

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**RESISTENCIA DEL CONCRETO EN COLUMNA DE LAS
VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO - 2016**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:
HUAYTALLA PAQUIYAURI, MARIA

AYACUCHO – PERÚ
2017

DEDICATORIA

A mis padres: TIMOTEO
HUAYTALLA BAYGORREA Y
CRISTINA PAQUIYAURI GOMEZ.

Por darme la vida, por enseñarme a
DIOS, por darme su amor, cuidado,
apoyo y educarme de la mejor forma
con su ejemplo, gracias a Uds, soy
lo que soy.

A MIS HERMANOS EDWIN,
FLOR, ELIZABETH, ALICIA
HUAYTALLA PAQUIYAURI, Por
motivarme, como su hermana
mayor, a ser un buen ejemplo a
seguir, por ser mis compañeros
en la vida diaria y conservar el
amor de familia.

Al gran amor de mi vida ASTRID
CAMILA ENCISO HUAYTALLA, a
FREDY ENCISO TORRES, quiénes
me dan fuerzas para seguir
adelante y motivarme a fijarme
metas más altas alcanzarlas y un
día poder darle todo lo mejor que se
merecen.

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA, alma mater, por permitirme formar parte de esta institución.

A la facultad de CIENCIAS AGRARIAS y en especial a mi Escuela Profesional de INGENIERIA AGRICOLA por recibirme y formarme como profesional en la ingeniería.

A toda la plana de docentes y administrativos que laboran en esta prestigiosa casa de estudios, quienes contribuyeron a enriquecer nuestro conocimiento que serán aplicadas para este trabajo y nuestra futura vida profesional.

A mi asesor Ingeniero Vance Giorgio Fernández Huamán por brindarme los alcances para la realización de este trabajo de investigación.

A mis compañeros de clase por compartir momentos agradables y experiencias inolvidables.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE TABLAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
REVISION	
BIBLIOGRAFICA.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Columna de vivienda.....	5
1.3 Cemento.....	6
1.4 Agua para el cemento.....	17
1.5 Agregados para el concreto.....	26
1.6 Aditivos para el concreto.....	48
1.7 El concreto.....	52
CAPITULO II	
MATERIALES Y METODOS.....	67
2.1 Metodología de investigación.....	67

2.2	Ubicación del área de estudio.....	68
2.3	Población.....	74
2.4	Muestra.....	75
2.5	Métodos y procedimiento.....	76
2.6	Características químicas de loa agregados.....	89
2.7	Procedimiento de muestreo y toma de datos del concreto en campo (NTP 339.036 ASTM C-172).....	90
2.8	Método y ensayo del concreto a compresión de muestras cilíndricas endurecidas (NTP 339.034.1999).....	93
2.9	Método y análisis de datos de concreto en gabinete.....	95
2.10	Materiales.....	103
 CAPITULO III		
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		105
3.1	Resultado del análisis físico de los agregados.....	105
3.2	Resultados de dosificación de agregados y ensayo del concreto a la compresión.....	112
3.3	Discusiones.....	148
 CAPITULO IV		
CONCLUSIONES.....		153
 REFERENCIAS		

BIBLIOGRAFICAS.....	155
ANEXOS.....	157

INDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Composición química del cemento.....	8
Tabla I-2 Compuesto químico del cemento.....	9
Tabla I-3 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.....	21
Tabla I-4 Valores de módulo de elasticidad.....	38
Tabla I-5 Requisitos granulométricos para el agregado fino.....	41
Tabla I-6 Requisitos granulométricos para el agregado grueso.....	42
Tabla I-7 Sustancias dañinas.....	43
Tabla I-8 Resistencia mecánica.....	44
Tabla I-9 Durabilidad mecánica del agregado.....	45
Tabla I-10 Requisito opcional.....	46
Tabla I-11 Contenido de ion cloruro en el concreto.....	46
Tabla I-12 Requisito granulométrico del agregado global.....	48
Tabla I-13 Consistencia y asentamiento del concreto.....	63
Tabla I-14 Circunstancias que afectan a la durabilidad del concreto.....	65
Tabla II-1 Muestra de las viviendas, nivel del piso y ubicación.....	75
Tabla II-2 Carga abrasiva para el ensayo de abrasión del agregado grueso.....	87
Tabla II-3 Muestra de ensayo de abrasión del agregado grueso.....	88
Tabla II-4 Límites de contenido de cloruros y sulfatos del agregado.....	90

Tabla II-5	Factor de corrección de probetas a compresión.....	95
Tabla II-6	Valores de t.....	100
Tabla II-7	Valores de dispersión en el control del concreto.....	101
Tabla II-8	Desviación estándar según ACI, para muestras menor a 30....	102
Tabla II-9	Tabla de f'_{cr} , cuando no hay datos	103
Tabla III-1	Análisis granulométrico del agregado fino.....	105
Tabla III-2	Análisis granulométrico del agregado grueso.....	106
Tabla III-3	Peso unitario suelto del agregado fino.....	108
Tabla III-4	Peso unitario compactado del agregado fino.....	107
Tabla III-5	Peso unitario suelto del agregado grueso.....	108
Tabla III-6	Peso unitario compactado del agregado grueso.....	108
Tabla III-7	Peso específico y absorción del agregado grueso.....	109
Tabla III-8	Peso específico y absorción del agregado fino.....	109
Tabla III-9	% humedad del agregado fino.....	110
Tabla III-10	% humedad del agregado grueso.....	110
Tabla III-11	% vacíos del agregado.....	110
Tabla III-12	Durabilidad del agregado fino a sulfato de magnesio.....	111
Tabla III-13	Durabilidad del agregado grueso a sulfato de magnesio.....	111
Tabla III-14	Resistencia al desgaste del agregado grueso.....	112

Tabla III-15 Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestras de las viviendas.....	113
Tabla III-35 Dosificación de agregados, agua, Slump, transporte y compactación.....	133
Tabla III-36 Resumen de resultados de muestras a compresión.....	135
Tabla III-37 Resultados de \bar{X}_i - \bar{X}_{prom} y $(\bar{X}_i - \bar{X}_{prom})^2$ curadas por 7 días...	138
Tabla III-38 Distribución de frecuencia por intervalo de la resistencia de 20 muestras curada por 7 días.....	142
Tabla III-39 Resultados de \bar{X}_i - \bar{X}_{prom} y $(\bar{X}_i - \bar{X}_{prom})^2$ curadas en campo...	142
Tabla III-40 Distribución de frecuencia intervalo de la resistencia.....	145
Tabla III-41 Resultados de \bar{X}_i - \bar{X}_{prom} y $(\bar{X}_i - \bar{X}_{prom})^2$ del promedio.....	146

INDICE DE FIGURAS

Figura I-1 Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto.....	5
Figura II-1 Mapa Político del Perú.....	69
Figura II-2 Mapa Político del departamento de Ayacucho.....	69
Figura II-3 Mapa Político de la Provincia de Huamanga.....	70
Figura II-4 Mapa del plano del Distrital de Ayacucho.....	70
Figura II-5 Realizando la prueba de ensayo del concreto a la compresión.	94
Figura II-6 Distribución normal (Campana de Gauss).....	97
Figura II-7 Probabilidad de ocurrencia	99
Figura III-1 Dosificación de agregados de 20 muestras de viviendas.....	134
Figura III-2 Resultados a compresión de 20 muestras de viviendas.....	137
Figura III-3 Resistencia del concreto de muestras curadas por 7 días.....	139
Figura III-4 Resistencia del concreto de muestras curadas en campo.....	143

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Resultados físicos, químicos y mecánicos de los agregados

ANEXO 2: Resultado de muestras a compresión

ANEXO 3: Fotografías

ANEXO 4: Normas Técnicas Peruanas

ANEXO 4: Certificado de calibración del laboratorio

RESUMEN

El trabajo de investigación realizada en la zona norte del distrito de Ayacucho, de las 20 viviendas en proceso de construcción nos permitió evaluar los factores involucrados en la obtención de la resistencia del concreto en columna a los 28 días, obteniendo variabilidades de resistencia como una mínima cantidad del 10% que superan una resistencia de 210 kg/cm², así mismo el 20% tienen una resistencia mayor de 175 kg/cm², mientras que la mayor cantidad de viviendas que corresponde a un 70% obtuvieron resistencias por debajo de 175 kg/cm², lo cual demuestra la influencia de la relación agua/cemento, la deficiente dosificación de los agregados, inadecuado transporte del concreto, falta de compactación y deficiente curado en la obtención de la resistencia del concreto requerido.

De acuerdo a la observación en trabajo de campo los resultados obtenidos es debido a la forma artesanal y tradicional de la dosificación de los materiales, la relación agua/cemento, transporte, colocación y curado el cual no es lo recomendado por las normas técnicas de construcción.

Generando cierta preocupación ya que significan que están mal elaboradas las construcciones, esto como consecuencia de las malas prácticas de elaboración del concreto que es lo común en la construcción de viviendas en forma tradicional y artesanal observadas en cada visita a las viviendas en construcción, no habiendo un control del agua en la dosificación, curado y otros que determinaron la variabilidad de la resistencia a compresión obtenidas a los 28 días.

INTRODUCCIÓN

El concreto en nuestros tiempos actuales se ha convertido en el material de construcción más utilizado en el mundo y en la ciudad de Ayacucho, debido a su extraordinario versatilidad en cuanto a su forma que se puede moldear, tiene una función de uso estructural y no estructural y económica ya que la tecnología desarrollada hace posible su competencia en las construcciones de piedra, madera y acero.

Este trabajo de investigación nace como consecuencia de la necesidad de saber los factores que influyen en la variabilidad de la resistencia final del concreto colocado en columna de viviendas en la ciudad de Ayacucho, preparadas en forma artesanal y tradicional.

De qué manera influye la dosificación de los agregados, el curado y la relación agua/cemento para obtener la resistencia final del concreto en columna de las viviendas.

Mehta y Monteiro (1998) mencionan que la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con el cambio de la relación agua/cemento, no obstante existe evidencia en la literatura que este no siempre es el caso. Además por consideraciones teóricas, independientemente de la relación a/c, las características de las partículas del agregado tales como el tamaño, la forma, la textura de la superficie y el tipo de mineral, influyen en las características de la zona de transición y por lo tanto afectan la resistencia del concreto.

El American Concrete Institute ACI 308R (2001) establece que el curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del concreto

endurecido. Por lo tanto un buen curado es necesario para obtener un concreto de buena calidad.

Objetivos

Objetivos generales

Evaluar la relación que existe entre los factores involucrados en la construcción con la resistencia del concreto en columna de viviendas en la ciudad de Ayacucho.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos:

1. Determinar la influencia de la dosificación de los agregados, sobre la resistencia del concreto en columna de las viviendas.
2. Determinar como el curado influye en la resistencia del concreto en columna de las viviendas.
3. Determinar como la relación agua/cemento y humedad de los materiales correctos influye en la resistencia del concreto en columna de las viviendas.

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1. Antecedentes

Guevara y Vera (2013) en la investigación titulada “Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos con semi sótano para un hotel-restaurant, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa, recomiendan que juega un papel muy importante que tanto el diseñador como el residente de obra conozcan plenamente el comportamiento del concreto, ya que este es un material muy susceptible a las variaciones ocurridas por un deficiente diseño de mezcla, tiempo de mezclado, la calidad deficiente de los materiales integrantes de la mezcla de concreto, de la composición agua/cemento, transporte y colocación, también el uso de la vibradora, los cambios bruscos de temperatura, la aplicación de sobrecargas altas antes de adquirir la resistencia mínima especificada, ya que los elementos de concreto armado son generalmente realizados considerando un comportamiento ideal del

mismo, debe proveérselo adecuado cuidado durante la construcción, asegurándose así, un concreto de buena calidad que permita un comportamiento estructural satisfactorio al cumplimiento de la hipótesis de diseño.

Guevara, (2012) menciona que en el trabajo de investigación “Efecto de la variación agua-cemento” (A/C) en la preparación del concreto. Para llevarlo a cabo se hicieron varias pruebas cambiando el volumen del agua con relación a la cantidad de cemento. A partir de esto se pudo concluir que el desarrollo de las pruebas permitió identificar la consistencia del concreto y, por lo tanto de sus propiedades. La resistencia es afectada directamente por dicha relación y se midió mediante la prueba de compresión. Es importante determinar las propiedades del concreto con el que se está trabajando, para determinar su utilidad a largo plazo y cumplir con los estándares requeridos para tal finalidad.

Gonzales y Monteiro (1998) realzan las virtudes del curado como una forma de obtener la mayor resistencia a la compresión en el concreto, parámetro universalmente aceptado para evaluar la calidad del material.

Gonnerman y Shuman (1928) en su trabajo de “Influencia del curado húmedo en la resistencia a la compresión del concreto” se han presentado tradicionalmente en forma gráfica (Figura 1). Las pruebas fueron realizadas utilizando concreto con una relación agua/cemento (a/c) de 0,50 y especímenes cilíndricos de 15cm de diámetro y 30cm de altura. En esta gráfica se muestran concretos que tuvieron como factor

variable el tiempo que pasaron en condiciones de saturación antes de ser expuestos al aire (e iniciar su proceso de secado); con fines didácticos esta gráfica es impactante, ya que muestra un contraste notable entre las resistencias que se obtuvieron al variar el tiempo del curado húmedo. Por ejemplo, entre los concretos que pasaron 28 días expuestos al aire y los que pasaron 28 en estado de saturación se aprecia una ganancia de aproximadamente 100% de resistencia, en pruebas destructivas realizadas a la edad de 28 días.

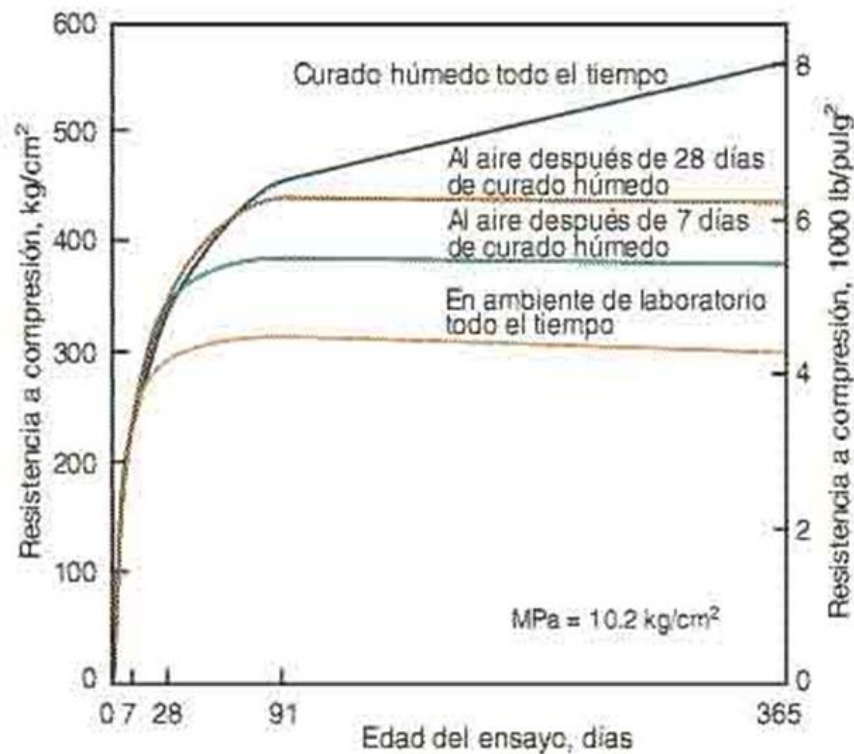


Figura I 1: Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto.

Fuente: Gonnerman y Shuman (1928)

1.2. Columna de vivienda

La columna es un elemento estructural muy utilizado en la construcción, ya que sirve para soportar el peso de toda la estructura.

Esta es de forma vertical y es muy alargada. Además de servir para fines estructurales, también forma parte de la ornamentación del lugar, ya que es utilizada como fines decorativos, la cual se ornamenta y se diseña de una forma muy estética y hermosa. Generalmente posee sección circular, pero en ocasiones se puede apreciar columnas cuadrangulares que están adosadas a un muro, pero estas pasan a llamarse pilares o pilastras. Las columnas clásicas están compuestas por un capitel, un fuste y por una basa. Las columnas también se pueden clasificar de acuerdo a los órdenes arquitectónicos clásicos, a otros componentes de edificios, Tomando en cuenta la relación con otras edificaciones, se pueden encontrar: columnas caladas, las cuales aparecen incrustadas en el muro; columnas aisladas, que están despartadas de la edificación dando origen a un obelisco; Por último, en cuanto a su fuste, estas pueden ser: Fasciculada, que posee delgados fustes lisas que no posee adornos.

1.3. Cemento

1.3.1. Definición

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 el Cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda es decir:

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad (Torre, 2004).

1.3.2. Materias primas del Cemento Portland

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son:

- a. **Materiales calcáreos:** Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio (CO_3Ca) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
- b. **Materiales arcillosos:** Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas.
- c. **Minerales de hierro:** Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- d. **Yeso:** Aporta el sulfato de calcio (Torre, 2004).

1.3.3. Composición química

a. Composición química

Los componentes químicos del cemento Portland se expresan por el contenido de óxidos en porcentajes. Los principales óxidos son:

la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos (Torre, 2004).

Tabla I-1: Composición química del cemento

Oxido componente	Porcentaje típico
CaO	58% - 67%
SiO ₂	16% - 26%
Al ₂ O ₃	4% - 8%
Fe ₂ O ₃	2% - 5%
SO ₃	0.1% - 2.5%
MgO	1% - 5%
K ₂ O y Na ₂ O	0% - 1%
Mn ₂ O ₃	0% - 3%
TiO ₂	0% - 0.5%
P ₂ O ₅	0% - 1.5%
Perdida x calcinación	0.5% - 3%

Fuente: NTP 334.009

b. Compuestos químicos

Durante la calcinación en la fabricación del Clinker de cemento Pórtland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios (Torre, 2004).

Tabla I-2: Compuesto químico del cemento

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S	30% - 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S	15% - 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	4% - 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF	8% - 13%

Fuente: NTP 334.009

1.3.4. Propiedades de los compuestos principales

a. Silicato tricálcico (C₃S), conocido también como alita

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Libera gran cantidad de calor de hidratación equivalente a 120 cal/g. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.
- Contribuye a una buena estabilidad de volumen.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

b. Silicato dicálcico (C₂S), conocido también como belita

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el Clinker es el segundo en importancia.
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).

- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/g.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular (Torre, 2004).

c. Aluminato tricálcico (C₃A)

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /g (Torre, 2004).

d. Ferro aluminato tetra cálcico (C₄AF)

- Reduce la temperatura de formación del Clinker.
- Rápida velocidad de hidratación.
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/g (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.
- Influye en el color final del cemento (Torre, 2004)

1.3.5. Propiedades del cemento

a. Finura o fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo:

Permeabilímetro de Blaine.

Turbidímetro de Wagner.

La importancia radica a mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia (Torre, 2004).

b. Peso específico

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en g/cm^3 . En el laboratorio se determina por medio de:

Ensayo del Frasco de Chatelier (NTP 334.005).

La importancia es que se usa para los cálculos en el diseño de mezclas, los pesos específicos de los cementos Portland son de aproximadamente $3,15 g/cm^3$.

c. Tiempo de fraguado

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de

fraguado inicial y el tiempo de fraguado final. En el laboratorio existen 2 métodos para calcular:

Agujas de Vicat: NTP 334.006.

Agujas de Gillmore: NTP 334.056.

La importancia es: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros (Torre, 2004).

d. Estabilidad de volumen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

Ensayo en Autoclave: NTP 334.004.

e. Resistencia a la compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm². En el laboratorio se determina mediante:

Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334. 05.

Se prueba a diferentes edades: 1,3,7,28 días.

La importancia es que es una propiedad que decide la calidad de los cementos.

Contenido de aire

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048.

La importancia es en concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %) (Torre, 2004).

f. Calor de hidratación

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/g y depende principalmente del C₃A y el C₃S. En el laboratorio se determina mediante:

Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064 (Torre, 2004).

1.3.6. Tipos de cemento

a. Cementos Portland sin adición

Constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas Peruanas:

- **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

- **Tipo II:** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

b. Cementos Portland adicionados

Contienen además de Clinker Portland y Yeso, dos o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. Ejemplo: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire. Aquí tenemos según Normas Técnicas Peruanas:

- Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044).
 - Cemento Portland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
 - Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.
- Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049)
 - Cemento Portland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%.
 - Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%.

- Cementos Portland Compuesto Tipo 1 (Co) (NTP 334.073):
Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertinos), hasta un 30% de peso.
- Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069): Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Portland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.
- Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP 334.082)
Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación; sus tipos son:
GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades especiales.
HH: De alta resistencia inicial.
MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
HS: De alta resistencia a los sulfatos.
MH: De moderado calor de hidratación.
LH: De bajo calor de hidratación (Torre, 2004)

1.3.7. Usos y aplicaciones del cemento porthand

a. Cementos Pórtland estándar (Sin adición)

Tipo I: Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en

concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

Tipo II: En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos ejemplo. Estructuras de drenaje y/o moderado calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable y en climas cálidos.

Tipo III: Para obras que requiera alta resistencia elevada a edades tempranas, normalmente a menos de una semana y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

Tipo IV: Para Estructuras se requiera bajo calor de hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

Tipo V: Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar, también en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos Tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos (Fuente ACI 318).

b. Cementos Pórtland adicionados

Tipo IP y IPM : Cementos cuya adición viene a ser la puzolana tienen uso similar al Tipo I y se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, son cementos de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo MS: Cementos adicionados de escorias se puede emplear en todo tipo de construcciones de concreto son resistentes a la agresión química, se puede utilizar en estructuras en ambientes y suelos húmedos-salitrosos, para estructuras en cimientos y pisos. En general se puede decir que tienen moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Tipo ICo: Corresponde al cemento Tipo I mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto y de concreto armado en general, morteros en general, especialmente para tarrajeo y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones.

1.4. Agua para el cemento

1.4.1. Definición

Aquellas aguas potables que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, agua que no hace daño a las personas, no hace daño al cemento, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en

nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

a. La formación de gel

Es la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas el conjunto de las cuales forman una red eslabonada que contiene material amorfo. El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y en su módulo de elasticidad. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del Cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto; fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional; principalmente dependen del gel del hidrato de silicato de calcio, es la médula del concreto.

b. En estado fresco

Facilita una adecuada manipulación y colocación de la misma.

c. En estado endurecido

La conviertan en un producto con propiedades y características deseadas. Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque esta velocidad determinara el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del Cemento Portland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluye la finura de la molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado (Torre, 2004).

d. Curado del concreto

El aumento de la resistencia continuará con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto sea aproximadamente del 80% o la temperatura del concreto descienda por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente se detiene.

Si se vuelve a saturar el concreto luego de un periodo de secado, la hidratación se reanuda y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo lo mejor es aplicar el curado húmedo al concreto de manera continua desde el momento en que se ha colocado hasta cuando haya alcanzado la calidad deseada debido a que el concreto es difícil de re saturar.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto.

El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, los elementos metálicos previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las condiciones que permitieron su empleo con resultados satisfactorio.

1.4.2. Requisitos de la calidad del agua

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites.

Tabla I-3: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado NTP 339.088

Descripción	Limite Permisible		
	Sólido en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl)	1,000	ppm	Máximo
Ph	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: NTP. 339.088

Recomendaciones adicionales:

- 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.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto el agua de la fuente elegida (Torre, 2004).

1.4.3. Requisito del comité ACI 318 con respecto al agua

- a. El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.

- b. El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.
- c. No deberá emplearse en los concretos aguas no potables, salvo que las condiciones sean satisfechas.
- d. La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.

Casi todas las aguas naturales que son bebibles (potables) y que no tienen olor o sabor pronunciados, son satisfactorias para ser empleadas como aguas de mezclado en la preparación del concreto las impurezas, cuando son excesivas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto, y la estabilidad de volumen (cambios de longitud, sino que también pueden causar eflorescencia o corrosión del refuerzo, las aguas con altas concentraciones de sólidos disueltos deberán ser evitadas.

Las sales u otras sustancias peligrosas con las que contribuyen los agregados o aditivos, deben ser añadidas al volumen que puede ser contenido en el agua de mezclado, estos volúmenes adicionales deben ser considerados en la evaluación de la aceptación de las impurezas totales que pueden ser peligrosas para el concreto o acero.

1.4.4. Funciones

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

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

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, no mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto (Pasquel, 1998).

1.4.5. Efecto de las sustancias disueltas

El efecto de las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales, puedan afectar el tiempo de fraguado del Cemento Portland o en la resistencia última del concreto, es un problema que presenta una complejidad considerable, las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con un olor notable o aquellas aguas en que tengan visibles

algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas.

Sedimentos o partículas en suspensión; Se puede tolerar en el agua aproximadamente 2,000 ppm de arcilla en suspensión o de partículas finas de roca, cantidades mayores podría no afectar la resistencia, pero bien podrían influir sobre otras propiedades de algunas mezclas de concreto. Antes de ser empleada cualquier agua lodosa deberá pasar a través de estanques de sedimentación o deberá ser clarificada por cualquier otro medio para reducir la cantidad de sedimentos y de arcilla agregada a la mezcla. Cuando se regresan finos de cemento al concreto en aguas de enjuague recicladas, se pueden tolerar 50,000 ppm.

Azúcar; Una pequeña cantidad de sacarosa de 0.03% a 0.15% del peso del cemento, normalmente retarda el fraguado del cemento. El límite superior de este rango varía respecto de los distintos cementos. La resistencia a 7 días puede verse reducida, en tanto que la resistencia a los 28 días podría aumentar. El azúcar en cantidades de 0.25% o más del peso del cemento puede provocar un fraguado rápido y una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días (Torre, 2004).

1.4.6. Efecto de las impurezas del agua

El carbonato de sodio; puede causar fraguados muy rápidos en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera

significativa la resistencia del concreto, cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días.

Cloruros; la inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. Los cloruros se pueden introducir en el concreto ya sea con los ingredientes separados; aditivos, agregados, cemento, y agua o a través de la exposición a las sales anticongelantes, al agua de mar, o al aire cargado de sales cerca de las costas.

El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se ha empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfatos de sodio.

Los carbonatos de calcio y de magnesio no son muy solubles en el agua y rara vez se les encuentra en concentraciones suficientes para afectar la resistencia del concreto. En algunas aguas municipales se pueden encontrar bicarbonatos de calcio y de magnesio. No se consideran dañinas las concentraciones inferiores o iguales a 400

ppm de bicarbonato en estas formas. Se han obtenido buenas resistencias con concentraciones hasta de 40,000 ppm de cloruro de magnesio. Las concentraciones e sulfato de magnesio deberán ser inferiores a 25,000 ppm.

Las aguas freáticas naturales rara vez contienen más de 20 a 30 ppm de hierro; sin embargo, las aguas de mina acidas pueden contener cantidades muy grandes. Las sales de hierro en concentraciones hasta 40,000 ppm normalmente no afectan de manera adversa al desarrollo de la resistencia.

El fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio. Generalmente se pueden tolerar en el agua de mezclado concentraciones de estas sales hasta de 500 ppm. Otra sal que puede ser dañina al concreto es el sulfuro de sodio aun la presencia de 100 ppm requiere de ensayos (Torre, 2004).

1.5. Agregados para el concreto

1.5.1. Definición

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

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto (Torre, 2004).

a. Tamaño máximo

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

b. Tamaño máximo nominal

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

c. Módulo de fineza

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representaran la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Módulo de Fineza.

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos en peso de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100.

El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan

los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

La base experimental que apoya al concepto de Módulo de fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia. Lo que lo convierte en un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas, se puede intuir una fineza del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ acumulado retenidos (1 1/2, 3/4" N}^\circ 4, N^\circ 8, N^\circ 16, N^\circ 30, N^\circ 50 \text{ y } N^\circ 100)}{100} \quad (I-1)$$

× 100

1.5.2. Clasificación de los agregados

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

a. Por su naturaleza

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

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

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

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

b. Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75 (Torre, 2004).

c. Por el origen, forma y textura superficial

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

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

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

Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.

Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.

Muy Redondeada: Sin caras ni bordes.

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítreo
- Cristalina

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto.

d. Por el tamaño del agregado

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

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras).

1.5.3. Función del agregado

El agregado dentro del concreto cumple las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.

- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

1.5.4. Propiedades de los agregados

a. Propiedades físicas

Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción (Torre, 2004).

Peso específico

Descritos en Las Normas Técnicas Peruanas 400.021 y 400.022, la que más interés en el campo de la tecnología de concreto y específicamente en el diseño de mezclas es el peso específico aparente que se define como la relación que existe entre el peso del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos todos los poros (saturables y no saturables). 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 C-127 y C-128, establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

El valor del peso específico de la roca madre varía entre 2,48 y 2,8 gr/cm³.

Peso específico de masa seca

$$= \frac{A}{B - C} = \frac{A}{A + Vp \times Da - A + Vs \times Da} = \frac{A}{(Vp + Vs)Da} = \frac{A}{Va \times Da} \quad (I-1)$$

Peso específico saturado superficialmente seco

(I-2)

$$G_{sss} = \frac{B}{B \times C} = \frac{B}{Vag \times Da}$$

Peso específico aparente

$$Ga = \frac{A}{B \times C} = \frac{A}{A - A + Vs \times Da} = \frac{A}{Vs \times Da} \quad (I-3)$$

Donde:

Da: Densidad del agua.

Va: Volumen de los sólidos en las partículas

Vp: Volumen de poros en las partículas.

Vv: Volumen de vacíos entre partículas.

Vag: Volumen agregados = *Vs* + *Vp* (sin vacíos entre partículas)

A: Peso de los sólidos.

B: Peso en el aire saturada superficialmente = $A + V_p \times D_a$.

C: Peso saturado superficialmente seco sumergido en agua = $A - V_a \times D_c$

El peso específico, es de vital importancia, para determinar el peso de los agregados existentes en la dosificación.

Peso unitario

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

Porcentaje de vacíos

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

$$\% \text{ Vacios} = \frac{(S \times W - P.U.C)}{S \times W} \times 100 \quad (I-4)$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

$P.U.C.$ = Peso Unitario Compactado seco del agregado

Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias (Pasquel, 1999).

Las normas ASTM C-127 y 128, establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ absorción} = \frac{\text{Peso S.S.S} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \quad (I-5)$$

Porosidad

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas,

propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%. (Pasquel, 1998).

Humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma.

Los contenidos de humedad generalmente varían del 0.5% al 2% para el agregado grueso y del 2% al 6% para el agregado fino.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100 \quad (1-6)$$

b. Propiedades resistentes

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos (Pasquel, 1998).

Resistencia

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

débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande.

La resistencia en compresión está inversamente relacionada con la porosidad y la absorción y directamente con el peso específico.

Agregados normales con Peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 Kg/cm².

Los agregados ligeros con Peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 Kg/cm².

La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos.

Tenacidad

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad

y textura del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa (Torre, 2004).

Dureza

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

Para agregados gruesos con porcentajes de pérdida entre 10 y 45% (ASTM C 131-01).

Módulo de elasticidad

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

Es muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

Tabla I-4: Valores de módulo de elasticidad

Tipo de agregado	Módulo elástico
Granitos	610000 kg/cm ²
Arenisca	310000 kg/cm ³
Calizas	280000 kg/cm ⁴
Diabasas	860000 kg/cm ⁵
Gabro	860000 kg/cm ⁶

Fuente: (Torre 2004). Tecnología del Concreto

c. 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 (Pasquel, 1998).

Coefficiente de expansión

Cuantifica la capacidad 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. Los valores oscilan normalmente entre 0.9×10^{-6} a $8.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (Torre, 2004).

Calor específico

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca 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 su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 Btu/pie °F (Pasquel, 1998).

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 de calor específico por la densidad.

d. Propiedades químicas

Los agregados son 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.

Existe una forma de ataque químico sobre los agregados, que es la más importante desde el punto de vista de sus consecuencias en la durabilidad del concreto y que es producida por la reacción

de ciertos agregados con los álcalis del cemento produciendo compuestos expansivos.

Reacción álcali-sílice

Los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

Reacción álcali-carbonatos

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción. Para la evaluación de esta característica se encuentran normalizados en ASTM C-586.

1.5.5. Normas y requisitos de los agregados para el concreto

a. Requisitos obligatorios

Granulometría

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

Tabla I-5: Requisitos granulométricos para el agregado fino

Tamiz	Límites totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5mm (3/8")	100	100	100	100
4.75mm (N°4)	95-100	95-100	85-100	89-100
2.38mm (N°8)	80-100	80-100	65-100	80-100
1.20mm (N°16)	50-85	50-85	45-100	70-100
0.60mm (N°30)	25-60	25-60	25-80	55-100
0.30mm (N°50)	05-30	10-30	05-48	05-70
0.15mm (N°100)	0-10	02-10	0-12*	0-12*

*Incrementar 15% cuando se trata de agregado fino triturado, excepto cuando se usa para pavimentos de alta resistencia

Fuente: NTP. 400.037 y 400.012

Tabla I-6: Requisitos granulométricos para el agregado grueso

Tamaño nominal	% paso por los tamices normalizados												
	100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm	19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm
	(4")	(3 1/2")	(3")	(2 1/2")	(2")	(1 1/2")	(1")	(3/4")	(1/2")	(3/8")	(N° 4)	(N° 8)	(N° 16)
90mm a 37.5mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
63mm a 37.5mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
50mm a 25mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
50mm a 4.75mm (2" a N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
37.5mm a 19mm (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
37.5mm a 4.75mm (1 1/2" a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
25mm a 12.5mm (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
25mm a 9.5mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
25mm a 4.75mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 65		0 a 10	0 a 5	
19mm a 9.5mm (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
19mm a 4.75mm (3/4" a N°4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
12.5mm a 4.75mm (1/2" a N°4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
9.5mm a 2.38mm (3/8" a N°8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP. 400.037 y 400.012

Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada en la composición total del agregado. Los agregados con falta de éstos tamaños tienen una mayor cantidad de espacios vacíos entre sus partículas y puestos en el concreto requerirán más cantidad de pasta. Además, en dichos concretos la piedra tiende a separarse con mayor facilidad. Para evitar estas situaciones, la norma establece curvas granulométricas entre las que debe quedar comprendido el agregado a usar en el concreto.

Sustancias dañinas

Se prescribe también que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes:

Tabla I-7: Sustancias dañinas

Descripción	Agregados	
	Fino	Grueso
Partícula deleznable máx. porcentaje	3%	3%
Material más fino que el tamiz N°200	5%	1%
Carbón y lignito	0.50%	0.50%

Fuente: N.T.P. N°400.037

Materia orgánica

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico de (impurezas orgánicas NTP. 400.013) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado o si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros

NTP. 400.024. La resistencia relativa a los 7 días no es menor de 95%.

b. Requisitos complementarios

Los agregados que serán utilizados en concretos de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos deberán cumplir además de los requisitos obligatorios los siguientes:

Resistencia mecánica

La resistencia mecánica del agregado, determinada conforme a la norma NTP 400.020 y NTP 400.038, será tal que los valores no excedan a los siguientes:

Tabla I-8: Resistencia mecánica

Tipo de resistencia mecánica	No mayor que %
Abrasión (Método de los ángeles)	50
Valor de impacto del agregado	30

Fuente: NTP. N° 400.020 y 400.038

La especificación de forma; en nuestro medio, recoge los estudios realizados en Estados Unidos y en Europa (donde ésta característica es normalizada), confrontando además la experiencia nacional (Torre, 2004).

Inalterabilidad del agregado (Durabilidad)

El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de congelación y deshielo, deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. La pérdida

promedio de masa después de 5 ciclos no deberá exceder de los siguientes valores:

Tabla I-9: Durabilidad mecánica del agregado

Agregado fino		Agregado grueso	
Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución sulfato de magnesio	Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución sulfato de magnesio
10%	15%	12%	18%

Fuente: NTP. N° 400.037

c. Requisitos opcionales

El agregado utilizado en concreto sujeto permanentemente a la humedad o en contacto con suelos húmedos, no deberá contener sustancias dañinas que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas en el concreto.

En caso de estar presente tales sustancias, el agregado puede ser utilizado con cementos que puedan tener menos del 0,6% de álcalis calculados como óxido de sodio ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$), con el añadido de un material que prevenga la expansión dañina debido a la reacción álcali-agregado.

La reacción álcali-agregado es un problema común en Estados Unidos, lo que ha originado importantes investigaciones al respecto. Sin embargo en nuestro país pocas veces se han registrado estos casos.

La presencia de sales solubles en el agregado en especial al tratarse de lugares vecinos al mar, descargas de afluentes industriales, etc. el agregado para concreto deberá cumplir con los siguientes límites

admisibles expresados en porcentaje total en peso, referidos a resultados obtenidos en ambos agregados.

Tabla I-10: Requisito opcional

Contenido de sulfato	Valores máximos
Concreto pretensado	0.02% (200ppm)
Concreto armado	0.06% (600ppm)

Fuente: (Torre 2004). Tecnología del Concreto

Para proteger al acero de la corrosión en el concreto armado pretensado, los reglamentos estipulan un máximo de ión cloro como suma total de todos los componentes (agua, agregados y cementos). El código del ACI especifica el porcentaje, (en peso del cemento), del máximo ión de cloro como suma de todos los componentes:

Tabla I-11: Contenido de ion cloruro en el concreto

Tipos de concreto	% en peso máx del ión cloruro
Concreto pretensado	0.06%
Concreto armado expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado seco y protegido	1%
Otras construcciones de concreto armado	0.30%

Fuente: (Torre 2004). Tecnología del Concreto.

El equivalente de arena del agregado utilizado en concretos de $f'c = 210$ Kg/cm² de resistencia de diseño o mayores, deberá ser igual o mayor a 75. Para otros concretos, el equivalente de arena será igual o mayor 65.

Este método es una opción con respecto al requisito del material más fino que pasa el tamiz N°. 200, en especial cuando los muy finos no tienen carácter perjudicial.

El ensayo fue desarrollado por el Laboratorio de caminos del Estado de California, tiene en la actualidad aplicación internacional. La prueba

consiste en agitar cierta cantidad de arena en una probeta con una solución de lavado de floculante, dejando reposar la mezcla. El valor del

$$ES = 100 \times \frac{H_1}{H_2} \quad (I-8)$$

equivalente de la arena se calcula con la expresión:

Siendo:

H_1 = Altura del sedimento

H_2 = Altura total

1.5.6. Agregado global (NTP 400.037)

La norma contiene un apéndice y a manera de información acerca de usos granulométricos considerados óptimos, para los proporcionamientos de finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se pueden obtener concretos trabajables y compactos. Esta información tiene carácter de orientación y en ningún caso es prescriptiva.

El agregado global es aquel material compuesto de agregado fino y grueso, cuya granulometría cumple con los límites dados.

Tabla I-12: Requisito granulométrico del agregado global

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa		
	Tamaño nominal 37.5mm (1 1/2in)	Tamaño nominal 19.0mm (3/4in)	Tamaño nominal 9.5mm (3/8in)
50mm (2")	100	-	-
37.5mm (1 1/2")	95 a 100	100	-
19mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	-
12.5mm (1/2")	-	-	100
9.5mm (3/8")	-	-	95 a 100
4.75mm (N° 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36mm (N° 8)	-	-	20 a 50
1.18mm (N° 16)	-	-	15 a 40
600µm (N° 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300µm (N° 50)	-	-	5 a 15
150µm (N° 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

*Incrementar a 10% para los finos de roca triturada

Fuente: NTP. 400.37 y 400.012

1.6. Aditivos para el concreto

1.6.1. Definición

La norma ASTM C 125, define como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Nuestra Norma Técnica Peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

Modificar una o algunas de sus propiedades NTP, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado.

Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.

Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte y puesta en obra del concreto.

Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

1.6.2. Condiciones de empleo

Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las normas ASTM o NTP correspondientes. Su empleo deberá estar indicado en las especificaciones del proyecto, o ser aprobado por la supervisión.

La norma establece para cada uno de los aditivos requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por el aditivo en las siguientes propiedades del concreto:

- Cantidad de agua.
- Tiempo de fragua.
- Resistencia a compresión.
- Resistencia a flexión.
- Deformación por contracción.
- Inalterabilidad (durabilidad)

Indicándonos en cada caso valores mínimos esperados según la clasificación o tipo de aditivo que se esté usando.

Para el caso de los aditivos incorporadores de aire este es obligatorio en concretos que, en cualquier etapa de su vida, pueden estar expuestos a temperaturas ambiente menores de 0°C. En otros casos, el empleo de estos aditivos es opcional y a criterio del especialista.

1.6.3. Razones de empleo

Entre las principales razones de empleo de aditivos, para modificar las propiedades del concreto fresco, se puede mencionar:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como consecuencia ahorro en la cantidad de cemento para una misma relación a/c (caso de los plastificantes y súper plastificantes).
- Se logra obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que utilizando otros medios.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento.
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión.
- Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.
- Asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado del concreto.

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).
- Disminución de la permeabilidad del concreto.
- Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados.
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco.
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión.
- Producción de concretos o morteros celulares.
- Producción de concretos o morteros coloreados.

1.6.4. Clasificación de los aditivos

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

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.

- TIPO F: Súper Reductores de agua.
- TIPO G: Súper Reductores de agua - acelerantes.

1.6.5. Requisitos de la norma

Las normas ASTM C-260 y C-494, establece para cada uno de los aditivos mencionados, los requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por un aditivo sobre alguna de las siguientes propiedades del concreto:

- a. Requerimiento de agua.
- b. Tiempo de fraguado.
- c. Resistencia a la compresión.
- d. Resistencia a la flexión.
- e. Deformación por contracción.
- f. Inalterabilidad (durabilidad).

1.7. El concreto

1.7.1. Definición

Es un material de uso común, 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.

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

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

El concreto convencional en estado fresco, es un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica.

Las características físicas y químicas de este material están definidas por las características de sus componentes.

1.7.2. Importancia

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso, sin embargo si bien en su calidad final depende en forma importante del conocimiento profundo del material así como del profesional, las posibilidades de uso del concreto son cada día mayores pudiendo en la actualidad ser utilizados para una amplia variedad de propósitos.

1.7.3. Funcionamiento del concreto

El concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso) y

agua. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable. Cuando se mezcla, se hace el vaciado y se cura de manera apropiada, el concreto forma estructuras sólidas capaces de soportar las temperaturas extremas del invierno y del verano sin requerir de mucho mantenimiento. El material que se utilice en la preparación del concreto afecta la facilidad con que pueda vaciarse y con la que se le pueda dar el acabado; también influye en el tiempo que tarde en endurecer, la resistencia que pueda adquirir, y lo bien que cumpla las funciones para las que fue preparado.

Además de los ingredientes de la mezcla de concreto en sí misma, será necesario un encofrado y refuerzo de acero para construir estructuras sólidas. El encofrado generalmente se construye de madera y puede hacerse con ella desde un sencillo cuadrado hasta formas más complejas, dependiendo de la naturaleza del proyecto. El acero reforzado puede ser de alta o baja resistencia, características que dependerán de las dimensiones y la resistencia que se requieran. El concreto se vacía en los encofrados con la forma deseada y después la superficie se alisa y se le da el acabado correspondiente con diversas texturas.

1.7.4. Requisitos de la mezcla

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados.
- Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del uso que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

1.7.5. Composición del concreto

El concreto endurecido se compone de: La pasta y el agregado

a. La pasta

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

alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado (Torre, 2004).

La pasta comprende a cuatro elementos fundamentales:

- El Gel, nombre con el que se conoce al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento. Para asegurar que las reacciones de fraguado continúen, a partir del endurecimiento inicial del hormigón (que normalmente se produce en las primeras doce horas después del mezclado), se requiere dotar continuamente de agua de curado al hormigón, la que sirve para reponer el agua de amasado evaporada por el calor como producto de las reacciones químicas.
- Los poros incluidos en ella.
- El cemento hidratado si lo hay.
- Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre que pueden haberse formado durante la hidratación del cemento.

a.1. Función de la pasta

- Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
- Separa las partículas del agregado.
- Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- Proporcionar lubricación a la masa cuando está aún no ha endurecido.

a.2. Influencia de la pasta de concreto

- El comportamiento del concreto como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y las propiedades finales de las mismas; sin desconocer el papel del agregado en las características finales del concreto.
- Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua cemento y del grado de hidratación del cemento, siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua cemento de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

b. El gel

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

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

La composición del gel comprende: La masa cohesiva del cemento hidratado en estado de pasta densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel.

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en su resistencia mecánica y su elasticidad, donde intervienen dos clases de adherencia cohesivas, atracción física y adherencia química.

1.7.6. Hidratación y curado del concreto

a. Hidratación

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

La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener (Pasquel, 1998)

b. Curado

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

1.7.7. Porosidad de la pasta

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

a. Poros por aire atrapado.

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire del orden del 1% es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado ,colocación o compactación éstos espacios de aire que forman en la masa del concreto son parte inevitable de toda pasta, y contribuyen a la disminución de la resistencia y durabilidad del concreto, varían en tamaños de aquellos que son perceptibles a simple vista a aquellos de un centímetro o más de diámetro.

b. Poros por aire incorporado.

Por razones de incremento en la durabilidad del concreto se puede incorporar intencionalmente aire mediante el empleo de aditivos químicos, pequeñas burbujas de aire las cuales se conocen como poros de aire incorporado.

Las burbujas de aire incorporado son de perfil esférico con valores promedio de 0.10 mm su volumen puede ocupar hasta más del 5%.

La razón principal del empleo de burbujas incorporadas es que este sistema de poros espaciados permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en los poros capilares evitando que las tensiones por expansión contribuyan a agrietar el concreto.

La importancia de estos poros radica en

Conforme aumentan, disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida.

Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta.

1.7.8. Clasificación del concreto

a. Por el peso específico:

Ligero, cuyo peso unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m³.

Normal, cuyo peso unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m³.

Pesado, cuyo peso unitario se encuentre entre >2800 Kg/m³.

b. Según su aplicación:

Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.

Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.

Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.

Postensado: Resistencia a tracción se introducen fundas (Torre 2004).

c. Por su composición:

Ordinario.

Ciclópeo: con áridos de 50 cm.

Cascotes: Hormigón de desechos y ladrillos.

Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido >25 mm.

Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire >6% V.

Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico).

d. Por su resistencia:

Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.

De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos.

1.7.9. Propiedades del concreto

a. En estado fresco

El concreto en estado fresco, desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. El comportamiento del concreto fresco depende:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- Mezclado.
- Temperatura.

a.1. Trabajabilidad

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrá una mayor trabajabilidad cuando:

- Más finos.
- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- plastificantes.

a.2. Consistencia.

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de consistencia:

- **Seca** – Vibrado enérgico.

- **Plástica** – Vibrado normal.
- **Blanda** – Apisonado.
- **Fluida** – Barra (Torre, 2004).

Tabla I-13: Consistencia y asentamiento del concreto

Consistencia	Asiento (cm)	Tolerancia
Seca	0 - 2	0
Plástica	3 - 5	± 1
Blanda	6 - 9	± 1
Fluida	10 - 15	± 1

Fuente: Torre (2004) Tecnología del Concreto

a.3. Homogeneidad y uniformidad.

Homogeneidad: es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad: se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende:

- Buen amasado.
- Buen transporte.
- Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

- Irregularidad en el mezclado.
- Exceso de agua.
- Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos.

Esto provoca:

Segregación: separación de los áridos gruesos y finos.

Decantación: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

a.4. Compacidad.

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire incluido (Torre, 2004).

b. En estado endurecido

b.1. Características físico-químicas

Impermeabilidad

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable.

Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja. La permeabilidad depende de:

- ❖ Finura del cemento.
- ❖ Cantidad de agua.
- ❖ Compacidad.

Durabilidad

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- ❖ Sales.
- ❖ Calor.
- ❖ Agente contaminante.

- ❖ Humedad.

El efecto producido es un deterioro:

- ❖ Mecánico.
- ❖ Físico.

Tabla I-14: Circunstancias que afectan a la durabilidad del concreto

Mecánicas	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
Físicas	Oscilaciones térmicas, ciclo de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
Químicas	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos.
Biológicas	Vegetación o microorganismo

Fuente: Torre (2004). Tecnología del Concreto.

Resistencia térmica

- ❖ Bajas temperaturas – hielo / deshielo (deterioro mecánico).
- ❖ Altas temperaturas >300° C.

b.2. Características mecánicas

Resistencia a compresión

Se cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas.

Resistencia a flexión

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado f'_c , esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad.

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. Metodología de investigación

El procedimiento experimental de la investigación, llevado a cabo para la obtención de los resultados, y así lograr los objetivos planteados, fue realizada directamente en campo, en viviendas ubicadas en el distrito de Ayacucho, (zona norte) y en los laboratorios de “JJM GEOINGENIERIA E.I.R” e “INGEOMAX” ubicados en el distrito de Ayacucho, para la recopilación de las muestras de testigos de concreto se tomaron veinte viviendas en proceso de vaciado de columnas con uso de concreto (cemento, piedra chancada y arena) elaboradas en forma tradicional y artesanal, de las cuales se tomaron dos muestras por vivienda, para el curado respectivo en campo y laboratorio, así mismo en la recopilación de muestras de agregados, se tomaron de las mismas canteras (compañía), las cuales fueron llevados al laboratorio para el respectivo análisis físico,

químico y determinar la influencia en la variabilidad de la resistencia del concreto en columna de las viviendas muestreadas.

2.2. Ubicación del área de estudio

2.2.1. Ubicación Geográfica

La ciudad de Ayacucho, capital del departamento del mismo nombre y de la provincia de huamanga, se encuentra situada entre las coordenadas geográficas:

13° 10'08" Latitud sur y 74° 13'36" Longitud oeste

La ciudad de Ayacucho integrada los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista, Jesús Nazareno y Andrés Avelino Cáceres; y se encuentra ubicado a 543 Km de la capital de Lima, en una penillanura escuadrada entre las cordilleras occidental y oriental a una altitud de 2746 m.s.n.m.

La capital de la Provincia de Huamanga, viene hacer el Distrito de Ayacucho, que cuenta con una superficie territorial aproximado de 159.11km² y con una densidad poblacional de 12.5 hab/km².

2.2.2. Ubicación Política



Figura II-1 Mapa Político del Perú



Figura II-2 Mapa Político del departamento de Ayacucho



Figura II-3: Mapa Político de la Provincia de Huamanga

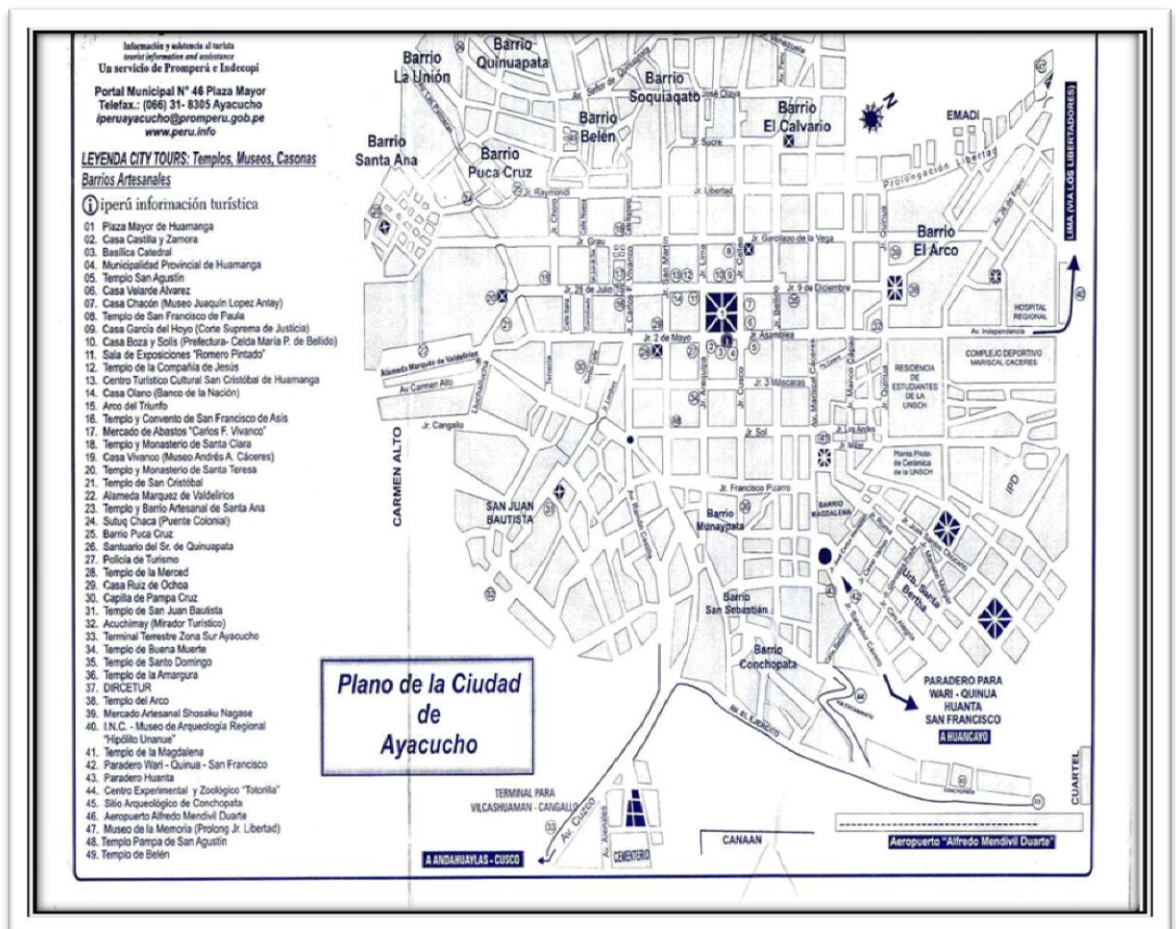


Figura II-4: Mapa del plano de la ciudad del Distrito de Ayacucho

2.2.3. Topografía

La ciudad de Ayacucho en su casco central se asienta sobre una planicie inclinada de oeste a este y presenta la forma de un triángulo cuya base se ubica el oeste y limita con las laderas de los cerros y el vértice lo constituye la fluencia del río Alameda y la quebrada Perico Huaycco, con una topografía accidentada, tiene los barrios aledaños que se incrementan en las partes altas, en las partes aledañas las nuevas urbanizaciones tiene una configuración moderna.

Las calles se caracterizan por su estrechez con secciones de 7.50m a 8.50m aproximadamente, el 60% de las calles se encuentran pavimentadas. Un buen porcentaje de las viviendas (90%) son de uno y dos pisos. En el caso central existen las antiguas casonas que actualmente han sido subdivididas y convertidas en casas de vecindad las mismas que en algunos casos muestran cierto grado de hacinamiento. Predomina la construcción de adobe y de piedra con techo de madera, carrizo y teja en los barrios antiguos, mientras que en las nuevas urbanizaciones son predominantemente de ladrillo y concreto.

2.2.4. Clima y vegetación

La ciudad de Ayacucho tiene clima templado y seco, soleado la mayor parte del año y con temperaturas promedios que oscilan entre 14° y 18°C.; llegando a -10° C en los meses de frío y a +20° C en los meses calurosos.

En cuanto a las precipitaciones pluviales, Ayacucho tiene una moderada humedad relativa de 56%, con variaciones anuales de precipitación que en total solo llegan a 553.7mm.; estas lluvias se presentan marcadamente de enero a marzo y con cierta periodo de abril a mayo y de octubre a diciembre, siendo de junio a setiembre los meses de secos con noches y mañanas frías a consecuencia de las heladas.

La vegetación contrasta entre la de los fondos de valle donde se asienta la agricultura y arbustos como: molle, sauce, algarrobos, huarangos; que son típicos de climas cálidos y las zonas altas donde solo crece una vegetación constituida por plantas resistentes a las sequias tales como: cactus, tuna, huarangos.

2.2.5. Características sismológicas

La zona de estudio que comprende la ciudad de Ayacucho, tiene un historial sísmico amplio teniéndose estos, desde la época colonial. Los sismos de esta región son debidos a la siguiente fuente:

- a. A los mecanismos de subdivisión y otros procesos tectónicos que caracterizan al Perú como un país de alta sismicidad, con eventos sísmicos en la zona de subducción de la costa, sismos superficiales asociadas a fallas poco profundas en la zona y los sismos a gran profundidad que ocurren en la región oriental.
- b. Los sismos en su mayoría son tectónicos y según la carta sísmica (atlas histórico – geográfico y de paisajes Peruanos), Ayacucho en 50 años de sismos de 1913 a 1963 tuvo 18 sismos, 09 son de

profundidades menores de 60 Kms y 09 mayores de 60 Kms se estima que el proceso de subducción de una placa oceánica (placa de nazca) bajo una placa continental (placa sudamericana), ya tiene cerca de 180 millones de años y es prematuro y aventurado llegar a conclusiones acerca de nuestro peligro sísmico, solo en base al conocimiento precario de lo ocurrido en los últimos 450 años equivalentes a unos tres milésimas partes del total de años que tiene el proceso de subducción frente al Perú. La actividad sísmica en Ayacucho presenta las siguientes características generales:

La información instrumental existente muestra que la actividad sísmica que ocurrió en el área hasta 1980, no afectó significativamente la zona, ya que las generaciones presentes carecían de tradición sísmica y por ende de experiencias mentales en este aspecto, muy por el contrario circulaba la idea de que Ayacucho era una zona sísmica, estable. Efectivamente en los decenios posteriores a los años veinte fuera de algunos temblores que pasaron desapercibidos (1959), no se registró eventos de mayor gravedad pero de pronto se hace necesario asimilar nuevas experiencias.

La distribución real de la actividad sísmica tiende a mostrar características de un nido sísmico. La migración espacial es difícil de establecer con certeza por no haber contacto con una red de registro sísmico local.

Se supone que la causa de los sismos fueron de orden tectónico, movimiento de un plano de falla orientada de este a oeste.

Ninguno de los sismos ha causado fallamiento geológico con trazas visibles en la superficie del suelo.

2.2.6. Características de las edificaciones del lugar

La ciudad de Ayacucho tiene un casco urbano con edificaciones donde predomina en la construcción el adobe y la piedra con techos de teja en los barrios antiguos, mientras en las urbanizaciones son predominantemente el ladrillo y concreto que vienen acrecentándose en estos últimos años en el casco central existen las antiguas casonas con techos de tejas y pared de piedra y barro. Un buen porcentaje de las edificaciones aproximadamente el 90% son de uno y dos pisos.

De acuerdo al censo del año 2007 de las 36,532 viviendas existentes en la ciudad de Ayacucho, el 51% son de ladrillo o bloques de cemento, el 49% son de adobe, tapia, piedras y otros materiales precarios con techo de teja de arcilla o calamina y piso de tierra.

2.3. Población

En la tabla II-1 se menciona la población en donde se realizó el estudio de las muestras durante el año 2016 (20 viviendas en construcción)

2.4. Muestra

Son las cuarenta unidades de muestras de testigos de concreto de 15cm x 30cm (dos de cada vivienda), obtenidos directamente en campo de las veinte viviendas, durante el proceso de llenado de las columnas.

Tabla II-1: Muestra de las viviendas, nivel de piso y ubicación de las viviendas.

N° Vivienda	Propietario	Nivel piso	Muestra	Testigo Columna	Ubicación
V-1	Huamantínco Cangana, Henry	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Covadonga Mz U lte 22
V-2	Melquiades Quispe, Juan	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Mecanicos Mz H lte 12
V-3	Ramos Hinojoza, Carmen	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Las flores Mz N lte 18
V-4	Vilcatoma Ramos, Zenón	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Urb. Los Licenciados Mz D lte 18
V-5	Flores Ataucusi, Silvestre	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Comp. Artesanal Mz F lte 01
V-6	Amao Prado, Pascual	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Los Vencedores lte 12
V-7	LLantoy Quispe, Felicitas	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Señor del Huerto M lte 04
V-8	Cabezas Gavilan, Maximiliana	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Las Dunas Mz C lte 01
V-9	Gutierrez Huamán, Miguel	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Av. Covadonga Mz Ñ lte 12
V-10	Huayhua Pareja, Raul	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Av. Evitamiento las Rosas # 20 (J.N)
V-11	Gutierrez Mendez, Zenobio	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Altamirano Mz A lte 6 artesanos
V-12	Condori Quispe, Carmen	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Licenciados Mz S lte 2
V-13	Munaylla Mamani, Edilberto	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Mecánicos Mz A lte 10
V-14	Huertas Prado, Moises	Tercer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Av. Independencia N° 254
V-15	Espinoza Coronado,	Segundo	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Licenciados Mz D lte

	Ana	pisos			10
V-16	Cuadros Llamocca, Pedro	Tercer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Av 26 de Enero 742
V-17	Huamani Tinco, Timoteo	Primer piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Señor de Huerto Mz P Lte 05
V-18	Gamboa Zea, Alejandro	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Asoc. Covadonga Mz V Lte 20
V-19	Pacheco Espinosa, Héctor	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Av. Simón Bolívar 1104
V-20	Maccanascca LLoclla, Gladis	Segundo piso	M-1 M-2	Laboratori Campo	Av. Javier Pérez de Cuellar A1 lote 3

Al cabo de los 28 días, se sometió a esfuerzos de compresión, la prueba se realizó en el Laboratorio JJM GEOINGENIERIA E.I.R.L, para poder determinar su resistencia final del concreto. Así mismo para un mayor entendimiento de la variabilidad de la resistencia del concreto, se tomó muestra del agregado de la cantera utilizada del proceso de vaciado de columnas, para su respectivo análisis físico, químico y mecánico.

2.5. Métodos y procedimiento

La investigación se efectuó mediante dos fases, la primera se realizó en el laboratorio y la segunda en campo; se obtuvieron dos muestras de testigo de concreto de 15cm x 30cm elaboradas en situ mismo; se observó y anoto el proceso de dosificación de la mezcla, revenimiento, traslado, compactación, utilizada en forma artesanal, tradicional de las columnas y su posterior curado bajo las dos formas (laboratorio: 7 días sumergidas en agua), (campo: según el curado de las columnas) Luego a los 28 días después de obtenidas las muestras, estas se sometieron a

esfuerzos de compresión en el Laboratorio de Concreto determinando sus resistencias finales. Luego en la fase de gabinete se procesó los resultados obtenidos de las muestras de concreto y agregado. El agregado utilizado se tomó directamente en campo de la cantera utilizada y posteriormente analizadas, para un mejor entendimiento de sus características. Así mismo Para una mejor interpretación y análisis se utilizó la estadística de las variables y variabilidad de la resistencia.

2.5.1. Características físicas y químicas de los agregados

Debido a la influencia física y química, tanto en la trabajabilidad del concreto como en su estado endurecido, así como en los procesos de explotación, manejo y transporte según los antecedentes de estudios realizados a nivel nacional e internacional, el agregado anteriormente se consideraba un relleno en el volumen de la mezcla pero estudios reciente vienen demostrando que los agregados juega un papel importante dentro de la mezcla de concreto y durabilidad, por ende la necesidad de conocer sus características e influencia de los agregados.

2.5.2. Ubicación y descripción de la cantera utilizada

La cantera empleada en el vaciado de la columna de las viviendas, proviene de la cantera Compañía (El Pedregal). Por lo que se visitó para obtener las muestras en situ, luego a ello se realizó el análisis físico y químico en el laboratorio.

Cantera “El Pedregal”.- Esta cantera se encuentra ubicada aproximadamente en el kilómetro 25.0 de la carretera Ayacucho – Compañía, en el lecho del río Pongora de propiedad de la empresa Negociaciones “El Pedregal EIRL” representado por su gerente Sra. Zulma Pillaca Garaundo. El acceso a la cantera es buena y el material proviene de depósitos fluviales, el material que se encuentra es el hormigón con mayor porcentaje de arena, la forma del agregado es angular con una textura superficial lisa a rugosa, la explotación se realiza con un tractor D6 y un cargador 950F, también cuenta con una máquina chancadora la selección del material se realiza en la misma cantera.

2.5.3. Muestreo y análisis granulométrico de los agregados (NTP 400.012)

Representa la distribución del agregado según su tamaño. La granulometría y el tamaño máximo de los agregados afectan las proporciones relativas de los agregados, así como la relación cemento/agua necesario, la trabajabilidad, la porosidad y la resistencia del concreto.

Pueden presentarse casos de granulometría discontinuas en las que faltan dos o más tamaños los que pueden crear problemas de segregación sobre todo en los concretos sin aire, por lo que se requiere un control estricto de granulometría y de la proporción de agua.

Procedimiento

- Se obtuvo las muestras en situ mismo de la producción e inmediatamente se llevó al laboratorio.
- Se tomó una porción de la muestra mediante el procedimiento del cuarteo.
- Se secó la muestra a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0.1% y se procedió a pesar.
- Se colocó el material en la malla superior, las que estarán dispuestas en orden decreciente según el tamaño de abertura.
- El tamizado se realizó a mano o también se puede mediante el empleo de una máquina adecuada.
- Se tomó cada tamiz con su tapa y base y se imprimió movimiento permanente con direcciones frecuente, cambiante. Para ello se imprime al tamiz los distintos movimientos de vaivén: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular.
- Se da por finalizado la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más de 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, procediendo con el pesado retenido en cada tamiz.

2.5.4. Módulo de fineza (NTP 400.011)

El módulo de finura, representa el valor lubricante del agregado, donde a mayor módulo de finura será menor el valor lubricante, igualmente será menor el requerimiento de agua por área superficial.

$$MF (mg) = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado (malla serie standar)}}{100} \quad (II - 1)$$

a. Procedimiento y análisis del módulo de fineza del agregado fino

Es la suma de los porcentajes totales retenidos en las mallas estándar (#4, #8, #16, #30, #50 y #100) dividido entre 100.

Las normas ASTM C33, establece que la arena debe de tener un módulo de finura no menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

b. Procedimiento y análisis del módulo de fineza del agregado grueso

Es la suma de los porcentajes totales retenidos en las mallas estándar (1 1/2", 3/4", 3/8" N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100) dividido entre 100, esta no da una aproximación del tamaño medio de los agregados, cuando el modulo es alto significa que el agregado es grueso.

2.5.5. Peso volumétrico unitario (NTP 400.017)

Es el peso del material necesario para llenar un recipiente de un pie cubico, se llama unitario porque se trata del volumen ocupado y los huecos.

Los límites normales del peso volumétrico unitario de los agregados son de 1,300 Kg/cm³ a 2,100 Kg/cm³. La norma NTP 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

a. Procedimiento y determinación del peso compactado y suelto

$$f = \frac{1000}{W_a} \qquad P.U.C. = f \times W_c \qquad (II-1)$$

$$f = \frac{1000}{W_a} \qquad P.U.S. = f \times W_s \qquad (II-2)$$

Donde:

P.U.C. = Peso unitario compacto.

P.U.S. = Peso unitario suelto.

W_c = Peso neto compactado.

W_s = Peso neto suelto.

f = Factor de calibración del recipiente.

a.1. Método apisonado

- Se utilizó la barra compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro en los agregados porque tenía un tamaño máximo no mayor de 50mm.
- Se llenó la tercera parte del recipiente y se niveló la superficie con la mano, para apisonar la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Luego se llenó hasta dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes. Inmediatamente se llena la medida hasta rebosar, golpeando 25 veces con la barra compactadora, el agregado sobrante se eliminó usando la barra compactadora como regla.
- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, solo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

- Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente, luego se obtuvo el peso unitario compactado del agregado multiplicando el peso neto por el factor (f), que se obtiene dividiendo el peso del agua a 16.7°C necesaria para llenarlo.

a.2. Determinación del peso suelto (Procedimiento con pala)

- El procedimiento con pala se aplica a agregados que tienen un tamaño máximo no mayor de 100mm.
- El recipiente se llenó con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50mm por encima de la parte superior del recipiente. Se debe tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de las partículas, el agregado sobrante se eliminó con una reglilla.
- Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente, luego se obtuvo el peso unitario suelto del agregado multiplicando el peso neto por el factor (f) obteniendo del mismo modo antes mencionado.

2.5.6. Peso específico y absorción (NTP 400.021)

a. Peso específico

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua. Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre

2500 a 2700. A continuación se muestra las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de pesos específicos.

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(B-C)} \quad (II-3)$$

$$\text{Peso específico de masa saturada superficialmente seco (Gsss)} = \frac{A}{(B-C)} \quad (II-4)$$

$$\text{Peso específico aparente (Ga)} = \frac{A}{(A-C)} \quad (II-5)$$

b. Absorción y humedad superficial (NTP 400.021)

Es necesario determinar la absorción y humedad superficial de los agregados, para poder controlar la proporción de agua en el concreto y determinar los pesos correctos de las mezclas.

$$\text{Porcentaje de absorción (a\%)} = 100 \times \frac{(B-A)}{A} \quad (II-2)$$

Las condiciones de humedad de los agregados se designan de la siguiente manera.

Secado al horno : Completamente absorbentes.

Secado al aire : La superficie de las partículas están secas pero esta algo húmeda en el interior; son por lo tanto absorbentes.

Saturado y superficialmente secos: No absorben agua ni aumentan el agua de la mezcla.

Húmedos o mojados : Contiene en exceso de humedad en la superficie. Los pesos de los materiales para las mezclas deben ajustarse por las condiciones de humedad de los agregados.

Procedimiento

a. Para el agregado grueso

- Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta un peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C y luego se sumerge en agua por un periodo de $24h \pm 4h$.
- Se saca la muestra del agua y luego se frota con una franela absorbente, hasta desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aun aparezca húmedo. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Se determinó este y todo los demás pesos con aproximación de 0.5 gramos.
- Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la canasta de alambre y se determinó su peso en agua a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Luego se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, de 1 hora a 3 horas y se pesa.

b. Para el agregado fino.

- Se introdujo en el frasco 500grs, del material preparado, la cual se llena de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm³ a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, luego se hizo rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de

aire, después de la cual se colocó en un baño a temperatura constante de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

- Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³ y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con una aproximación de 01 gramo.
- Se saca el agregado fino del frasco, se seca hasta un peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C , se enfría a temperatura en un secador durante $\frac{1}{2}$ hora, y se pesa.

2.5.7. Resistencia a la congelación e intemperismo (NTP 400.016)

Esta característica radica fundamentalmente para las estructuras que van a estar sujetas a intemperismo, está relacionada a la porosidad y absorción del agregado.

La resistencia al intemperismo puede determinarse mediante el ensayo de durabilidad o prueba con el sulfato de sodio o magnesio que nos permite encontrar el porcentaje de partida del peso de un material sujeto a varios ciclos de inmersión en una solución de sulfato, creando de esta manera presiones por la formación de cristales, semejantes a los producidos por la congelación del agua.

Procedimiento:

- Según las Normas Técnica Peruana 400.016, se lava completamente la muestra de agregado fino sobre el tamiz N° 50, luego se seca hasta un peso constante a 105°C - 110°C , se separa

el material en diferentes tamaños y se pesa cada fracción después del tamizado final de acuerdo a lo especificado en dicha norma y se colocara en envases individuales para el ensayo menos 1.5cm

- Se introduce la muestras en la solución de sulfato de sodio durante no menos de 16 horas ni más de 18 horas de una manera tal que la solución las cubre a una profundidad de por lo menos 1.5 cm.
- Se secan las muestras en horno a temperatura de 105°C a 110°C, la muestra a temperatura ambiente se somete a un nuevo periodo de inmersión, repitiéndose este ciclo el número de veces requeridos.
- La solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, preparado que tendrá un peso específico entre 1.151 a 1.174.
- La evaluación cuantitativa se hace por medio de un promedio compensado, calculado a partir del porcentaje de perdida para cada fracción granulométrica teniendo como base la graduación de la mezcla antes del ensayo.

2.5.8. Resistencia al desgaste (NTP 400.019)

Es un indicador general de la calidad del agregado, siendo esta una característica esencial cuando el agregado va ser usado en un concreto sujeto a desgaste. El método más usado en la determinación de la resistencia, es el llamado “Prueba de los ángeles”, que nos permite determinar el porcentaje de pérdida del material desprendido respecto a una muestra sujeta a la acción rotativa en un tambor.

Procedimiento:

- Se coloca la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los ángeles y se rota a una velocidad de 30 rpm durante 500 revoluciones.
- Después del número de revoluciones prescritas se descarga el material y se hace separación preliminar de la muestra en un tamiz de abertura mayor que el tamiz de abertura 1.70mm (N°12)
- Se tamiza la porción más fina en el tamiz de abertura 1.70mm (N°12).
- Se lava el material más grueso que el tamiz de abertura 1.70mm (N°12) y se seca a temperatura de 105°C a 110°C hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de un gramo.
- La gradación de muestra de ensayo, la carga abrasiva debe ser como sigue:

Tabla II-2: Carga Abrasiva para el ensayo de abrasión del agregado grueso

Gradación	N° de esferas	Peso de la carga (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4581 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019

Tabla II-3: Muestra de ensayo de abrasión del agregado grueso

Tamices		Peso de los tamaños indic. (gr)			
% pasa	% retenido	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	1250 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	1250 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP. 400.019

2.5.9. Determinación de impurezas orgánicas (NTP 400.013)

Este método es para determinar la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en las arenas que vayan emplearse en concretos y morteros. Este método es un ensayo con valores aproximados, pues se determina al "ojo".

El ensayo está basado en la NTP 400.013, que consiste en someter a la arena a la acción de hidróxido de sodio preparada en agua al 3% durante 24 horas.

Procedimiento:

Para este ensayo en primer lugar echamos aproximadamente 250 gr., de cada muestra en botellas transparentes, luego echamos la solución preparada anteriormente (agua más hidróxido de sodio) hasta cubrir una altura igual a la de la arena, se agita la botella una vez tapada durante aproximadamente 20 segundos y se deja durante 24 horas.

2.5.10. Prueba equivalente de arena

Este ensayo es un método rápido para determinar un índice representativo de la proporción de los finos que contiene un suelo granular o árido fino

Procedimientos:

- El ensayo consiste en agitar cierta cantidad de arena (aproximadamente 110 g), en una probeta con aproximadamente 4" de solución defloculante compuesta de 495 g de cloruro de cálcico anhídrido.
- Se dejó reposar durante 10 minutos, luego se tapa la probeta y en posición horizontal se agita 90 ciclos durante 30 segundos, se mide la altura del sedimento. El valor del equivalente, se agrega la solución y se deja reposar durante 20 minutos.
- Al final de los 20 minutos se lleva el nivel de la suspensión de arcilla, se baja suavemente la varilla lastrada hasta que descanse con la arena y se toma lectura.

El equivalente arena se deduce de la siguiente formula:

$$EA = \frac{\text{Lectura superficial de arena}}{\text{Lectura superficial de arcilla}} \times 100 \quad (II-3)$$

2.6. Características químicas de los agregados

Es necesario controlar la cantidad de sales y cloruros que contienen los agregados como componente del concreto, el exceso de estos compuestos originan en el concreto problemas de durabilidad, resistencia y corrosión.

El contenido de cloruros y sulfatos en el agregado fino no debe exceder los límites que determina el ACI.

Tabla II-4: Límites de contenido de cloruros y sulfatos del agregado

Cantidad máxima **	Ion Cl- ppm	Ion SO4- ppm
Concreto pretensado	600	200
Concreto armado expuesto	1000	600
Concreto armado no expuesto	1500	-
Concreto simple	3000	-

** Cantidad de sales y sulfatos como componente integral en el concreto (agregado fino + agregado grueso + agua)

Fuente: NTP. 400.020

2.7. Procedimiento de muestreo y toma de datos del concreto en campo (NTP 339.036 ASTM C-172)

El método empleado es directo en campo donde se identificó al azar las viviendas en proceso de vaciado de columnas dentro de la ciudad de Ayacucho, obteniendo de ellas dos muestras de testigo de 15cm x 30cm, de las cuales una se curó bajo agua por siete días y la otra muestra se curó tal cual se cura las columnas en las viviendas mismas y al cabo de 28 días se sometieron a esfuerzo de compresión para determinar sus resistencias.

La recolección y toma de las muestra se realizara bajo los procedimientos de la norma NTP 339.036 ASTM C-172.

Procedimiento:

- a. Seleccionamos un espacio apropiado dentro de la misma obra, para elaborar las probetas. Este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:

- Se adecuo una superficie horizontal, plana y rígida.
 - Libre de vibraciones que pudieran existir.
 - Las muestras se fabricaron bajo techo a fin de moldear las probetas bajo sombra y no altere la hidratación.
- b.** Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, se verifico lo siguiente:
- Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos) deben estar en perfectas condiciones.
 - Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
 - La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento
 - La superficie interior de los moldes debe estar limpia y secas.
 - Para desmoldar con facilidad, se aplicó una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.
- c.** Se tomó la muestra de concreto a palas destinado para este fin.
- d.** El moldeado de la probeta se realizó en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura según el siguiente detalle:

Capa uno:

- Se colocó la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja
- Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones (chuseadas) con la varilla lisa con punta redondeada de un metro de longitud, distribuidas de manera uniforme en la mezcla.

- Una vez culminada la compactación de esta capa, se golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma, para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.

Capa dos:

- Se colocó la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón.
- Se compactó con 25 "chuseadas" con la varilla lisa y punta redondeada. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.
- Luego se golpeó suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire.

Capa tres:

- En esta última capa, se agregó suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.
- Se compactó esta tercera capa también mediante 25 "chuseadas" con la varilla lisa y punta redondeada, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocada.
- Culminada la compactación, se golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire de la mezcla.
- Se nivela el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación.
- Luego de un tiempo de 5min se da un buen acabado con la plancha para obtener una superficie lisa y plana.

- e. Luego se pega una etiqueta de papel en la parte externa del molde para identificar las probetas con la siguiente información y se registró en el cuaderno de apuntes para un mayor control:
- Probeta N°
 - Fecha de elaboración
 - Ubicación de concreto vaciado
 - Obra: Construcción de vivienda unifamiliar
- f. Se retiró el molde con mucho cuidado al siguiente día de elaborado para su respectivo curado.
- g. Posteriormente, toda la información escrita en la etiqueta de papel tendrá que escribirse sobre la probeta utilizando un plumón indeleble y cuidando de no malograr su superficie.

De cada vivienda muestreada se obtuvo dos testigos de muestras. De la cual uno se dejó en el mismo lugar para su curado tal cual se efectúa en las columnas de las viviendas y la otra muestra se curó bajo siete días en agua según los procedimientos de la norma NTP339.036 ASTM C-172.

A los 28 días, las dos muestras obtenidas de cada vivienda, se sometió a prueba de compresión en laboratorio de concreto, para determinar la resistencia del concreto según la norma NTP 339.034 ASTM C-39.

2.8. Método y ensayo del concreto a compresión de muestras cilíndricas endurecidas (NTP 339.034. (1999))

a. Procedimiento

- Se midió la longitud y diámetro de la probeta cilíndrica con una aproximación de 0.1mm con un calibrador micrométrico, para determinar la relación longitud/diámetro.
- Se midió el peso seco de cada una de las muestras.
- Se colocó la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrar sobre el mismo.
- Se aplicó la carga en forma continua y constante evitando choques la velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s.
- Se anotó la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto.



Figura II-5: Realizando la prueba de ensayo del concreto a compresión en el laboratorio

b. Expresión de resultados

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (\text{II-4})$$

R_c = Resistencia de rotura a la compresión.

P = Carga máxima de rotura en kilogramos.

A = Área de la superficie de contacto.

Tabla II-5: Factor de corrección de probetas a compresión

L/D	1.75	1.5	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Fuente: Torre (2004). Tecnología del Concreto

2.9. Método y análisis de datos del concreto en gabinete

2.9.1. Control estadístico del concreto

Un concepto muy importante que hay que tener en cuenta actualmente es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticas.

Al ser el concreto un material heterogéneo, está sujeto a la variabilidad de sus componentes así como a las dispersiones adicionales debido a las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra.

La resistencia del concreto bajo condiciones controladas sigue con gran aproximación la Distribución Probabilística Normal.

Distribución normal (campana de Gauss).

Hoy en día está demostrado que el comportamiento de la resistencia del concreto a compresión se ajusta a la Distribución Normal (Campana de Gauss), cuya expresión matemática es:

$$Y = \frac{1}{D_s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{X - X_{prom}}{D_s} \right)^2} \quad (II-5)$$

Donde:

D_s = Desviación estándar.

X_{prom} = Resistencia promedio.

X = Resistencia de ensayo.

e = 2.71828

π = 3.14159

Al graficar la ecuación anterior obtenemos una gráfica especial el cual tiene algunas características:

- Es simétrica con respecto a μ .
- Es asintótica respecto al eje de las abscisas.
- La forma y tamaño va a depender de D_s .

El siguiente gráfico muestra la curva normal para diferentes valores de D_s , teniendo un mismo μ entonces podemos concluir que a medida que aumenta el D_s el grado de dispersión que existe en las resistencias de las probetas es mayor el cual tiende a alejarse del promedio.

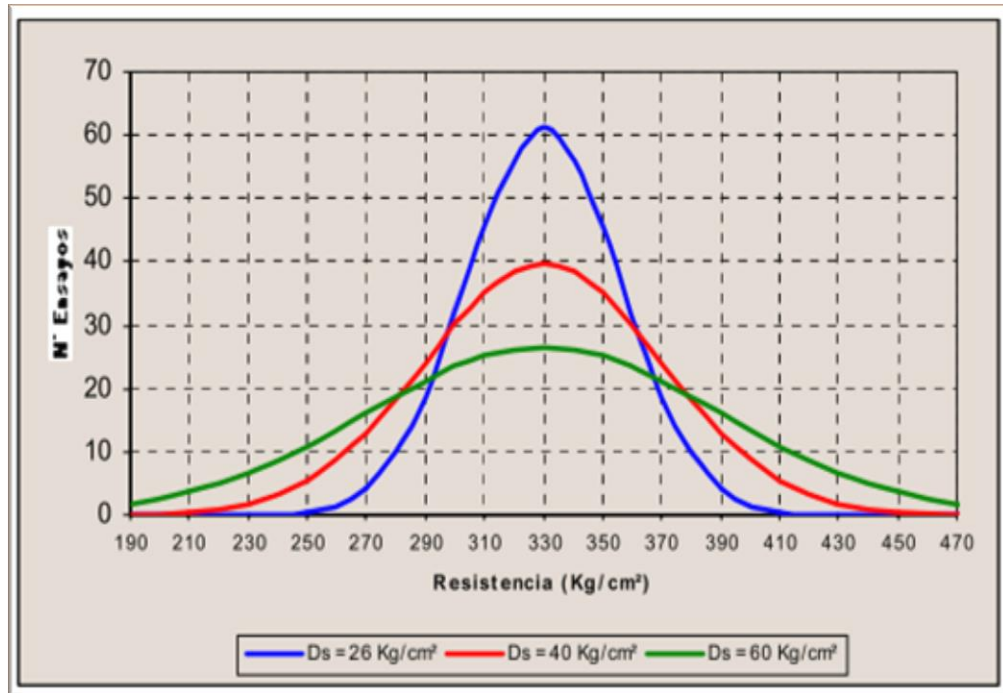


Figura II-6: Distribución Normal (Campana de Gauss)

Fuente: Torre (2004). Tecnología del Concreto

La Desviación estándar está definida como:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n-1}} \quad (II-11)$$

Donde:

Ds = Desviación estándar.

X_{prom} = Resistencia promedio.

X = Resistencia individual.

n = Número de ensayos.

Este parámetro nos indica el grado de dispersión existente entre la resistencia a compresión para un determinado $f'c$

Coefficiente de variación, tiene como expresión:

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100 \quad (II-6)$$

Donde:

D_s = Desviación estándar.

X_{prom} = Resistencia promedio.

Este parámetro no permite predecir la variabilidad existente entre los ensayos de resistencia

La distribución normal permite estimar matemáticamente la probabilidad de la ocurrencia de un determinado fenómeno en función de los parámetros indicados anteriormente y en el caso del concreto se aplica a los resultados de resistencias.

Distribución Normal y la probabilidad de ocurrencia, La probabilidad de ocurrencia de que los ensayos estén comprendidos dentro de un intervalo $\mu \pm t D_s$ según el ACI 318 son:

$\mu \pm 1 D_s$ de 68.2%

$\mu \pm 2 D_s$ de 95.2%

$\mu \pm 3 D_s$ de 100%

El siguiente gráfico muestra dichas probabilidades de ocurrencia.

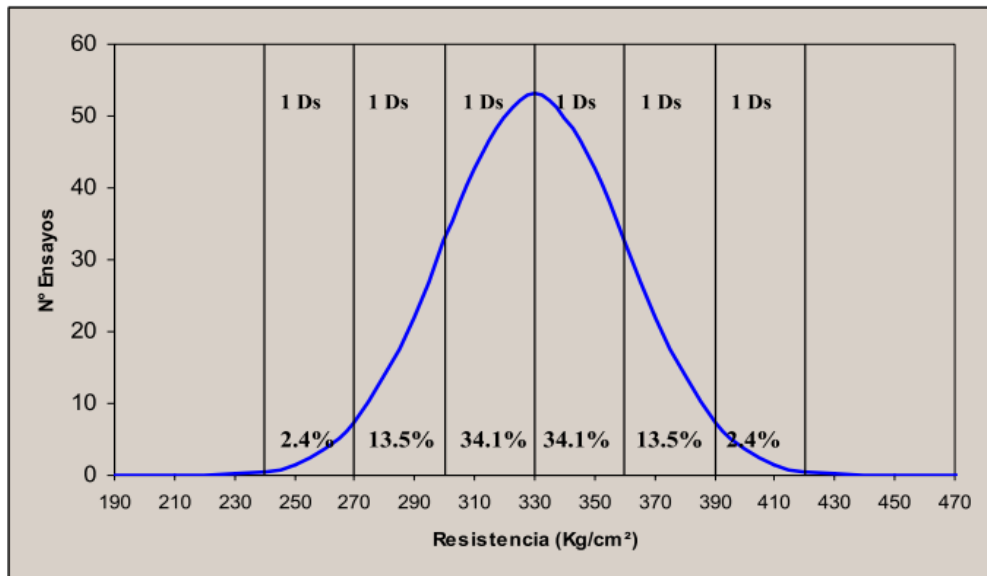


Figura II-7: Probabilidad de ocurrencia

Fuente: Torre (2004) Tecnología del Concreto

a. Factores de seguridad

Las fórmulas y criterios de diseño estructural involucran una serie de factores de seguridad que tienden a compensar las variaciones entre los resultados. El % de pruebas que pueden admitirse por debajo del $f'c$ especificado va a depender de:

El expediente técnico; el reglamento de diseño y el diseñador, cualquiera que sea el criterio, se traduce como la resistencia del concreto requerida en obra $f'cr$, el cual debe tener un valor por encima del $f'c$.

$$f'cr = f'c + tDs \quad (II-7)$$

$$f'cr = \frac{f'c}{1 - tV} \quad (II-8)$$

Donde:

f'_{cr} = Resistencia promedio requerida en obra.

$f'c$ = Resistencia especificada.

D_s = Desviación estándar.

V = Coeficiente de variación.

t = Factor que depende:

Del % de resultados $< f'c$ que se admitan ó de la probabilidad de ocurrencia, en el caso que se especifique el promedio de un cierto número de probetas las fórmulas anteriores se reemplazarán por:

$$f'_{cr} = f'c + \frac{t}{\sqrt{n}} D_s \quad (\text{II-9})$$

$$f'_{cr} = \frac{f'c}{1 - \frac{t}{\sqrt{n}} V} \quad (\text{II-10})$$

Tabla II-6: Valores de t

% de probeta dentro de los límites $\pm tD_s$	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Fuente: Torre (2004) Tecnología del concreto

Tabla II-7: Valores de dispersión en el control del concreto

DISPERSION TOTAL					
Clases de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	14.1 a 17.6	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	28.1 a 35.3	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
Clases de operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Fuente: Torre (2004) Tecnología del concreto

Las tablas anteriores se pueden utilizar como referencia para estimar t , D_s y V cuando no se tengan datos en obra asumiendo un grado de control apropiado. Si no se puede asumir el grado de control, lo recomendable es considerar los valores más pesimistas de estos valores.

b. Criterios del reglamento del ACI 318

Ensayo de resistencia en compresión: Promedio de ensayo de 2 probetas obtenidas de una misma muestra de concreto y que han sido curadas bajo condiciones controladas a 28 días. El nivel de resistencia de una determinada clase de concreto se considerará satisfactoria si se cumplen los siguientes requisitos:

1. El promedio de todos los grupos de 3 ensayos de resistencia en compresión consecutivos sea $\geq f'_c$

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34D_s \quad (\text{II-11})$$

2. Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que $f'c$ en más de 35 Kg/cm²

$$f'cr = f'c - 35 + 2.33Ds \quad (\text{II-12})$$

Las fórmulas anteriores sólo son válidas si:

- a. Se disponen de resultados de al menos 30 ensayos consecutivos de un tipo de concreto
- b. Las resistencias obtenidas al ensayar los cilindros no varíen en más de 70 Kg/cm² con el $f'c$ especificado

Si tenemos menos de 30 ensayos

Cuando no se disponga de al menos 30 ensayos el ACI recomienda que al valor Ds que se calcule se deberá amplificar por un factor de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla II-8: Desviación estándar según ACI, para muestra menores a 30

N° de ensayos	Factor de incremento
menos de 15	Ver tabla cuando no se conoce Ds
15.0	1.16
20.0	1.08
25.0	1.03
30 ó mas	1.00

Fuente: Torre (2004) Tecnología del Concreto

Entonces para calcular $f'cr$ tendremos:

$$f'cr = f'c + 1.34(\alpha Ds) \quad (\text{II-17})$$

$$f'cr = f'c - 35 + 2.33(\alpha Ds) \quad (\text{II-13})$$

Y si no tengo datos estadísticos

Cuando se tenga menos 15 ensayos o no se cuente con registros estadísticos, el ACI recomienda que para calcular el f'_{cr} se utilice la siguiente tabla:

Tabla II-9: Tabla de f'_{cr} , cuando no hay datos

$f'c$ especificado	f'_{cr} (kg/cm²)
< 210	$f'c + 70$
210 - 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente: Torre (2004) Tecnología del Concreto

2.10. MATERIALES

2.10.1 Materiales de escritorio

- Computadora
- Impresora
- Papel bond
- Libreta de campo
- Material bibliográfico
- Documentos

2.10.2 Equipos y herramientas

- Cámara fotográfica
- Wincha, flexómetro
- Hojas de cálculo.
- Briguetas de acero 30x15 cm
- Lampa de albañil
- Martillo de goma

- Barra de acero liso
- Cono de Abrams
- Materiales de laboratorio mecánica de suelos

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSIONES

3. Resultados

3.1. Resultado del análisis físico de los agregados

3.1.1. Análisis granulométrico del agregado

a. Agregado fino de la cantera “ El Pedregal” (Compañía)

Tabla III-1: Análisis granulométrico del agregado fino

Tamices ASTM	Peso (g) Retenido	% Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que pasa	Espeçif.
					Limite. Total
N° 4	68.23	4.26	4.26	95.74	89 - 100
N° 8	428.10	26.75	31.02	68.98	65 - 100
N° 16	301.18	18.82	49.84	50.16	45 - 100
N° 30	240.45	15.03	64.86	35.14	25 - 100
N° 50	231.47	14.46	79.33	20.67	5 - 70
N° 100	190.26	11.89	91.22	8.78	0 - 12
N° 200	91.37	5.71	96.93	3.07	0 - 12
< 200	49.20	3.07	100.00	0.00	
TOTAL	1,600.26	100.00			

La tabla III.1 muestra el análisis granulométrico del agregado fino en la cual si cumple con el límite total establecido por la Norma Técnica Peruana 400.037 y 400.012. Pag 38.

b. Agregado grueso de la cantera

Tabla III-2: Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamices ASTM	Peso (g) Retenido	% Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que pasa	Especific.
					Límite. Total
1"	5.23	0.49	0.49	99.51	90 - 100
3/4"	3.16	0.30	0.79	99.21	90 - 100
1/2"	1.26	0.12	0.90	99.10	90 - 100
3/8"	634.64	59.41	60.31	39.69	40 -70
N° 4	415.00	38.85	99.16	0.84	0 - 5
N° 8	0.09	0.01	99.17	0.83	0 - 5
Lavado	8.9	0.83	100.00	0.00	
TOTAL	1,068.3	100.00			

En la tabla III-2 muestra el análisis granulométrico del agregado grueso en la cual no cumple con el límite total establecido por la Norma Técnica Peruana. El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo SUCS, lo clasifica como GP Grava mal graduada.

3.1.2. Módulo de fineza

a. Módulo de fineza del agregado fino

$$MF = \frac{4.26 + 31.02 + 49.84 + 64.86 + 79.33 + 91.22}{100}$$

$$100$$

$$MF = 3.2$$

Conforme a la norma ASTM C 125 establece que el Modulo de Fineza no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, donde un valor menor que 2,0 indica una

arena fina 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa, por tanto obtuvimos arena gruesa .

b. Módulo de fineza del agregado grueso

$$MF = \frac{0.00+0.49+0.79+0.90+60.31+99.16+99.17}{100}$$

$$MF = 2.6$$

Al realizar el cálculo del módulo de finura se obtuvo un resultado de 2.6. Esto nos indica que contamos con agregado que se encuentra entre los intervalos especificados que son 2.3 y 3.1; concluyendo de esta manera que es un agregado adecuado para diseñar una buena mezcla para concreto.

3.1.3. Peso unitario del agregado

a. Agregado fino

Tabla III-3: Peso unitario suelto del agregado fino

		M - 1	M - 2	M - 3
A	Peso molde (g)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (g)	10,416.00	10,443.80	10,405.50
C	Peso agregado suelto (g) = B - A	8,562.00	8,589.80	8,551.50
D	Volumen del molde (cm ³)	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m ³) C/D	1.522	1.527	1.520
Promedio PUSS.		1.523		Kg/m³

Tabla III- 4: Peso unitario compactado del agregado fino

		M - 1	M - 2	M - 3
A	Peso molde (g)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (g)	11,009.70	11,040.40	11,073.60
C	Peso agregado suelto (g) = B - A	9,155.70	9,186.40	9,219.60
D	Volumen del molde (cm ³)	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m ³) C/D	1.627	1.633	1.639
Promedio PUCS.		1.632		Kg/m³

b. Agregado grueso

Tabla III- 5: Peso unitario suelto del agregado grueso

		M - 1	M - 2	M - 3
A	Peso molde (g)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (g)	9,535.10	9,491.20	9,481.00
C	Peso agregado suelto (g) = B - A	7,681.10	7,637.20	7,627.00
D	Volumen del molde (cm ³)	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m ³) C/D	1.365	1.357	1.356
Promedio PUSS.		1.365	Kg/m³	

Tabla III- 6: Peso unitario compactado del agregado grueso

		M - 1	M - 2	M - 3
A	Peso molde (g)	1,854.00	1,854.00	1,854.00
B	Peso agregado + molde (g)	10,007.70	10,055.30	9,481.00
C	Peso agregado suelto (g) = B - A	8,153.70	8,201.30	7,627.00
D	Volumen del molde (cm ³)	5,626.00	5,626.00	5,626.00
E	Peso unitario suelto seco (kg/m ³) C/D	1.449	1.458	1.356
Promedio PUCS.		1.461	Kg/m³	

Los resultados que obtuvimos son:

Agregado fino: P.U.S.S= 1522 Kg/m³

P.U.C.S=1632 Kg/m³

Agregado grueso: P.U.S.S= 1,365 Kg/m³

P.U.C.S=1,461 Kg/m³

Los pesos compactados son mayores a los pesos sueltos, la cual nos permitirá desarrollar un mejor diseño de mezcla.

3.1.4. Peso específico y absorción

Tabla III- 7: Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra chancada)

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (g)	1,128.00	1,128.00	
B	Peso en el aire de la muestra SSS (g)	1,147.30	1,147.30	
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (g)	720.20	720.20	
	Peso específico aparente = $A/(B-C)$	2.58	2.58	2.58
	Peso específico aparente SSS = $B/(B-C)$	2.62	2.62	2.62
	Peso específico nominal = $A/(A-C)$	2.70	2.70	2.70
	% de absorción = $((B-A)/A) \times 100$	1.71	1.71	1.71

Tabla III- 8: Peso específico y absorción del agregado fino

IDENTIFICACIÓN		I	II	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca (g)	490.92	490.92	
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (g)	662.20	662.20	
C	Peso del picnómetro con la muestra y agua (g)	968.70	968.70	
D	Peso de la muestra en SSS (g)	500.00	500.00	
	Peso específico aparente = $A/(B-C+D)$	2.54	2.54	2.54
	Peso específico aparente SSS = $D/(B-C+D)$	2.58	2.58	2.58
	Peso específico nominal = $A/(A-C+B)$	2.66	2.66	2.66
	% de absorción = $((D-A)/A) \times 100$	1.85	1.85	1.85

En las tablas III-7 y III-8 se obtuvo el peso específico del agregado fino menor que del agregado grueso debido a la relación entre masas de los dos agregados, la cual indica que los resultados se encuentran dentro del rango establecida por las NTP (2.48g/cm³- 2.8g/cm³) es buena para realizar el diseño de mezclas.

3.1.5. Porcentaje de humedad y vacíos

a. Porcentaje de Humedad

Tabla III- 9: % humedad del agregado fino

Peso húmedo de la muestra (g)	76.28	75.38	5.83 %
Peso seco de la muestra (g)	72.08	71.23	
Peso de agua en la muestra (g)	4.20	4.15	

Tabla III- 10: % humedad del agregado grueso

Peso húmedo de la muestra (g)	67.86	75.21	1.45 %
Peso seco de la muestra (g)	72.08	74.13	
Peso de agua en la muestra (g)	0.97	1.08	

En las tablas III-9 y III-10 muestra la humedad del agregado fino y grueso las cuales se encuentran dentro del rango establecido por la NTP: 0.5% al 2% para el agregado grueso y del 2% al 6% para el agregado fino:

% humedad del agregado fino = **5.83%**

% humedad del agregado grueso = **1.45%**

b. Porcentaje de vacíos

Tabla III- 11: % vacíos del agregado

Identificación	A. grueso	A. fino
Peso unitario suelto seco (g/cm ³)	1,365	1,522
Peso unitario compactado seco (g/cm ³)	1,461	1,632
Gravedad específica de masa (g)	2.58	2.54
Porcentaje de vacíos (%) suelto	47.1	40.0
Porcentaje de vacíos (%) varillado	43.4	35.7

La tabla III-11 muestra mayor porcentaje de vacíos en agregado suelto, mientras en el compactado o varillado se obtuvo menor porcentaje de vacíos.

3.1.6. Resistencia a la congelación e intemperismo

Tabla III- 12: Durabilidad del agregado fino a sulfato de magnesio.

Retenido Tamiz	P. Inicial (g)	P. Final (g)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
N° 4 4.76mm	100.00	98.26	0.00	1.74
N° 8 2.38mm	100.00	95.10	0.00	4.90
N° 16 1.19mm	100.00	88.23	0.00	11.77
N° 30 0.59mm	100.00	90.16	0.00	9.84
N° 50 0.297mm	100.00	93.64	0.00	6.36
TOTAL	500.00	465.39	0.00	6.92

Tabla III- 13: Durabilidad del agregado grueso a sulfato de magnesio.

Retenido Tamiz	P. Inicial (g)	P. Final (g)	Desgaste Inicial (%)	Desgaste Final (%)
1" 25mm	1,000.00	910.00	0.00	9.00
3/4" 19mm	500.00	449.10	0.00	10.18
1/2" 12.5mm	660.00	605.24	0.00	8.30
3/8" 9.5mm	320.00	288.26	0.00	9.92
1/4" 6.3mm	300.00	276.26	0.00	7.91
TOTAL	2,780.00	1,685.20	0.00	9.06

Las tablas III-12 y III-13 muestra el análisis de durabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio, como máximo porcentaje de pérdidas permitidas para el agregado fino es de 15%; mientras para el agregado grueso es de 18%; entonces de acuerdo a los resultados obtenidos, el agregado grueso = **9.06%** si cumple; el agregado fino = **6.92%** si cumple con la NTP 400.037.

3.1.7. Resistencia al desgaste

Tabla III- 14: Resistencia al desgaste del agregado grueso (piedra chancada)

Granulometría de la muestra del agregado para ensayo						
Pasa Tamiz		Retenido Tamiz		A (12 esf) Peso (g)	A (11 esf) Peso (g)	A (8 esf) Peso (g)
1 1/2"	37.5mm	1"	25mm	1,253.21		
1"	25mm	3/4"	19mm	1,251.26		
3/4"	19mm	1/2"	12.5mm	1,252.44		
1/2"	12.5mm	3/8"	9.5mm	1,253.26		
3/8"	9.5mm	1/4"	6.3mm			
1/4"	6.3mm	N°4	4.75mm			
N°4	4.75mm	N°8	2.36mm			
TOTAL (g)				5,010.17		
Muestra después del ensayo						
Peso de la muestra después del ensayo				4,196.00		
% de desgaste				16.3		

En la tabla III-14 muestra el desgaste del agregado grueso con porcentajes de pérdida menores al 50% que son aceptables por la NTP 400.037. Obteniendo como resultado **16.3%** de desgaste.

3.2. Resultados de dosificación de agregados y ensayo del concreto a la compresión.

Tabla III- 15: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestras (15cm x 30cm) de la vivienda N° 01

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16 palas	=	0.91 m3
	Arena	14 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	28 lts
Cantera		El pedregal		
Revenimiento	(aprox.)	3 -6 pulg		
Traslado		baldes		
Compactación		No utilizo		
Nivel de vivienda		Primer piso (10 columnas)		

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.120	15.120	=	1.95	2.02	
Longitud (cm)	29.462	30.499	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	12/10/16	09/11/16	28	15.120	179.55	10.83	246.33
M-2	210	Concreto de columna	12/10/16	09/11/16	28	15.120	179.12	11.258	211.16

Tabla III- 16: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 02

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	15.00 palas	=	0.77 m3
	Agua		=	22.00 lts
Cantera		No sabe		
Revenimiento	(aprox.)	3 - 5 pulg		
Traslado		baldes		
Compactación		No utilizo		
Nivel de vivienda		Primer piso (16 columnas)		

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.933	14.924	=	2.03	2.01	
Longitud (cm)	30.285	30.016	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	15/10/16	12/11/16	28	14.933	175.14	10.842	252.65
M-2	210	Concreto de columna	15/10/16	12/11/16	28	14.924	174.92	10.708	202.86

Tabla III- 17: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 03

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	16.00 palas	=	0.82 m3
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 5 - 8 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	Barra de acero			
Nivel de vivienda	Primer piso (8 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.074	15.076	=	1.98	1.95	
Longitud (cm)	29.805	29.282	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	15/10/16	12/11/16	28	15.074	178.46	10.694	188.70
M-2	210	Concreto de columna	15/10/16	12/11/16	28	15.076	178.51	10.55	163.19

Tabla III- 18: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 04

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	20.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento (aprox.)	3 - 5 pulg			
Traslado	baldes			
Compactación	No utiliza			
Nivel de vivienda	Primer piso (6 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.787	15.339	=	1.99	2.00	
Longitud (cm)	29.933	29.426	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	15/10/16	12/11/16	28	14.787	171.73	10.736	182.77
M-2	210	Concreto de columna	15/10/16	12/11/16	28	15.339	184.79	11.256	160.78

Tabla III- 19: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 05

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 3 - 6 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utiliza			
Nivel de vivienda	Primer piso (8 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.976	14.982	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	30.032	30.113	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	16/10/16	13/11/16	28	14.976	176.15	10.944	110.36
M-2	210	Concreto de columna	16/10/16	13/11/16	28	14.982	176.29	10.832	97.18

Tabla III- 20: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 06

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	26.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 4-7 pulg			
Traslado	Baldes			
	Barrilla de			
Compactación	fierro			
Nivel de vivienda	Segundo piso (12 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.160	15.219	=	1.99	1.98	
Longitud (cm)	30.174	30.169	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	16/10/16	13/11/16	28	15.160	181.91	10.732	107.76
M-2	210	Concreto de columna	16/10/16	13/11/16	28	15.219	180.5	10.972	93.68

Tabla III- 21: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 07

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	17.00 palas	=	0.97 m3
	Arena	13.00 palas	=	0.67 m3
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 3 – 6 pulg			
Traslado	A baldes			
	Barrilla de			
Compactación	fierro			
Nivel de vivienda	Segundo piso (10 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.900	15.043	=	2.06	2.04	
Longitud (cm)	30.745	30.717	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	16/10/16	13/11/16	28	14.900	174.36	10.864	215.12
M-2	210	Concreto de columna	16/10/16	13/11/16	28	15.043	177.72	10.858	196.01

Tabla III- 22: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 08

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m3
	Arena	16.00 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	20.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 4 - 6 pulg			
Traslado	Baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Primer piso (8 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.040	15.130	=	2.00	1.99	
Longitud (cm)	30.11	30.245	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	17/10/16	14/11/16	28	15.040	177.65	10.826	148.01
M-2	210	Concreto de columna	17/10/16	14/11/16	28	15.130	179.79	10.216	110.00

Tabla III- 23: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 09

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	15.00 palas	=	0.77 m3
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento (aprox.)	5 - 8 pulg			
Traslado	Baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Primer piso (12 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.665	15.104	=	2.09	2.03	
Longitud (cm)	30.71	30.71	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	17/10/16	14/11/16	28	14.665	168.91	10.998	185.04
M-2	210	Concreto de columna	17/10/16	14/11/16	28	15.104	179.17	10.082	166.90

Tabla III- 24: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 10

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m3
	Arena	16.00 palas	=	0.82 m3
	Agua		=	27.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento (aprox.)	4 - 6 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Primer piso (14 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.003	15.113	=	2.02	1.99	
Longitud (cm)	30.375	30.057	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	17/10/16	14/11/16	28	15.003	176.78	10.276	205.04
M-2	210	Concreto de columna	17/10/16	14/11/16	28	15.113	179.38	10.85	190.00

Tabla III- 25: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 11

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 3 – 6 pulg			
Traslado	A balde			
Compactación	Si utilizo			
Nivel de vivienda	Primer piso (8 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.891	15.089	=	2.00	1.99	
Longitud (cm)	29.828	29.942	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	19/10/16	16/11/16	28	14.891	174.15	10.744	290.05
M-2	210	Concreto de columna	19/02/16	16/11/16	28	15.089	178.81	10.942	268.51

Tabla III- 26: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 12

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	15.00 palas	=	0.85 m3
	Arena	15.00 palas	=	0.77 m3
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 3 - 5 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	Si utilizo			
Nivel de vivienda	Tercer piso (10 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.331	15.164	=	1.97	1.98	
Longitud (cm)	30.092	29.916	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	20/10/16	17/11/16	28	15.331	184.6	10.472	195.04
M-2	210	Concreto de columna	20/10/16	17/11/16	28	15.164	180.6	10.524	160.00

Tabla III- 27: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 13

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bolsas	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	14.00 palas	=	0.79 m3
	Arena	16.00 palas	=	0.82 m3
	Agua		=	18.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento (aprox.)	4 - 7 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Segundo piso (10 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.404	15.198	=	1.98	1.99	
Longitud (cm)	30.386	30.308	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	20/10/16	17/11/16	28	15.404	186.36	10.574	186.54
M-2	210	Concreto de columna	20/10/16	17/11/16	28	15.198	181.41	10.688	135.02

Tabla III- 28: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 14

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00	bolsas	=	0.03	m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00	palas	=	0.91	m3
	Arena	16.00	palas	=	0.82	m3
	Agua			=	25.00	lts
Cantera		No sabe				
Revenimiento	(aprox.)	3 - 6 pulg				
Traslado		A baldes				
Compactación		No utilizo				
Nivel de vivienda		Tercer piso (11 columnas)				

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.935	15.059	=	2.00	2.00	
Longitud (cm)	29.966	30.139	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	20/10/16	17/11/16	28	14.935	175.18	10.508	194.90
M-2	210	Concreto de columna	20/10/16	17/11/16	28	15.059	178.1	10.424	175.04

Tabla III- 29: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 15

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	14.00 palas	=	0.72 m3
	Agua		=	25.00 lts
Cantera		No sabe		
Revenimiento	(aprox.)	6 - 9 pulg		
Traslado		A baldes		
Compactación		No utilizo		
Nivel de vivienda		Segundo piso (10 columnas)		

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.117	15.044	=	1.96	1.96	
Longitud (cm)	29.528	29.476	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	21/10/16	18/11/16	28	15.117	179.48	11.148	215.89
M-2	210	Concreto de columna	21/10/16	18/11/16	28	15.044	177.75	10.934	184.88

Tabla III- 30: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 16

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	16.00 palas	=	0.91 m3
	Arena	16.00 palas	=	0.82 m3
	Agua		=	27.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 4 - 8 pulg			
Traslado	Baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Segundo piso (9 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.169	15.115	=	1.99	1.94	
Longitud (cm)	30.254	29.253	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	21/10/16	18/11/16	28	15.169	180.71	11.068	167.95
M-2	210	Concreto de columna	21/10/16	18/11/16	28	29.253	179.43	10.816	138.89

Tabla III- 31: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 17

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	13.00 palas	=	0.74 m3
	Arena	18.00 palas	=	0.93 m3
	Agua		=	24.00 lts
Cantera		No sabe		
Revenimiento	(aprox.)	6 - 9 pulg		
Traslado		A baldes		
Compactación		No utilizo		
Nivel de vivienda		Primer piso (9 columnas)		

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.262	14.903	=	1.95	2.03	
Longitud (cm)	29.648	30.377	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	21/10/16	18/11/16	28	15.262	182.94	10.638	137.
M-2	210	Concreto de columna	21/10/16	18/11/16	28	14.903	174.41	10.708	128.02

Tabla III- 32: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 18

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	17.00 palas	=	0.96 m3
	Arena	13.00 palas	=	0.67 m3
	Agua		=	25.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento (aprox.)	4 - 7 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Tercero piso (10 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	15.110	14.836	=	1.99	2.02	
Longitud (cm)	30.146	30.005	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	22/10/16	19/11/16	28	15.00	179.31	11.56	206.12
M-2	210	Concreto de columna	22/10/16	19/11/16	28	15.00	172.87	11.422	192.74

Tabla III- 33: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 19

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03 m3
	Piedra chancada de 1/2"	18.00 palas	=	1.02 m3
	Arena	12.00 palas	=	0.62 m3
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	No sabe			
Revenimiento (aprox.)	3 - 7 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	Si utilizo			
Nivel de vivienda	Tercer piso (12 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.728	14.680	=	2.07	2.05	
Longitud (cm)	30.498	30.226	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	MASA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	22/10/16	19/11/16	28	14.728	170.36	11.13	223.39
M-2	210	Concreto de columna	22/10/16	19/11/16	28	14.680	169.25	10.964	195.00

Tabla III- 34: Dosificación, Slump, Transporte, compactación y resultados a compresión de muestra (15cm x 30cm) de la vivienda N° 20

Datos de campo

Materiales	Cemento Portland T- I	1.00 bols	=	0.03
	Piedra chancada de 1/2"	15.00 palas	=	0.85 m3
	Arena	15.00 palas	=	0.77 m3
	Agua		=	24.00 lts
Cantera	Compañía			
Revenimiento	(aprox.) 6 - 9 pulg			
Traslado	A baldes			
Compactación	No utilizo			
Nivel de vivienda	Segundo piso (12 columnas)			

Datos de laboratorio

	M - 1	M - 2	=	L/D M - 1	L/D M - 2	L/D > 1.8
Diámetro (cm)	14.995	15.122	=	2.05	1.99	
Longitud (cm)	30.76	30.097	=			

Nº	DISEÑO (f'c) (kg/cm2)	TESTIGO DESCRIP.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (DIAS)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm2)
M-1	210	Concreto de columna	22/10/16	19/11/16	28	15.00	176.71	20,390.00	115.38
M-2	210	Concreto de columna	22/10/16	19/11/16	28	14.90	174.37	14,334.00	82.21

3.2.1. Resultados de la dosificación del concreto

Tabla III- 35: Dosificación de agregados, agua Slump (aprox.), transporte y compactación

Viv	Num de colum	Piedra chancada 1/2" (m3)	Arena (m3)	Agua (m3)	Slump (pulg)	Transpor	Preparado	Compacto	Días curadas en campo
1	10	0.91	0.72	0.028	3 - 6	Baldes	A palas	No utilizo	7 días
2	16	0.91	0.77	0.022	3 - 5	Baldes	A palas	No utilizo	6 días
3	8	0.91	0.82	0.025	5 - 8	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
4	6	0.91	0.72	0.020	3 - 5	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
5	8	0.91	0.72	0.025	3 - 6	Baldes	A palas	No utilizo	3 días
6	12	0.91	0.72	0.026	4 - 7	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
7	10	0.97	0.67	0.025	3 - 6	Baldes	A palas	Si utilizo	6 días
8	8	0.79	0.72	0.020	4 - 6	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
9	12	0.91	0.77	0.025	5 - 8	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
10	14	0.79	0.82	0.027	4 - 6	Baldes	A palas	No utilizo	5 días
11	8	0.91	0.72	0.024	3 - 6	Baldes	A palas	Si utilizo	7 días
12	10	0.85	0.77	0.024	3 - 5	Baldes	A palas	Si utilizo	5 días
13	10	0.79	0.82	0.018	4 - 7	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
14	11	0.91	0.82	0.025	3 - 6	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
15	10	0.91	0.72	0.025	6 - 9	Baldes	A palas	No utilizo	7 días
16	9	0.91	0.82	0.027	4 - 8	Baldes	A palas	No utilizo	4 días
17	9	0.74	0.93	0.024	6 - 9	Baldes	A palas	No utilizo	5 días
18	10	0.96	0.67	0.025	4 - 7	Baldes	A palas	No utilizo	7 días
19	12	1.02	0.62	0.024	3 - 7	Baldes	A palas	Si utilizo	7 días
20	14	0.85	0.77	0.024	6 - 9	Baldes	A palas	No utilizo	4 días

- 5 palas hacen 1pie³ que es equivalente a (0.2832m³) de piedra chancada de ½".
- 5.5 palas hacen 1pie³ que es equivalente a (0.2832m³) de arena gruesa.
- 1 litro de agua es igual a 0.001 m³ de agua.

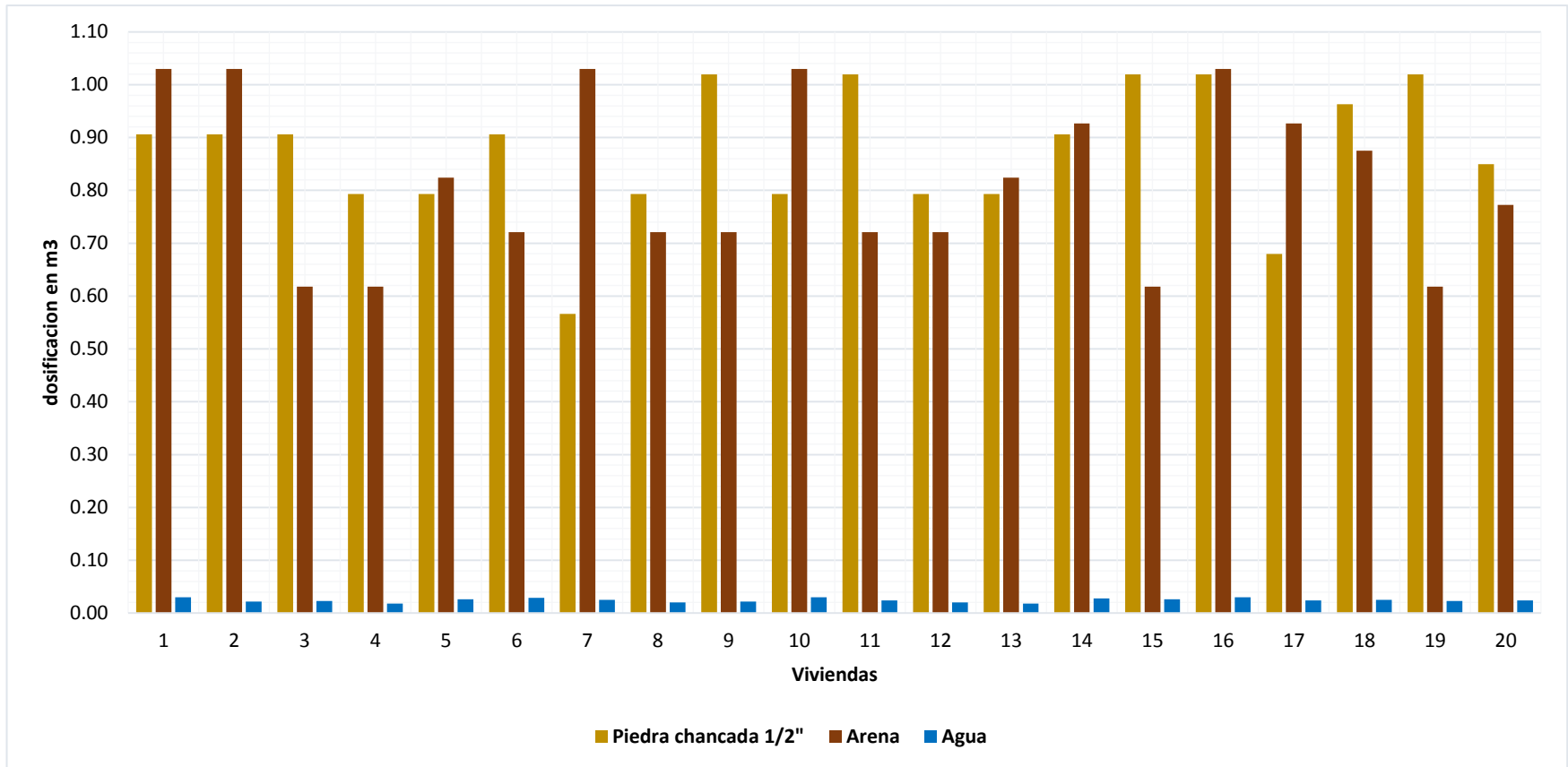


Figura III-1: Dosificación de agregados de 20 muestras de viviendas

3.2.2. Resultado de la prueba a compresión de las muestras

Tabla III- 36: Resumen de resultados de muestras a compresión

N° V	N° M	TESTIGO COLUMNAS.	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	MASA (kg)	f'c (kg/cm ²)	Δ Resist. (kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²) promedio
V-1	M-1	LABORATORIO	12/10/16	09/11/16	15.120	179.55	10.83	246.33	35.17	228.745
	M-2	CAMPO	12/10/16	09/11/16	15.102	179.12	11.258	211.16		
V-2	M-1	LABORATORIO	15/10/16	12/11/16	14.933	175.14	10.842	252.65	49.79	227.75
	M-2	CAMPO	15/10/16	12/11/16	14.924	174.92	10.708	202.86		
V-3	M-1	LABORATORIO	15/10/16	12/11/16	15.074	178.46	10.694	188.70	25.51	175.945
	M-2	CAMPO	15/10/16	12/11/16	15.076	178.51	10.55	163.19		
V-4	M-1	LABORATORIO	15/10/16	12/11/16	14.787	171.73	10.736	182.77	21.99	171.775
	M-2	CAMPO	15/10/16	12/11/16	15.339	184.79	11.256	160.78		
V-5	M-1	LABORATORIO	16/10/16	13/11/16	14.976	176.15	10.944	110.36	13.18	103.77
	M-2	CAMPO	16/10/16	13/11/16	14.982	176.29	10.832	97.18		
V-6	M-1	LABORATORIO	16/10/16	13/11/16	15.160	180.5	10.972	107.76	14.08	100.72
	M-2	CAMPO	16/10/16	13/11/16	15.219	181.91	10.732	93.68		
V-7	M-1	LABORATORIO	16/10/16	13/11/16	14.900	174.36	10.864	215.12	19.11	205.56
	M-2	CAMPO	16/10/16	13/11/16	15.043	177.72	10.858	196.01		
V-8	M-1	LABORATORIO	17/10/16	14/11/16	15.040	177.65	10.826	148.01	38.01	129.005
	M-2	CAMPO	17/10/16	14/11/16	15.130	179.79	10.216	110.00		
V-9	M-1	LABORATORIO	17/10/16	14/11/16	14.665	168.91	10.998	185.04	18.14	175.97
	M-2	CAMPO	17/10/16	14/11/16	15.104	179.17	10.082	166.90		
V-10	M-1	LABORATORIO	17/10/16	14/11/16	15.003	176.78	10.276	205.04	15.04	197.52
	M-2	CAMPO	17/10/16	14/11/16	15.113	179.38	10.85	190.00		
V-11	M-1	LABORATORIO	19/10/16	16/11/16	14.891	174.15	10.744	290.05	21.54	279.28
	M-2	CAMPO	19/10/16	16/11/16	15.089	178.81	10.942	268.51		
V-12	M-1	LABORATORIO	20/10/16	17/11/16	15.331	184.6	10.472	195.04	35.04	177.52
	M-2	CAMPO	20/10/16	17/11/16	15.164	180.6	10.524	160.00		
V-13	M-1	LABORATORIO	20/10/16	17/11/16	15.404	186.36	10.574	186.54	51.52	160.78
	M-2	CAMPO	20/10/16	17/11/16	15.198	181.41	10.688	135.02		
V-14	M-1	LABORATORIO	20/10/16	17/11/16	14.935	175.18	10.508	194.90	19.86	184.97
	M-2	CAMPO	20/10/16	17/11/16	15.059	178.1	10.424	175.04		
V-15	M-1	LABORATORIO	21/10/16	18/11/16	15.117	179.48	11.148	215.89	31.01	200.385
	M-2	CAMPO	21/10/16	18/11/16	15.044	177.75	10.934	184.88		
V-16	M-1	LABORATORIO	21/10/16	18/11/16	15.169	180.71	11.068	167.95	29.05	153.42
	M-2	CAMPO	21/10/16	18/11/16	15.115	179.43	10.816	138.89		
V-17	M-1	LABORATORIO	21/10/16	18/11/16	15.262	182.94	10.638	137.00	8.98	132.51

	M-2	CAMPO	21/10/16	18/11/16	14.902	174.41	10.708	128.02		
V-18	M-1	LABORATORIO	22/10/16	19/11/16	15.110	179.31	11.56	206.12	13.38	199.43
	M-2	CAMPO	22/10/16	19/11/16	14.836	172.87	11.422	192.74		
V-19	M-1	LABORATORIO	22/10/16	19/11/16	14.728	170.36	11.13	223.39	28.39	209.194
	M-2	CAMPO	22/10/16	19/11/16	14.680	169.25	10.964	195.00		
V-20	M-1	LABORATORIO	22/10/16	19/11/16	14.995	176.59	11.024	115.33	4.03	113.315
	M-2	CAMPO	22/10/16	19/11/16	15.122	179.6	10.76	111.30		

Las muestras 1 (M-1), vienen hacer las muestras curadas en agua por 7 días y sometidas a prueba de resistencia a compresión a los 28 días.

Las muestras 2 (M-2), vienen hacer las muestras curadas en campo tal igual se curaron las columnas de las viviendas y sometidas a prueba de resistencia a compresión a los 28 días.

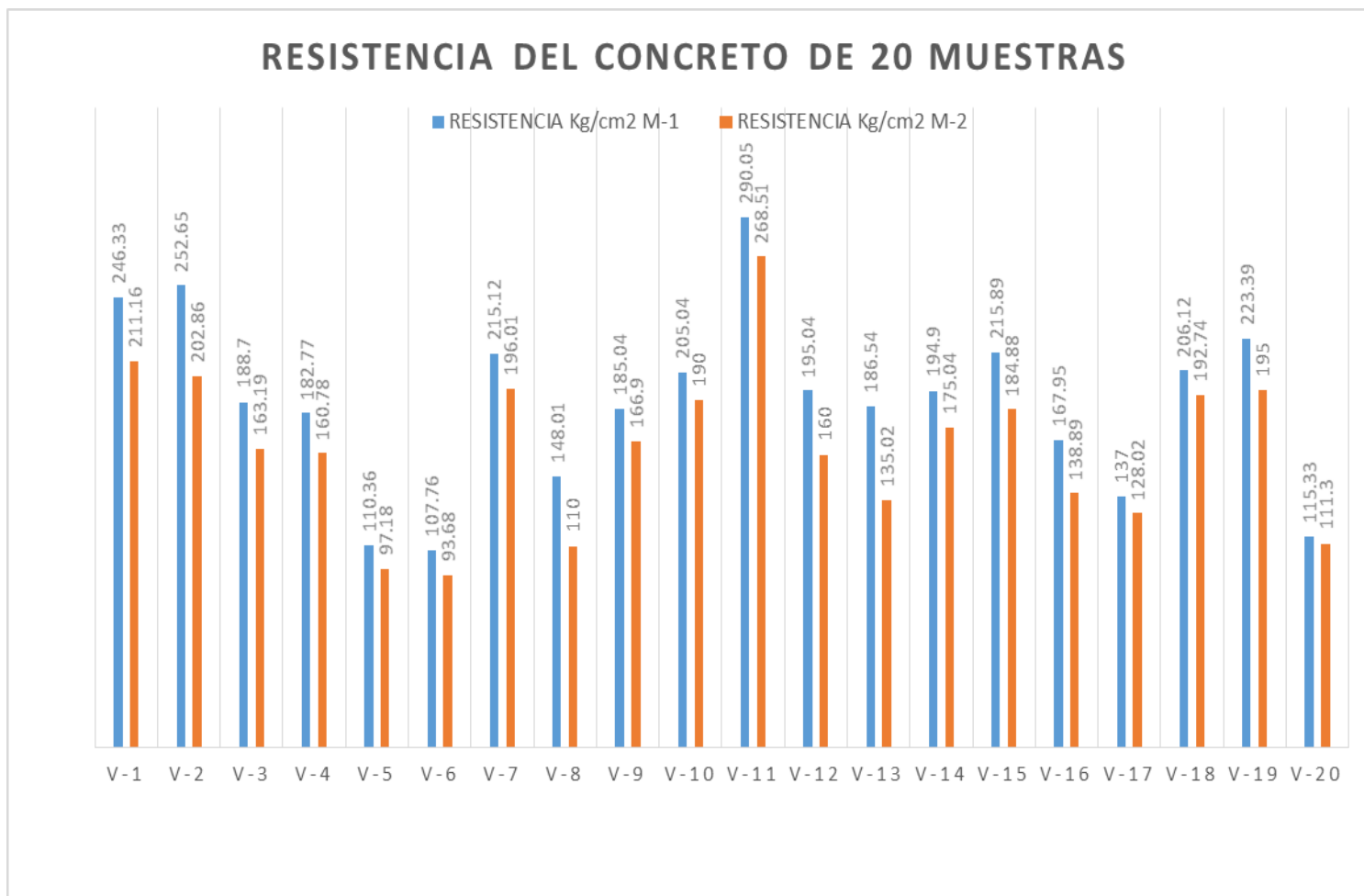


Figura III-2: Resultados a compresión de 20 muestras en columna de viviendas

3.2.3. Resultado estadístico de las pruebas a compresión

a. Desviación estándar de las muestras curadas en agua por 7 días

- En base a las resistencias obtenidas a los 28 días y curadas bajo agua por 7 días, determinamos $X_i - X_{prom}$ y $(X_i - X_{prom})^2$:

Tabla III- 37: Resultados de $X_i - X_{prom}$ y $(X_i - X_{prom})^2$ de muestras curadas en agua por 7 días

$f^{\circ}c$ de muestras curadas bajo 7 días (Kg/cm ²)	$X_i - X_{prom}$.	$(X_i - X_{prom})^2$	
1	246.33	57.63	3,321.22
2	252.65	63.95	4,089.60
3	188.70	0.00	0.00
4	182.77	-5.93	35.16
5	110.36	-78.34	6,137.16
6	107.76	-80.94	6,551.28
7	215.12	26.42	698.02
8	148.01	-40.69	1,655.68
9	185.04	-3.66	13.39
10	205.04	16.34	266.99
11	290.05	101.35	10,271.82
12	195.04	6.34	40.19
13	186.54	-2.16	4.66
14	194.90	6.20	38.44
15	215.89	27.19	739.29
16	167.95	-20.75	430.56
17	137.00	-51.70	2,672.89
18	206.12	17.42	303.45
19	223.39	34.69	1,203.39
20	115.33	-73.37	5,383.16
suma	3,773.99	suma	43,856.35

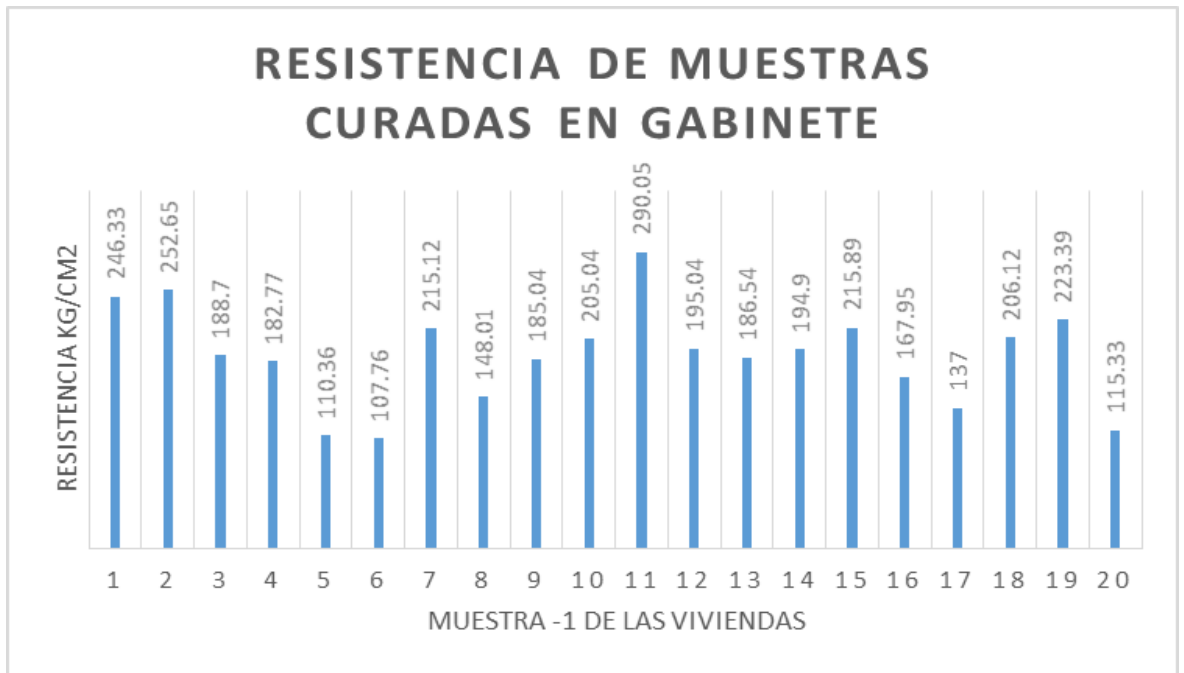


Figura III-3: Resistencia del concreto de muestras curadas en agua por 7 días

- Para hallar el X_{prom} , utilizaremos la expresión:

$$X_{prom} = \frac{\sum \text{Resistencia}}{n}$$

$$X_{prom_1} = \frac{3,773.99}{20} \Rightarrow X_{prom_1} = 188.70 \text{ kg/cm}^2$$

- Reemplazando en la formula II-11 de desviación estándar tenemos:

$$D_{S_1} = \sqrt{\frac{43,856.35}{19}} \Rightarrow D_{S_1} = 48.04 \text{ kg/cm}^2$$

b. Variancia de las muestras curadas en agua por 7 días

En base a la formula II-12 de coeficiente de variancia se obtiene:

$$V_1 = \frac{48.04}{188.70} \times 100 \Rightarrow V_1 = 25.46\%$$

c. Distribución de frecuencia por intervalo de 20 muestras curadas en agua por 7 días

De acuerdo a los resultados de resistencia a compresión de las muestras de los concretos obtenidos, no es recomendable utilizar la frecuencia de distribución normal anteriormente descrito, por lo cual para el análisis estadístico se utilizó la distribución de frecuencia por intervalo:

Determinamos los datos de mayor y menor valor: X_{max} y X_{min}

$$X_{max} = 290.05 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad X_{min} = 107.76 \text{ kg/cm}^2$$

Calculamos el rango o recorrido con la siguiente formula:

$$R = X_{max} - X_{min}$$

$$R = 290.05 - 107.76 \quad \Rightarrow \quad R = 182.29 \text{ kg/cm}^2$$

Determinando el número de amplitud (m) y la amplitud de clases A ; debe tenerse presente que m es un número natural. Luego se busca la amplitud A con las siguientes formulas:

$$m \cong 1 + 3.3 \log(n)$$

$$A > \frac{R}{m}$$

$$m \cong 1 + 3.3 \log(20) \quad \Rightarrow \quad m = 5.29 \quad \Rightarrow \quad m = 5$$

$$A > \frac{182.29}{5} \quad \Rightarrow \quad A > 36.46$$

Ya determinado que el número de clase $m = 5$; encontramos que la amplitud debe ser mayor a 36.998. Fijémosla, entonces, en $A = 40$, que hace más manejable y representable la tabla con la información.

Determinando el rango amplio con la siguiente:

$$Ra = m \times A$$

$$Ra = 5 \times 40 \quad \Rightarrow \quad Ra = 200$$

Hemos alterado el rango original $R = 184.99$, cambiando por el rango amplio $Ra = 200$. La diferencia está representada por $a = Ra - R$ o sea $a = 200 - 182.29 \Rightarrow a = 17.71$

Tenemos por tanto, que distribuir adecuadamente la diferencia entre los rangos

$$X_{min-} \approx \frac{a}{2} = LIPI ; 107.76 - 9 = 98.76$$

$$X_{max+} \approx \frac{a}{2} = LSUI ; 290.05 + 8.01 = 298.06$$

Como se dijo antes, no estamos hablando de restar o sumar estrictamente $\frac{a}{2}$ sino una cantidad aproximada que brinde una buena presentación.

Procedemos a construir los intervalos

Tabla III- 38: Distribución de frecuencia por intervalo de la resistencia de 20 muestras

Curada en agua por 7 días

kg/cm2	X	f ₁	fa	fr	fra
98.76 - 138.76	118.76	4	4	0.2	0.2
138.76 - 178.76	158.76	2	6	0.1	0.3
178.76 - 218.76	198.76	10	16	0.5	0.8
218.76 - 258.76	238.76	3	19	0.15	0.95
258.76 - 298.76	278.76	1	20	0.05	1.00
SUMAS		20		1.00	

d. Desviación estándar de las muestras curadas en campo

En base a las resistencias obtenidas a los 28 días y curadas en campo, determinamos $X_i - X_{prom}$ y $(X_i - X_{prom})^2$:

Tabla III- 39: Resultados de $X_i - X_{prom}$ y $(X_i - X_{prom})^2$ de muestras curadas en campo

f ^c de muestras curadas en campo (Kg/cm2)		$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
1	211.16	47.10	2,218.41
2	202.86	38.80	1,505.44
3	163.19	-0.97	0.94
4	160.78	-3.28	10.76
5	97.18	-66.88	4,472.93
6	93.68	-70.38	4,953.34
7	196.01	31.95	1,020.80
8	110	-54.06	2,922.48
9	166.9	2.84	8.07
10	190	25.94	672.88
11	268.51	104.45	10,909.80
12	160	-4.06	16.48
13	135.02	-29.04	362.52
14	175.04	10.98	120.56
15	184.88	20.82	433.47
16	138.89	-25.17	633.53
17	128.02	-36.04	1,298.88
18	192.74	28.68	822.54
19	195	30.94	957.28
20	111.3	-52.76	2,783.62
suma	3,281.16	suma	36,124.73

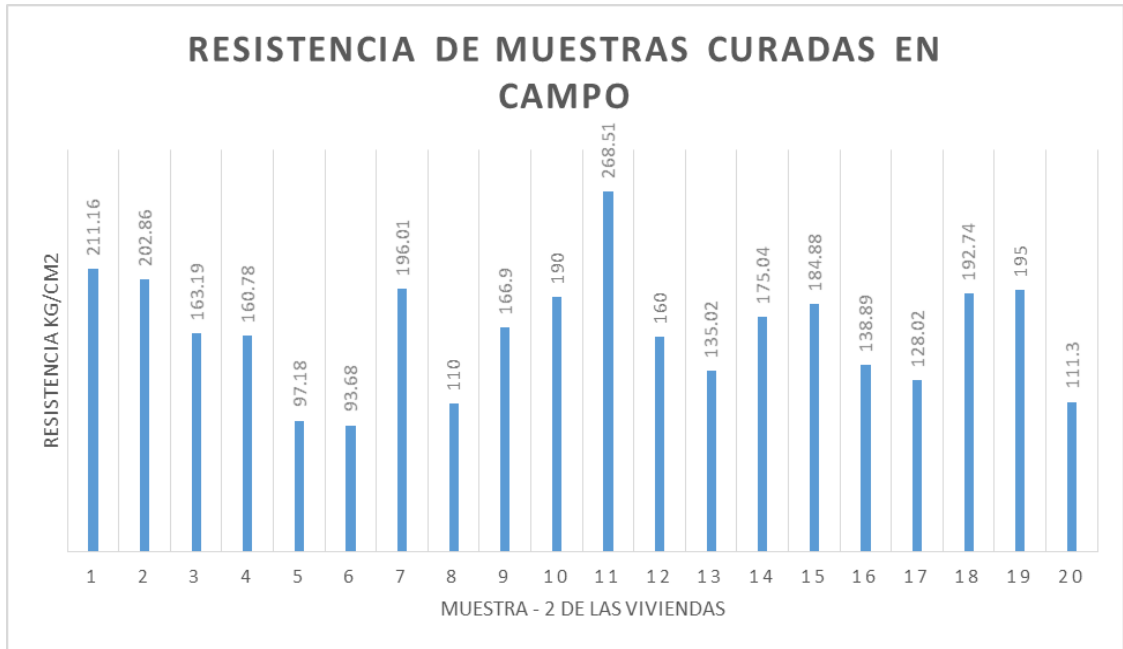


Figura III-4: Resistencia de los concretos curados en campo

Para hallar el X_{prom} , utilizaremos la expresión:

$$X_{prom} = \frac{\sum Resistencia}{n}$$

$$X_{prom_2} = \frac{3,281.16}{20} \Rightarrow X_{prom_2} = 164.058 \text{ kg/cm}^2$$

- Reemplazando en la formula II-11 tenemos la desviación estándar:

$$Ds_2 = \sqrt{\frac{36,124.73}{19}} \Rightarrow Ds_2 = 43.60 \text{ kg/cm}^2$$

e. Variancia de las muestras curadas en campo

En base a la formula II-12 de coeficiente de variancia se obtiene:

$$V_2 = \frac{43.60}{164.058} \times 100 \Rightarrow V_2 = 26.58\%$$

f. Distribución de frecuencia por intervalo de 20 muestras curadas en campo

Igualmente debido a los resultados de resistencia a compresión de los concretos obtenidos, no es recomendable utilizar la frecuencia de distribución normal anteriormente descrito, por lo cual para el análisis estadístico se utilizó la distribución de frecuencia por intervalo:

Determinamos los datos de mayor y menor valor X_{max} y X_{min}

$$X_{max} = 268.51 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad X_{min} = 93.68 \text{ kg/cm}^2$$

Calculamos el rango o recorrido con la siguiente formula:

$$R = X_{max} - X_{min}$$

$$R = 268.51 - 93.68 \quad \Rightarrow \quad R = 174.88 \text{ kg/cm}^2$$

Determinando el número de amplitud (m) y la amplitud de clases A ; debe tenerse presente que m es un número natural. Luego se busca la amplitud A con las siguientes formulas:

$$m \cong 1 + 3.3 \log(n)$$

$$A > \frac{R}{m}$$

$$m \cong 1 + 3.3 \log(20) \quad \Rightarrow \quad m = 5.29 \quad \Rightarrow \quad m = 5$$

$$A > \frac{174.88}{5} \quad \Rightarrow \quad A > 34.98$$

Ya determinado que el número de clase $m = 5$; encontramos que la amplitud debe ser mayor a 34.98. Fijémosla, entonces, en $A = 40$,

que hace más manejable y representable la tabla con la información.

Determinando el rango amplio con la siguiente:

$$Ra = m \times A$$

$$Ra = 5 \times 40 \Rightarrow Ra = 200$$

Hemos alterado el rango original $R = 174.88$, cambiando por el rango amplio $Ra = 200$. La diferencia está representada por $a = Ra - R$ o sea $a = 200 - 174.88 \Rightarrow a = 25.12$

Tenemos por tanto, que distribuir adecuadamente la diferencia entre los rangos

$$X_{min-} \approx \frac{a}{2} = LIPI ; 93.68 - 13 = 80.68$$

$$X_{max+} \approx \frac{a}{2} = LSUI ; 268.51 + 12.17 = 280.68$$

Como se dijo antes, no estamos hablando de restar o sumar estrictamente $\frac{a}{2}$ sino una cantidad aproximada que brinde una buena presentación.

Procedemos a construir los intervalos

Tabla III- 40: Distribución de frecuencia por intervalo de la resistencia de 20 muestras curada en campo

kg/cm2	X	f ₁	fa	fr	fra
80.68 - 120.68	100.68	4	4	0.2	0.2
120.68 - 160.68	140.68	4	8	0.2	0.4
160.68 - 200.68	180.68	9	17	0.45	0.85
200.68 - 240.68	220.68	2	19	0.1	0.95
240.68 - 280.68	260.68	1	20	0.05	1.00
SUMA		20		1.00	

3.2.4. Resultado de resistencia del concreto según criterio del ACI 318

Determinando la clase de concreto en base a criterios del reglamento ACI 318, del promedio de las 20 muestras obtenidas.

Determinando X_{prom} y la desviación del promedio de dos muestras de testigo por vivienda se determina $X_i - X_{prom}$ y $(X_i - X_{prom})^2$

Tabla III- 41: Resultados de $X_i - X_{prom}$ y $(X_i - X_{prom})^2$ del promedio de dos muestras de las viviendas

f'c promedio de 2 muestras a los 28 días (Kg/cm2)		$X_i - X_{prom}$	$(X_i - X_{prom})^2$
1	228.745	52.36	2,741.57
2	227.75	51.37	2,638.88
3	175.945	-0.43	0.18
4	171.775	-4.61	17.30
5	103.77	-72.61	5,272.21
6	100.72	-75.66	5724.43
7	205.56	29.18	851.47
8	129.005	-47.36	2,242.97
9	175.97	-0.41	0.17
10	197.52	21.14	446.90
11	279.28	102.9	10,588.41
12	177.52	1.14	1.30
13	160.78	-15.6	243.36
14	184.97	8.59	73.79
15	200.385	24.01	576.48
16	153.42	-22.96	527.16
17	132.51	-43.87	1,924.58
18	199.43	23.05	531.30
19	209.194	32.81	1,076.49
20	113.315	-63.06	3,976.56
suma	3,527.564	suma	39,455.51

Entonces el promedio y desviación estándar serán:

$$X_{prom} = \frac{3,527.564}{20} \Rightarrow X_{prom} = 176.38 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ds = \sqrt{\frac{39,455.51}{19}} \Rightarrow Ds = 45.57 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = \frac{45.57}{176.38} \times 100 \Rightarrow V = 25.84\%$$

En vista que se ha trabajado en base a 20 muestras y según el criterio del reglamento de ACI 318, recomienda amplificar por un factor de acuerdo a la tabla II-7 a la desviación estándar (Ds)

- $Ds = 45.57 \times 1.08 \Rightarrow Ds = 49.22 \text{ kg/cm}^2$

Determinando el $f'cr$ de diseño según las fórmulas II-17 y II-18:

Entonces reemplazando se tiene:

- $f'cr = f'c + 1.34Ds \Rightarrow f'cr = 210 + 1.34 \times 49.22$

$$f'cr = 275.955 \text{ kg/cm}^2$$

- $f'cr = f'c - 35 + 2.33Ds \Rightarrow f'cr = 210 - 35 + 2.33 \times 49.22$

$$f'cr = 289.68 \text{ kg/cm}^2$$

Escogiendo el mayor valor tenemos que:

$$f'cr = 289.68 \text{ kg/cm}^2$$

3.3 Discusiones

3.3.1. Discusiones del análisis físico y químico de los agregados

El análisis granulométrico del agregado fino de la cantera estudiada, si cumplen con los requerimientos de calidad y valores establecidos por las Normas Técnicas Peruanas sin embargo el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo SUCS, lo clasifica como **SP Arena mal graduada con grava.**

El análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera El Pedregal, no cumplen con los requerimientos de calidad y valores establecidos por las Normas Técnicas Peruanas y el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo SUCS, lo clasifica como **GP Grava mal graduada**

El análisis de módulo de fineza del agregado fino de las canteras “El Pedregal”, no se encuentran dentro del rango de los límites recomendables establecida por las Normas Técnicas Peruanas, ASTM C 125, establece que el Modulo de Fineza no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa, por tanto al obtener **3.2** de MF, encontramos arena gruesa. No recomendable para realizar el diseño de mezcla.

El análisis de módulo de fineza del agregado grueso de las canteras “El Pedregal”, si se encuentran dentro del rango de los límites recomendables, de la NTP, obteniendo **2.6** de MF, es un agregado recomendable para diseñar una buena mezcla de concreto.

La cantidad de material que pasa por la malla N° 200 de los agregados cumplen con los requerimientos de calidad según NTP, los porcentajes de material que pasan dicha malla son menores de 5% para el agregado fino y menores de 1% para el agregado grueso.

El resultado de laboratorio arrojó que el peso específico del agregado fino es **2.54** g/cm³ es menor que del agregado grueso **2.58** g/cm³ debido a la relación entre masas de los dos agregados, la cual indica que los resultados se encuentran dentro del rango establecida por las NTP (2.48g/cm³ a 2.8g/cm³) es buena para realizar el diseño de mezclas, para el vaciado de las columnas

Del análisis de durabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio, como máximo porcentaje de pérdidas permitidas para el agregado fino es de 15%; mientras para el agregado grueso es de 18%; entonces de acuerdo a los resultados obtenidos, el agregado grueso es **9.06%** la cual cumple con las NTP, en el agregado fino se obtuvo **6.92%** cumple con las NTP 400.037 no presentaran problemas de congelación y deshielo.

De acuerdo a los ensayos de Abrasión por el método de los Ángeles, para el agregado grueso de la cantera estudiada, el porcentaje de pérdida promedio son admisibles igual a **16,3%**, menor al 50% establecida por la NTP 400.0.20.

Del análisis de impurezas orgánicas en la cantera estudiada en agregados finos estos contienen trozos no perjudiciales en la elaboración de la mezcla del concreto.

3.3.2. Discusiones de las muestras a compresión

Se ha obtenido la mayoría de las resistencias de muestras de concreto muy por debajo de las normas establecidas para el vaciado de columnas 210kg/cm^3 , generando cierta preocupación ya que significan que están mal elaboradas las construcciones. Esto como consecuencia de las malas prácticas de elaboración del concreto que es común en la construcción de viviendas en forma artesanal y tradicional en nuestra ciudad de Ayacucho, constatando con las visitas realizadas en el momento de la dosificación y vaciado de las columnas, no habiendo control del agua de mezclado, dosificación de los agregados, compactación y otros que determinaron la variabilidad de las resistencias a compresión obtenidas a los 28 días.

El estudio realizado con cilindros estándar (15cm x 30cm), en nuestra ciudad de Ayacucho, se encontró una diferencia significativa entre la resistencia del concreto curado bajo siete días en agua y el curado al ambiente tal cual se curó la columna en la vivienda; sin embargo, esta diferencia no alcanzó los altos niveles reportados por Gonnerman y Shuman (1928). Tomando en consideración que el estudio fue realizado con concretos de alta relación a/c, se debería esperar un efecto más notorio de la ausencia del curado húmedo.

3.3.3. Discusiones del control estadístico de las muestras a compresión

La desviaciones estándar y la variancias obtenidas en el capítulo de resultados estadísticos de las muestras curadas en agua bajo siete

días y en campo tal cual se curó las columnas de vivienda, demuestran que los resultados ($Ds_1 = 48.04\text{kg/cm}^2$; $Ds_2 = 43.60\text{kg/cm}^2$ y $V_1 = 25.46\%$; $V_2 = 26.58\%$), las cuales son muy alejadas del promedio; lo que indica la alta dispersión de los resultados, debidos a la falta de un control en la dosificación de la mezcla, desconocimiento de las características de los materiales utilizados, inadecuado curado y la falta de un profesional en la dirección técnica, lo que significa una deficiente calidad de mezcla.

Así mismo de acuerdo a los resultados de resistencia del concreto Tabla III-38, obtenidos de 20 muestras curadas en agua por 7 días (M-1). Estadísticamente no se puede determinar su frecuencia de distribución normal, debido que $Ds = 48.04$ muy alejado del promedio según figura II-7, la máxima Ds debe ser $= 34.1$ (Torre 2004); utilizando para este análisis la distribución de frecuencia por intervalo que demuestra lo siguiente:

De acuerdo a los resultados de la Tabla III-39; el 80% (16 muestras), se encuentran por debajo de la resistencia requerida en las columnas $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$, tal como se menciona en la Norma Técnicas de Edificación.

y solo el 20% (4 muestras), cumplen con la resistencia requerida en las columnas $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$.

Así mismo de acuerdo a los resultados de resistencia del concreto Tabla III-40, obtenidos de 20 muestras curadas en el campo tal cual se curó las columnas (M-2). Estadísticamente no se puede determinar

su frecuencia de distribución normal, utilizándose para este análisis la distribución de frecuencia por intervalo que demuestra lo siguiente:

De acuerdo a los resultados en la Tabla III-41; el 90% (18 muestras), se encuentran por debajo de la resistencia requerida en columna de viviendas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y solo el 10% (2 muestra), cumplen con la resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

De la misma manera de la Tabla III-42 se obtuvo ($Ds = 45.57 \text{ kg/cm}^2$) y variancia ($V = 25.84\%$) obtenidos del promedio de las dos muestras; nos permitió el cálculo de la resistencia de diseño requerida $f'cr$, según criterio del ACI 318. Lo que demuestra que: Para obtener la resistencia de 210 kg/cm^2 , según la desviación estándar; se tendría que diseñar una mezcla cuya resistencia requerida de diseño sea de 289.68 kg/cm^2 . Esto a múltiples factores como dosificación, transporte, compactación y curado

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

La dosificación de los agregados utilizados en la preparación de la mezcla del concreto, se realizaron sin tener un criterio técnico en cuanto a la cantidad correcta de los materiales utilizados en la elaboración del concreto la cual repercutió en la baja resistencia del concreto según las Tablas III-35 y figura III-36, la importancia de la granulometría de los agregados radica en que de ellos dependen, la trabajabilidad, la forma de las partículas, la textura superficial y el tamaño, que determinaron que cuanto más trabajable y plástica es el concreto se obtiene baja la resistencia del concreto

Se ha determinado como el proceso de curado ha influido en la variabilidad de la resistencia del concreto, donde se aprecia que las muestras (M-1) curadas en agua por siete días y sometidas a pruebas de compresión a los 28 días, superan en resistencia a las muestras (M-2) que fueron curadas in situ, tal cual se curó las columnas de las viviendas, desde un rango de variación mínima de 4.03 kg/cm² a una mayor de 51.52 kg/cm² (Tabla III-37).

En la influencia de la relación agua/cemento radica en la importancia del agua y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades químicas del material final que se obtendrá, de acuerdo a la Tabla III-37, resultados demuestran que al incrementar más cantidad de agua disminuye la resistencia del concreto.

Por lo tanto solo (2 viviendas) que superan una resistencia de 210 kg/cm², así mismo (4 viviendas) que obtuvieron una resistencia mayor de 175 kg/cm², mientras que el resto (14 viviendas) obtuvieron resistencias por debajo de 175 kg/cm², lo cual demuestra la influencia de la relación agua/cemento, la deficiente dosificación de los agregados, inadecuado transporte del concreto, falta de compactación y deficiente curado en la obtención de la resistencia del concreto requerido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA

1. American Concrete Institute (2014) Código I318-05
2. Cachay, H. (2004) Curso Básico de Tecnología del Concreto. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
3. Chan, y J, Soils, C.R, y Moreno, E. (2003) Influencia de los Agregados Pétreos en las Características del Concreto Vol. 7 pp. 39-46. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
4. Cconislla, V. L. (2001) Estudio y Evaluación y Control de Calidad de los Principales Materiales de construcción para las edificaciones en Ayacucho. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Ayacucho, Perú.
5. Guarín, S. N. (2002) Estadística Aplicada (1ra edición) Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
6. Guevara, G. y Hidalgo, C. y Pizarro, M. y Rodríguez, R. (2012) Efecto de la Variación Agua/Cemento en el Concreto Vol. 25 pp. 80-86 Escuela de Ingeniería de los Materiales. Tecnológico de Costa Rica.
7. Mehta, K. y Monteiro, P. (1998) Concreto, Estructura, Propiedades y Materiales, 1ª edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. México, D.F.
8. Normas de Asociación Americana de Ensayo de Materiales, ASTM (2013).
9. Normas Técnicas Peruanas. (2013)
10. Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado (2009).

11. Pasquel, C. (1998) Tecnología del Concreto (2da Edición) Lima, Perú.
Colegio de Ingenieros del Perú.
12. Solís, C.R y Moreno, I.E (2005) Influencia del Curado Húmedo en la Resistencia a Compresión del Concreto en Clima Cálido Subhúmedo, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
13. Torre, C. A (2004). Curso Básico de Tecnología del Concreto. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
14. Tufino, D. (2009) Variación de Resistencia Vs Edades y Relación a/c con Cemento Portland tipo I (Sol). Tesis de Pre Grado Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
15. www.<http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/129>. 01/09/2016

ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS FISICOS, QUIMICOS DEL AGREGADO

ANEXO 2: RESULTADOS DE MUESTRAS A COMPRESION

ANEXO 3: FOTOGRAFIAS

ANEXO 4: NORMAS TECNICAS PERUANAS

ANEXO 5: CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL LABORATORIO

FOTOGRAFIAS



Fotografía 01: Entrevista al maestro responsable de la construcción de la vivienda.



Fotografía 02: Ensayo con el cono de abrams, para medir la consistencia del concreto.



Fotografía 03: Midiendo la altura del concreto



Fotografía 04: Vaciado de columna vivienda 01, transporte con baldes, preparación de la mezcla en cilindro



Fotografía 05: Toma de muestra de columna de vivienda numero 02



Fotografía 06: Entrevista al maestro responsable de obra



Fotografía 07: Toma de muestra de columna de vivienda numero 03



Fotografía 08: Preparado de mezcla en el suelo, Traslado en baldes vivienda numero 03



Fotografía 09: toma de muestra de columna de vivienda número 04, mezcla en el suelo, vaciado con baldes.



Fotografía 10: Toma de muestra de columna de vivienda número 05, preparación en el suelo, traslado en baldes.



Fotografía 11: Entrevista al maestro de obra



Fotografía 12: Toma de muestra columna de vivienda número 06, preparado de mezcla en el piso, traslado en baldes.



Fotografía 13: toma de muestra columna de vivienda número 07, preparado de mezcla en cilindro, traslado con baldes.



Fotografía 14: Toma de muestra columna de vivienda número 08, preparado de mezcla en el suelo, traslado con baldes.



Fotografía 15: Toma de muestra de columna vivienda número 09, preparado de mezcla en cilindros, traslado con baldes.



Fotografía 15: preparación de la mezcla vivienda número 09, en cilindros, traslado en baldes



Fotografía 16: toma de muestra de columna de vivienda número 10, preparación en cilindros traslado con baldes.



Fotografía 17: toma de muestra de columna de vivienda número 11, preparación de mezcla en cilindros, traslado con baldes.



Fotografía 18: Entrevista al maestro responsable de la obra, de la vivienda numero 12



Fotografía 19: toma de muestra de columna de vivienda número 12, preparado de mezcla en piso de azotea, traslado en baldes.



Fotografía 20: toma de muestra de columna de vivienda numero 13



Fotografía 21: Toma de muestra de columna vivienda numero 14



Fotografía 22: Lugar de almacenamiento de agregados, en contacto directo con limo y arcilla del suelo



Fotografía 23: Toma de muestra de columna vivienda número 15, preparado en cilindro, vaciado con baldes.



Fotografía 24: toma de muestra de columna vivienda numero 16



Fotografía 25: Columna de vivienda número 17, mezcla preparada en cilindro, traslado con baldes



Fotografía 26: Toma de muestra de columna vivienda numero 17



Fotografía 27: toma de muestra de columna vivienda número 18, preparado de mezcla en cilindros, traslado en baldes



Fotografía 28: toma de muestra de columna de vivienda número 19, preparado de mezcla en cilindro, vaciado con baldes.



Fotografía 29: Preparado de mezcla en techo de la vivienda número 20, traslado con baldes.



Fotografía 30: Toma de muestra de columna vivienda numero 20



Fotografía 31: Muestras de concreto listas para ser llevadas al laboratorio



Fotografía 32: En el laboratorio realizando la prueba de compresión



Fotografía 33: Midiendo las muestras en el laboratorio



Fotografía 34: Prueba de compresión vivienda 05 (gabinete)



Fotografía 35: Prueba de compresión vivienda 05 (campo)



Fotografía 36: Prueba de compresión vivienda 20 (campo)



Fotografía 37: Cantera de producción de agregados (gruesos y finos)



Fotografía 38: Realizando las pruebas en el laboratorio de suelos.



Fotografía 39: Cuarteo del agregado fino (arena) para realizar el pesado y secado



Fotografía 40: Cuarteo del agregado grueso para realizar el secado y pesado



Fotografía 41: Peso unitario suelto del agregado grueso



Fotografía 42: Prueba para el contenido de humedad y absorción del agregado grueso



Fotografía 43: Resultado de granulometría de la arena



Fotografía 44: Peso específico y absorción del agregado grueso



Fotografía 45: Secado y su posterior pesado del agregado grueso y fino



Fotografía 46: Muestras de agregados grueso sometidos a resistencia con sulfato de sodio



Fotografía 47: Tamizado de la prueba de resistencia al desgaste del agregado grueso y su posterior pesado