de muestras de concreto"

2.- **DE LA ELABORACION:** La elaboración y curado de las probetas de concreto se efectuó en base a la norma técnica NTP 339.033 y el manipuleo de los testigos de acuerdo al boletín técnico ASOCEM N° 74 por parte del solicitante.

3.- **DEL ENSAYO:** El ensayo de rotura de las muestras se realizaron teniendo como referencia la norma técnica NTP 339.034-99 "Ensayo de rotura de probetas cilíndricas de concreto"

4.- DE LOS RESULTADOS:

ITEM	EDAD	DIAMETRO	AREA PROBETA	CARGA	DISEÑO	RESISTENCIA	RESISTENCIA	PROMEDIO
	EN DIAS	CM	CM2	KG	f'c(Kg/Cm2)	Kg/Cm2	EN %	
1	14	15,02	177,19	29884	210	168,66	80,31	80,63
2	14	14,96	175,77	29876	210	169,97	80,94	
3	14	14,98	176,24	29871	210	169,49	80,71	



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

JIM ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS
Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS ASTM C39/NTP 339.034

SOLICITA : JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS : "ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN : PASCO - PASCO - CHAUPIMARCA
SITUACION : GRADIENTE OPTIMA
FECHA : DICIEMBRE 2018

1.- **DEL MUESTREO:** Las probetas de concreto fueron muestreadas en obra por parte del solicitante con un slump de 3" - 4", teniendo referencia el procedimiento NTP 339-036 "Ensayo de toma de muestras de concreto"

2.- **DE LA ELABORACION:** La elaboración y curado de las probetas de concreto se efectuó en base a la norma técnica NTP 339.033 y el manipuleo de los testigos de acuerdo al boletín técnico ASOCEM N° 74 por parte del solicitante.

3.- **DEL ENSAYO:** El ensayo de rotura de las muestras se realizaron teniendo como referencia la norma técnica NTP 339.034-99 "Ensayo de rotura de probetas cilíndricas de concreto"

4.- DE LOS RESULTADOS:

ITEM	EDAD	DIAMETRO	AREA PROBETA	CARGA	DISEÑO	RESISTENCIA	RESISTENCIA	PROMEDIO
	EN DIAS	CM	CM2	KG	f'c(Kg/Cm2)	Kg/Cm2	EN %	
1	7	14,96	175,77	24270	210	138,08	65,75	65,71
2	7	14,95	175,54	24210	210	137,92	65,67	
3	7	14,97	176,01	24305	210	138,09	65,76	



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

ING. ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES,
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y
GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS
Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS ASTM C39/NTP 339.034

SOLICITA : JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS : "ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN : PASCO – PASCO – CHAUPIMARCA
SITUACION : GRADIENTE OPTIMA
FECHA : DICIEMBRE 2018

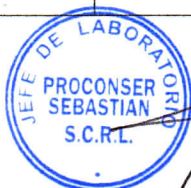
1.- **DEL MUESTREO:** Las probetas de concreto fueron muestreadas en obra por parte del solicitante con un slump de 3" – 4", teniendo referencia el procedimiento NTP 339-036 "Ensayo de toma de muestras de concreto"

2.- **DE LA ELABORACION:** La elaboración y curado de las probetas de concreto se efectuó en base a la norma técnica NTP 339.033 y el manipuleo de los testigos de acuerdo al boletín técnico ASOCEM N° 74 por parte del solicitante.

3.- **DEL ENSAYO:** El ensayo de rotura de las muestras se realizaron teniendo como referencia la norma técnica NTP 339.034-99 "Ensayo de rotura de probetas cilíndricas de concreto"

4.- DE LOS RESULTADOS:

ITEM	EDAD	DIAMETRO	AREA PROBETA	CARGA	DISEÑO	RESISTENCIA	RESISTENCIA	PROMEDIO
	EN DIAS	CM	CM2	KG	f'c(Kg/Cm2)	Kg/Cm2	EN %	
1	28	15,03	177,42	37951	210	213,90	101,86	102,33
2	28	14,99	176,48	38102	210	215,90	102,81	
3	28	15,00	176,72	37880	210	214,35	102,07	



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

JN ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO



PROYECTOS, CONSULTORIA, CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS DIVERSOS "SEBASTIAN" S.C.R.L.

ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS Y PLANES, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y CONTROL DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE EMPRESAS E INSTITUCIONES. VENTA DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS DIVERSOS

Título N° 2011-00001484 - RUC N° 20529197382

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS - CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO A LA COMPRESION EN PROBETAS CILINDRICAS ASTM C39/NTP 339.034

SOLICITA : JIMMY ADDERLY BARZOLA BAUTISTA
TESIS : "ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADIENTE TÉRMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA - PASCO 2018"
UBICACIÓN : PASCO – PASCO – CHAUPIMARCA
SITUACION : GRADIENTE DISTRITO DE CHAUPIMARCA
FECHA : DICIEMBRE 2018

1.- DEL MUESTREO: Las probetas de concreto fueron muestreadas en obra por parte del solicitante con un slump de 3" – 4", teniendo referencia el procedimiento NTP 339-036 "Ensayo de toma de muestras de concreto"

2.- DE LA ELABORACION: La elaboración y curado de las probetas de concreto se efectuó en base a la norma técnica NTP 339.033 y el manipuleo de los testigos de acuerdo al boletín técnico ASOCEM N° 74 por parte del solicitante.

3.- DEL ENSAYO: El ensayo de rotura de las muestras se realizaron teniendo como referencia la norma técnica NTP 339.034-99 "Ensayo de rotura de probetas cilíndricas de concreto"

4.- DE LOS RESULTADOS:

ITEM	EDAD	DIAMETRO	AREA PROBETA	CARGA	DISEÑO	RESISTENCIA	RESISTENCIA	PROMEDIO
	EN DIAS	CM	CM2	KG	f _c (Kg/Cm2)	Kg/Cm2	EN %	
1	28	15,02	177,19	30420	210	171,68	81,75	82,82
2	28	14,97	176,01	31010	210	176,18	83,90	
3	28	15,00	176,72	30882	210	174,75	83,21	



PROCONSER SEBASTIAN S.C.R.L.

JIM ANGEL ALFARO JANAMPA
ING. CIVIL CIP. 129417
JEFE DE LABORATORIO

DIRECCIÓN: Barrio La Esperanza Mz. "B" Lt. 14, costado Casa Piedra - Chaupimarca - Pasco
Av. Túpac Amaru Mz. 18 Lt. B - La victoria - El Tambo - Huancayo. Telf. Cel. 952674787 - 974054523
Email: proconsersebastian@hotmail.com • erick_proconser@hotmail.com

ANEXO 03- NORMA ASTM C-31

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no se responsabiliza por la exactitud literaria o lingüística de la traducción. Sólo la edición inglesa que ASTM publica y protege por la propiedad literaria debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C 31/C 31M-08a, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field¹, 2008a. Copyright ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C 31/C 31M-08a, Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra¹, 2008a. Esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Traducida y reimpresa según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C 31/C 31M – 08a

Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra¹

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 31/C 31M; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Una épsilon (ϵ) como superíndice indica una modificación editorial desde la última revisión o reaprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su utilización por agencias del Departamento de Defensa.

1. Alcance²

1.1 Esta práctica trata sobre procedimientos para preparar y curar especímenes cilíndricos y de viga de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.

1.2 El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.

1.3 Los valores indicados en unidades SI o en pulgada-libra deben ser considerados separadamente como los estándares. Los valores dados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por ello, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma. Las unidades SI se muestran entre corchetes.

1.4 *Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso. (Advertencia—Las mezclas cementicias hidráulicas frescas son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas en la piel y tejidos en caso de exposición prolongada.)³*

1.5 El texto de esta norma cita notas que proporcionan material explicativo. Estas notas no son requisitos de la norma.

2. Documentos citados

2.1 Normas ASTM:²

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

¹ Esta práctica está bajo la jurisdicción del Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates de la ASTM y es responsabilidad directa del Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Versión actual aprobada el 1 de abril de 2008. Publicada en mayo de 2008. Aprobada inicialmente en 1920. Última versión previa aprobada en 2008 como C 31/C 31M-08.

² Vea sección sobre precauciones de seguridad, Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02.

³ Para consultar las normas ASTM citadas, visite el sitio web de ASTM, www.astm.org, o contacte el Servicio de Atención al Cliente de ASTM en service@astm.org. Para obtener información sobre Annual Book of ASTM Standards, consulte la página titulada Document Summary en el sitio web de ASTM.

Al final de esta norma aparece una sección de Resumen de Cambios.

- C 173/C 173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
- C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
- C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- C 403/C 403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
- C 470/C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically
- C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C 1064/C 1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
 - 2.2 *Publicaciones del American Concrete Institute:*⁴
 - CP-1 Concrete Field Testing Technician, Grade I
 - 309R Guide for Consolidation of Concrete

3. Terminología

3.1 Para definiciones de términos utilizados en esta práctica, refiérase al documento *Terminology C 125*.

4. Significación y Utilización

4.1 Esta práctica provee requisitos normalizados para preparar, curar, proteger, y transportar especímenes de ensayo de concreto bajo condiciones de obra.

4.2 Si los especímenes están preparados y curados en la forma normalizada, como se estipula aquí, los datos de ensayo de resistencia resultantes cuando se ensayan los especímenes son aptos para ser utilizados con los siguientes propósitos:

- 4.2.1 Ensayos de aceptación para una resistencia especificada,
- 4.2.2 Control de idoneidad de dosificación de mezcla para resistencia, y
- 4.2.3 Control de calidad.

4.3 Si los especímenes están preparados y curados en obra, como aquí se estipula, los datos de ensayo de resistencia resultantes cuando se ensayan los especímenes son aptos para ser utilizados con los siguientes propósitos:

- 4.3.1 Determinación de si una estructura es apta para ser puesta en servicio,
- 4.3.2 Comparación con los resultados de ensayos de especímenes normalizados curados o con los resultados de ensayos de varios métodos de ensayo in situ,
- 4.3.3 Idoneidad del curado y protección del concreto en la estructura, o
- 4.3.4 Requisitos de tiempo de remoción de encofrado o apuntalamiento.

5. Aparatos

5.1 *Moldes, Generalidades* — Los moldes para especímenes o sujeciones en contacto con el concreto deben estar hechos de acero, hierro fundido, o de otro material no absorbente, no reactivo con el concreto que contiene cemento Portland u otros cementos hidráulicos. Los moldes deben mantener sus dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso. Los moldes deben ser herméticos al agua durante la utilización como se juzga por su capacidad de mantener el agua vertida dentro de ellos. Las disposiciones para ensayos de pérdida de agua están dadas en la sección *Test Methods for Elongation, Absorption, and Water Leakage* de la Especificación C 470/C 470M. Un sellante adecuado, tal como una grasa pesada, arcilla de modelar, o cera microcristalina debe ser usado donde sea necesario evitar pérdidas a través de las juntas. Se debe proveer de un medio eficaz para sostener firmemente las placas de base a los moldes. Los moldes reutilizables deben estar recubiertos ligeramente con aceite mineral o un material desencofrante adecuado no reactivo antes de ser utilizados.

TABLA1 Requisitos de la Varilla de Compactación

Diámetro del cilindro o ancho de la viga in. [mm]	Dimensiones de la varilla ^a	
	Diámetro in. [mm]	Longitud de la varilla in. [mm]
4.6 [150]	3/8 [10]	12 [300]
6 [150]	5/8 [16]	20 [500]
9 [225]	5/8 [16]	26 [650]

^a Tolerancias de la varilla longitud ± 4 in. [100 mm] y diámetro ± 0.01 in. [0.2 mm]

⁴ Disponible en el *American Concrete Institute* (ACI), P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094, <http://www.aci-usa.org>.



5.2 *Moldes Cilíndricos*—Los moldes para colar especímenes de ensayo de concreto deben cumplir con los requisitos de la Especificación C 470/C 470M.

5.3 *Moldes de Viga*—Los moldes de viga deben ser de la forma y dimensiones requeridas para producir los especímenes estipulados en 6.2. Las superficies interiores de los moldes deben ser lisas. Los lados, el fondo y extremos deben estar en ángulos rectos unos de otros y deben estar derechos y alineados y libres de alabeo. La máxima variación de la sección transversal nominal no debe exceder $\frac{1}{8}$ in. [3 mm] para moldes con una profundidad o ancho de 6 in. [150 mm] o más. Los moldes deben producir especímenes de al menos una longitud no menor a $\frac{1}{16}$ in. [2 mm] más corta que la requerida en 6.2.

5.4 *Varilla de Compactación*—Una varilla redonda, recta de acero con las dimensiones conformes a las de la Tabla 1, con el extremo compactador o ambos extremos redondeados en una punta hemisférica del mismo diámetro de la varilla.

5.5 *Vibradores*—Se deben utilizar vibradores internos. La frecuencia del vibrador debe ser de al menos 7000 vibraciones por minuto [150 Hz] cuando el vibrador está funcionando en el concreto. El diámetro de un vibrador cilíndrico no debe ser mayor que un cuarto el diámetro del molde cilíndrico o un cuarto del ancho del molde de viga. Otras formas de vibradores deben tener un perímetro equivalente a la circunferencia de un vibrador cilíndrico apropiado. La longitud combinada del eje del vibrador y el elemento que vibra debe exceder la profundidad de la sección vibrada por al menos 3 in. [75 mm]. La frecuencia del vibrador debe ser controlada periódicamente con un tacómetro de lengüeta vibrante u otro dispositivo adecuado.

NOTA 1—Para información sobre tamaño y frecuencia de distintos vibradores y un método para control periódico de la frecuencia del vibrador vea ACI 309R.

5.6 *Maza*—Se debe utilizar una maza con una cabeza de goma o de cuero crudo con un peso de 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg].

5.7 *Herramientas para el llenado del molde*— de un tamaño suficientemente grande como para que cada cantidad de concreto obtenida del recipiente de muestreo sea representativa, y suficientemente pequeño como para que el concreto sea depositado dentro del molde sin ser derramado. Para colocar el concreto en un molde cilíndrico, la herramienta aceptable es una cuchara de albañil. Para colocar el concreto en un espécimen de viga, se permite usar cuchara de albañil o pala.

5.8 *Herramientas de acabado*—Una llana de mano o fratás.

5.9 *Aparatos de asentamiento*—Los aparatos para la medición del asentamiento deben cumplir con los requisitos del método de ensayo C 143/C 143M.

5.10 *Recipiente de muestreo*— El recipiente debe ser una batea de lámina gruesa de metal, carretilla, o tablero plano, no absorbente, limpio, de capacidad suficiente para permitir volver a mezclar fácilmente la muestra entera con una pala o llana.

5.11 *Aparatos de contenido de aire*— Los aparatos para medir el contenido de aire deben cumplir con los requisitos de los métodos de ensayo C 173/C 173M o C 231.

5.12 *Dispositivos de medición de temperatura*— Los dispositivos de medición de temperatura deben cumplir con los requisitos aplicables del método de ensayo C 1064/C 1064M.

6. Requisitos de Ensayo

6.1 *Especímenes Cilíndricos* —Los especímenes de resistencia a la compresión o a la tracción por hendimiento deben ser cilindros colados y fraguados en una posición vertical. La longitud debe ser dos veces el diámetro. El diámetro del cilindro debe ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso excede 2 in. [50 mm], la muestra de concreto debe ser tratada mediante tamizado de concreto fresco a través de un tamiz de 2 in. [50 mm] como se describe en la Práctica C 172. Para ensayos de aceptación respecto a una resistencia a la compresión especificada, los cilindros deben ser de 6 por 12 in. [150 por 300 mm] o 4 × 8 in. [100 × 200 mm] (Nota 2).

NOTA 2—Cuando se requieren moldes en unidades SI y no están disponibles, se debería permitir un molde de tamaño equivalente en unidades pulgada-libra.

6.2 *Especímenes de Viga*—Los especímenes de resistencia a la flexión deben ser vigas de concreto colado y endurecido en la posición horizontal. La longitud debe ser al menos 2 in. [50 mm] más grande que tres veces la profundidad ensayada. La relación del ancho a la profundidad moldeada no debe exceder 1.5. La viga normalizada debe tener una sección transversal de 6 por 6 in. [150 por 150 mm], y debe ser utilizada para concreto con un



agregado grueso de un tamaño nominal máximo de hasta 2 in. [50 mm]. Cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso exceda 2-in. [50 mm], la menor dimensión de la sección transversal de la viga debe ser al menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. A menos que sea requerido por especificaciones de proyecto, las vigas hechas en obra no deben tener un ancho o profundidad de menos de 6 in. [150 mm].

6.3 Técnicos de Obra—Los técnicos de obra que preparen y curen especímenes para ensayos de aceptación deben ser técnicos de ensayo de obra de ACI, grado I o equivalente. Los programas de certificación de personal equivalentes deben incluir exámenes escritos y de desempeño, como los bosquejados en ACI CP-1.

7. Muestreo de Concreto

7.1 Las muestras utilizadas para fabricar especímenes de ensayo bajo esta norma deben ser obtenidas de acuerdo con la Práctica C 172 a menos que un procedimiento alternativo haya sido aprobado.

7.2 Registre la identificación de la muestra con respecto a la ubicación del concreto representado y el tiempo de colado.

8. Asentamiento, Contenido de Aire y Temperatura

8.1 Asentamiento—Mida y registre el asentamiento de cada amasada de concreto de la cual se preparan los especímenes inmediatamente después de volver a mezclar en el recipiente, como se requiere en el método de ensayo C 143/C 143M.

8.2 Contenido de Aire—Determine y registre el contenido de aire de acuerdo con el método de ensayo C 173/C 173M o el Método de Ensayo C 231. El concreto utilizado para realizar el ensayo de contenido de aire no debe ser utilizado en la fabricación de especímenes de ensayo.

8.3 Temperatura—Determine y registre la temperatura de acuerdo con el método de ensayo C 1064/C 1064M.

NOTA 3—Algunas especificaciones pueden requerir la medición del peso unitario del concreto. En algunos proyectos puede desearse conocer el volumen de concreto producido por amasada. Además, se puede desear tener información adicional sobre las mediciones del contenido de aire. El Método de Ensayo C 138/C 138M es utilizado para medir el peso unitario, el rendimiento, y el contenido de aire gravimétrico del concreto recién mezclado.

9. Moldeado de Especímenes

9.1 Lugar de Moldeado— Moldee los especímenes rápidamente en una superficie rígida a nivel, libre de vibración y otras perturbaciones, en un lugar tan cerca como sea posible de la ubicación donde vayan a ser almacenados.

9.2 Colado de Cilindros—Seleccione una varilla de compactación apropiada según 5.4 y la Tabla 1 o el vibrador apropiado según 5.5. Determine el método de compactación de la Tabla 2, a menos que se especifique otro método. Si el método de compactación es varillado, determine los requisitos de moldeado de la Tabla 3. Si el método de compactación es vibración, determine los requisitos de moldeado de la Tabla 4. Seleccione una cuchara de albañil del tamaño descrito en 5.7. Mientras coloca el concreto en el molde, mueva la cuchara de albañil alrededor del perímetro de la abertura del molde, para asegurar una distribución pareja del concreto con una segregación mínima. Cada capa de concreto debe ser compactada como se requiere. Cuando se coloca la capa final, agregue una cantidad de concreto que llene el molde después de la compactación.

9.3 Colado de Vigas—Seleccione la varilla de compactación apropiada según 5.4 y la Tabla 1 o el vibrador apropiado según 5.5. Determine el método de compactación de la Tabla 2, a menos que se especifique de otro método. Si el método de compactación es varillado, determine los requisitos de moldeado de la Tabla 3. Si el método de compactación es vibración, determine los requisitos de moldeado de la Tabla 4. Determine el número de golpes de varilla por capa, uno cada 2 in.² [14 cm²] del área de la superficie superior de la viga. Seleccione una herramienta para el llenado del molde como se describe en 5.7. Usando la cuchara de albañil o la pala, coloque el concreto en el molde hasta la altura requerida para cada capa. Coloque el concreto de manera que el mismo sea uniformemente distribuido en cada capa con una segregación mínima. Cada capa debe ser compactada como se requiere. Cuando se coloca la capa final, agregue una cantidad de concreto que llene el molde después de la compactación.



TABLA 2 Requisitos del Método de Compactación

Asentamiento in. (mm)	Método de Compactación
≥ 1 [25]	varillado o vibración
< 1 [25]	vibración

TABLA 3 Requisitos de Moldeado por Varillado

Tipo y Tamaño del Espécimen	Número de Capas de Aproximadamente Igual Profundidad	Número de golpes de Varilla por Capa
Cilíndricos:		
Diámetro, in. (mm)		
4 [100]	2	25
6 [150]	3	25
9 [225]	4	50
Vigas:		
Ancho, in. (mm)		
6 [150] a 8 [200]	2	vea 9.3
>8 [200]	3 o más de igual profundidad, cada uno sin exceder 6 in. (150 mm)	vea 9.3

TABLA 4 Requisitos de Moldeado por Vibración

Tipo y Tamaño del Espécimen	Número de Capas	Número de inserciones del Vibrador por Capa	Profundidad Aproximada por Capa, in. (mm)
Cilíndricos:			
Diámetro, in. (mm)			
4 [100]	2	1	la mitad de la profundidad del espécimen
6 [150]	2	2	la mitad de la profundidad del espécimen
9 [225]	2	4	la mitad de la profundidad del espécimen
Vigas:			
Ancho, in. (mm)			
6 [150] a 8 [200]	1	vea 9.4.2	la profundidad del espécimen
más de 8 [200]	2 o más	vea 9.4.2	8 [200] tan cerca como sea posible

9.4 Compactación—Los métodos de compactación para esta práctica son el varillado o vibración interna.

9.4.1 *Varillado*—Coloque el concreto en el molde, en el número de capas requeridas de aproximadamente igual volumen. Golpee cada capa con el extremo redondeado de la varilla utilizando el número de golpes de varilla requerido. Golpee con la varilla la capa inferior en toda su profundidad. Distribuya los golpes de varilla uniformemente sobre la sección transversal del molde. Para cada capa siguiente, permita que la varilla penetre a través de la capa que está siendo compactada y en la capa de abajo aproximadamente 1 in. [25 mm]. Después de que cada capa sea varillada, golpee los lados exteriores del molde levemente 10 a 15 veces con una maza, para cerrar cualquier hueco que haya quedado con el varillado y liberar toda burbuja grande de aire que haya podido quedar atrapada. Utilice la mano abierta para golpear los moldes cilíndricos de un solo uso de calibre liviano que pueden dañarse si se golpean con una maza. Después de golpear, enrase cada capa de concreto a lo largo de los lados y extremos de los moldes de viga con un fratás u otra herramienta adecuada. Los moldes llenados insuficientemente deben ser ajustados con concreto representativo durante la compactación de la capa superior. Se debe remover el concreto en exceso de los moldes llenados en exceso.

9.4.2 *Vibración*—Mantenga una duración uniforme de la vibración para la clase particular de concreto, vibrador, y molde de espécimen involucrados. La duración de la vibración requerida dependerá de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Generalmente se ha aplicado suficiente vibración tan pronto como la superficie del concreto se vuelve relativamente lisa y las burbujas de aire grandes cesan de salir a la superficie superior. Continúe la vibración sólo lo suficiente para alcanzar la compactación apropiada del concreto (vea Nota 4). Llene los moldes y vibre en el número requerido de capas aproximadamente iguales. Coloque todo el concreto para cada capa en el molde antes de comenzar la vibración de esa capa. Cuando compacte el espécimen, inserte el vibrador lentamente y no permita que descansa sobre el fondo o los lados del molde. Retire el vibrador lentamente de manera de que no queden grandes bolsas de aire en el espécimen. Cuando coloque la capa final, evite que el llenado en exceso sea más de $1/4$ in. [6 mm].



NOTA 4—Generalmente, no deberían requerirse más de 5 s de vibración para cada inserción para compactar adecuadamente el concreto con un asentamiento mayor de 3 in. [75 mm]. Se pueden requerir tiempos más largos para concreto de asentamiento menor, pero el tiempo de vibración raramente debería exceder 10 s por inserción.

9.4.2.1 *Cilindros*—El número de inserciones del vibrador por capa está dado en la Tabla 4. Cuando se requiere más de una inserción por capa distribuya las inserciones uniformemente dentro de cada capa. Permita que el vibrador penetre a través de la capa que está siendo vibrada, y en la capa de abajo, aproximadamente 1 in. [25 mm]. Después de que cada capa sea vibrada, golpee los lados exteriores del molde al menos 10 veces con una maza, para cerrar los huecos que puedan quedar y permitir liberar los vacíos de aire. Utilice la mano abierta para golpear los moldes de cartón y de metal de un solo uso que se puedan dañar si se golpean con una maza.

9.4.2.2 *Vigas*—Inserte el vibrador a intervalos que no excedan 6 in. [150 mm] a lo largo de la línea central de la dimensión larga del espécimen. Para especímenes más anchos de 6 in., utilice inserciones alternativas a lo largo de dos líneas. Permita que el eje del vibrador penetre dentro de la capa inferior aproximadamente 1 in. [25 mm]. Después de que cada capa sea vibrada, golpee los lados exteriores del molde firmemente al menos 10 veces con una maza para cerrar los huecos dejados por el vibrado y liberar los vacíos de aire atrapados.

9.5 *Acabado*—Realice todos los acabados con la mínima manipulación necesaria para producir una superficie uniforme plana nivelada con el borde o canto del molde y que no tenga depresiones o proyecciones mayores de $\frac{1}{8}$ in. [3.3 mm].

9.5.1 *Cilindros*—Después de la compactación, acabe las superficies superiores nivelándolas con una varilla de compactación donde la consistencia del concreto lo permita o con una llana de mano o fratás. Si se desea, encabcee la superficie superior de los cilindros recién realizados con una fina capa de pasta de cemento consistente a la que se permite endurecer y curar con el espécimen. Vea la sección de Materiales de Encabezado de la Práctica C 617.

9.5.2 *Vigas*—Después de la compactación del concreto, utilice una llana de mano o fratás para nivelar la superficie superior a la tolerancia requerida para producir una superficie uniforme, plana.

9.6 *Identificación*—Marque los especímenes para identificarlos efectivamente y el concreto que ellos representan. Utilice un método que no altere la superficie superior del concreto. No marque los encabezados removibles. Después de remover los moldes, marque los especímenes de ensayo para mantener sus identidades.

10. Curado

10.1 *Curado Normalizado*—El curado normalizado es el método de curado utilizado cuando los especímenes son realizados y curados para los propósitos indicados en 4.2.

10.1.1 *Almacenamiento*—Si los especímenes no pueden ser moldeados en el lugar donde recibirán el curado inicial, mueva los especímenes inmediatamente después del acabado al lugar de curado inicial para almacenamiento. La superficie de apoyo sobre la cual los especímenes son almacenados debe estar nivelada dentro de $\frac{1}{4}$ in. por ft [20 mm por m]. Si los cilindros en los moldes de un solo uso son movidos, levante y tome los cilindros de la parte inferior de los moldes con un fratás grande o dispositivo similar. Si la superficie superior es estropeada durante el movimiento al lugar de almacenamiento inicial, realice el acabado de nuevo inmediatamente.

10.1.2 *Curado Inicial*—Inmediatamente después de moldear y acabar, los especímenes deben ser almacenados por un periodo de hasta 48 h en un rango de temperatura entre 60 y 80 °F [16 y 27 °C] y en un ambiente que evite la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de concreto con una resistencia especificada de 6000 psi [40 MPa] o más, la temperatura del curado inicial debe estar entre 68 y 78 °F [20 y 26 °C]. Son varios los procedimientos que se pueden utilizar para mantener las condiciones de temperatura y humedad especificadas durante el periodo de curado inicial. Se debe utilizar un procedimiento apropiado o combinación de procedimientos (Nota 5). Proteja todos los especímenes de la luz directa del sol, y de dispositivos calefactores radiantes, si se utilizan. La temperatura de almacenamiento debe ser controlada utilizando dispositivos de calefacción y enfriamiento, como sea necesario. Registre la temperatura utilizando un termómetro de máxima-mínima. Si se utilizan moldes de cartón, proteja las superficies exteriores de los moldes del contacto con la arpillera mojada u otras fuentes de agua.

NOTA 5—Se puede crear un ambiente de humedad satisfactorio durante el curado inicial de los especímenes por uno o más de los siguientes procedimientos: (1) Sumerja inmediatamente los especímenes moldeados con tapas plásticas en agua saturada con hidróxido de calcio, (2) almacene en estructuras o cajas de madera apropiadamente construidas, (3) coloque en pozos de arena húmeda, (4) cubra con tapas plásticas removibles, (5) coloque dentro de bolsas plásticas, o (6) cubra con láminas plásticas o placas no absorbentes si se toman precauciones para evitar secado y se utiliza una arpillera húmeda dentro del cerramiento, pero evitando el contacto de la arpillera con las superficies del concreto. Se puede controlar un ambiente de temperatura satisfactorio durante el curado inicial de los especímenes por uno o más de los siguientes procedimientos: (1) utilización de ventilación, (2) utilización de hielo, (3) utilización de dispositivos enfriadores o de calefacción controlados termostáticamente, o (4) utilización de métodos de calefacción como estufas o bulbos de luz.



Otros métodos adecuados pueden ser utilizados siempre que se cumplan los requisitos que limitan la temperatura y pérdida de humedad de almacenamiento del espécimen. Para mezclas de concreto con una resistencia especificada de 6000 psi [40 MPa] o mayor, el calor generado durante las edades tempranas puede subir la temperatura por encima de la temperatura requerida de almacenamiento. La inmersión en agua saturada con hidróxido de calcio puede ser el método más fácil para mantener la temperatura requerida de almacenamiento. Cuando los especímenes van a ser sumergidos en agua saturada con hidróxido de calcio, los especímenes en moldes de cartón u otros moldes que se expanden cuando se sumergen en agua no deberían ser utilizados. Los resultados de ensayos de resistencia temprana pueden ser menores cuando se almacena a 60 °F [16 °C] y mayores cuando se almacena a 80 °F [27 °C]. Por otra parte, a edades tardías, los resultados de ensayos pueden ser menores para temperaturas de almacenamiento inicial más altas.

10.1.3 Curado final:

10.1.3.1 *Cilindros*—Al completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de quitar los moldes, cure los especímenes con agua libre mantenida sobre sus superficies todo el tiempo a una temperatura de 73 ± 3 °F [23 ± 2 °C] utilizando tanques de almacenamiento de agua o cuartos húmedos que cumplan con los requisitos de la Especificación C 511, excepto cuando encabece con compuesto para encabezar de mortero de sulfuro e inmediatamente antes de ensayar. Cuando encabece con compuesto para encabezar de mortero de sulfuro, los extremos del cilindro deben estar suficientemente secos para evitar la formación de bolsas de vapor o espuma debajo del encabezado o dentro del mismo mayores de $\frac{1}{4}$ in. [6 mm] como se describe en la práctica C 617. Durante un periodo no mayor de 3 h inmediatamente antes del ensayo, no se requiere temperatura de curado normalizado siempre que la humedad libre se mantenga en los cilindros y la temperatura ambiente esté entre 68 y 86 °F [20 y 30 °C].

10.1.3.2 *Vigas*—Las vigas serán curadas igual que los cilindros (vea 10.1.3.1) excepto que ellas deben ser almacenadas en agua saturada con hidróxido de calcio a 73 ± 3 °F [23 ± 2 °C] al menos 20 h antes de ser ensayadas. El secado de las superficies de la viga debe ser evitado entre que se saca del almacenamiento de agua y la finalización de los ensayos.

NOTA 6—Cantidades relativamente pequeñas de secado de superficie en especímenes a flexión pueden producir tensiones de tracción en las fibras extremas que reducirán marcadamente la resistencia a la flexión indicada.

10.2 *Curado en obra*—El curado en obra es el método de curado utilizado para los especímenes realizados y curados como se indica en 4.3.

10.2.1 *Cilindros*—Almacene los cilindros en la estructura o sobre ella tan cerca como sea posible del punto de depósito del concreto representado. Proteja todas las superficies de los cilindros de los elementos de la manera más similar posible que la obra encofrada. Provea a los cilindros con el mismo ambiente de temperatura y humedad que a la obra estructural. Ensaye los especímenes en la condición de humedad resultante del tratamiento de curado especificado. Para cumplir con estas condiciones, los especímenes hechos para determinar cuando una estructura es capaz de ser puesta en servicio deben ser quitados de los moldes al momento de quitar los encofrados de obra.

10.2.2 *Vigas*—Tan cerca como sea practicable, cure las vigas de la misma manera que el concreto en la estructura. Al final de 48 ± 4 h después del moldeo, lleve los especímenes moldeados a la ubicación de almacenamiento y sáquelos de los moldes. Almacene los especímenes que representan pavimentos de losas sobre terreno colocándolos sobre el terreno moldeado, con sus superficies superiores hacia arriba. Cubra los lados y extremos de los especímenes con tierra o arena que debe ser mantenida húmeda, dejando las superficies superiores expuestas al tratamiento de curado especificado. Almacene los especímenes que representan el concreto de la estructura tan cerca como sea posible del punto de la estructura que ellos representan, y proveálos con la misma protección de temperatura y ambiente de humedad que a la estructura. Al final del periodo de curado deje los especímenes en el lugar expuestos a la intemperie de la misma manera que la estructura. Saque todos los especímenes de viga del almacenamiento de obra y almacene en agua saturada de hidróxido de calcio a 73 ± 3 °F [23 ± 2 °C] durante 24 ± 4 h inmediatamente antes del momento de ensayar para asegurar una condición uniforme de humedad entre espécimen y espécimen. Observe las precauciones dadas en 10.1.3.2 para tomar contra el secado entre el momento de sacar del curado y los ensayos.

10.3 *Curado de Concreto Estructural Liviano*—Cure los cilindros de concreto estructural liviano de acuerdo con la especificación C 330.

11. Transporte de los Especímenes al Laboratorio

11.1 Antes de transportar, cure y proteja los especímenes como se requiere en la Sección 10. Los especímenes no deben ser transportados antes de al menos 8 h después del fraguado final. (Vea Nota 7). Durante el transporte, proteja los especímenes con un material adecuado de amortiguación para evitar daño por sacudidas. Durante el tiempo frío, proteja los especímenes de congelamiento con un material de aislamiento adecuado. Evite la pérdida de



humedad durante el transporte envolviendo los especímenes en plástico, arpillera mojada, rodeándolos de arena húmeda, o ajustándolos firmemente con cabezales plásticos sobre moldes plásticos. El tiempo de transporte no debe exceder las 4 h.

NOTA 7—El tiempo de fraguado puede ser medido por el Método de Ensayo C 403/C 403M.

12. Informe

12.1 Informe lo siguiente al laboratorio que ensayará los especímenes:

12.1.1 Número de identificación,

12.1.2 Ubicación del concreto representado por las muestras,

12.1.3 Fecha, hora y nombre de la persona que moldea los especímenes,

12.1.4 Asentamiento, contenido de aire, y temperatura del concreto, resultados de ensayos y resultados de cualquier otro ensayo sobre el concreto fresco y cualquier desviación de los métodos de ensayo normalizados citados, y

12.1.5 Método de curado. Para el método de curado normalizado, informe el método de curado inicial con las temperaturas máximas y mínimas y el método de curado final. Para el método de curado en obra, informe la ubicación donde fue almacenado, modo de protección de los elementos, temperatura y humedad ambiente, y tiempo de remoción de los moldes.

13. Palabras clave

13.1 vigas; colado de muestras; concreto; curado; cilindros; ensayos

RESUMEN DE CAMBIOS

El *Committee C09* ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para esta práctica desde su última publicación, C 31/C 31M – 08, que pueden impactar la utilización de esta práctica. (Aprobado el 1 de abril de 2008)

(1)Revisado 5.5, 5.7, 9.2, 9.3 y 9.5.

(2)Agregado del nuevo punto 5.8 y reenumeración de los párrafos subsecuentes.

El *Committee C09* ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para esta práctica desde su última publicación, C 31/C 31M – 06, que pueden impactar la utilización de esta práctica. (Aprobado el 1 de febrero de 2008)

(1)Revisado 6.1.

(2)Revisado 6.2.

ASTM Internacional no toma posición respecto a la validez de los derechos de patente declarados en relación con cualquiera de los artículos mencionados en esta norma. Los usuarios de esta norma están expresamente avisados de que la determinación de la validez de cualquiera de esos derechos de propiedad industrial, y el riesgo de infringirlos, son enteramente su propia responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en todo momento por el comité técnico responsable y debe ser reexaminada cada cinco años y si no es revisada, debe ser reprobada o retirada. Lo invitamos a realizar comentarios para la revisión de esta norma o para normas adicionales, le pedimos que los haga llegar a las oficinas de ASTM Internacional Headquarters. Sus comentarios serán atentamente examinados en una reunión del comité técnico responsable, a la que usted puede asistir. Si usted estima que sus comentarios no han recibido una audiencia justa comuníquese con el ASTM Committee on Standards, a la dirección indicada debajo.

Esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM Internacional, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA. Es posible obtener copias (simples o múltiples) de esta norma contactando a ASTM en la dirección dada o al 610-832-9585 (teléfono), 610-832-9555 (fax), o service@astm.org (e-mail), o a través del sitio web de la ASTM (www.astm.org).

ANEXO 04- PANEL FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFIA 01: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO



FOTOGRAFIA 02: SECADO DE MUESTRAS DEL AGREGADO



FOTOGRAFIA 03: TAMIZADO DEL AGREGADO



FOTOGRAFIA 04: LAVADO EN MALLA N° 200



FOTOGRAFIA 05: DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO



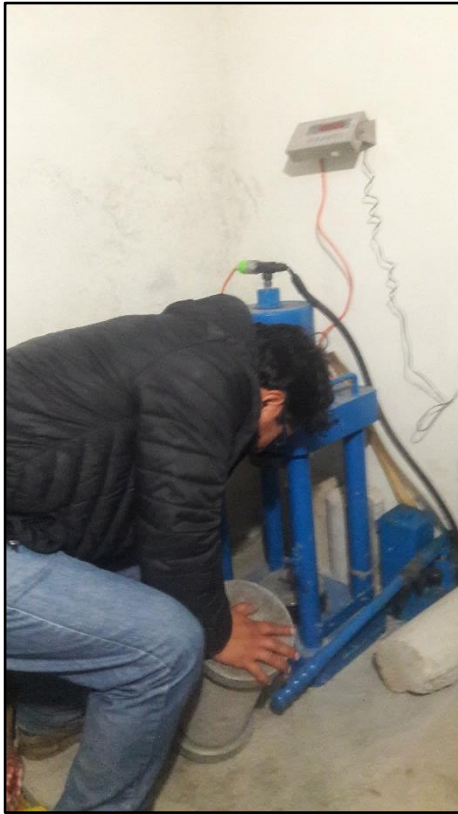
FOTOGRAFIA 06: DETERMINACIÓN DE LOS PESOS ESPECIFICOS



FOTOGRAFIA 07: ENSAYO DE CONSISTENCIA DE LA MEZCLA



FOTOGRAFIA 08: FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO.



FOTOGRAFIA 09 y 10: COLOCACIÓN DE PROBETAS PARA SU ROTURA.

