

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**ESTUDIO DEL CONCRETO ELABORADO EN LOS VACIADOS
DE TECHOS DE VIVIENDA EN LIMA Y EVALUACIÓN DE
ALTERNATIVA DE MEJORA MEDIANTE EL EMPLEO DE
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE
(REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO)**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presentan los bachilleres:

**Lisandra Yelina Garay Pichardo
Carol Estefani Quispe Cotrina**

ASESOR: Julio César Carhuamaca Huanri

Lima, octubre de 2016

RESUMEN

La vivienda constituye un importante bien de consumo que el hombre de todas las sociedades y épocas necesita satisfacer. A lo largo de la historia, se ha demostrado que el deseo de dónde y cómo vivir depende de factores económicos, sociales, políticos y culturales. (Maya, 1975) [Ref. 1].

En el Perú, la vivienda refleja preocupación en cada ciudadano. Los elevados costos de construcción y las reducidas posibilidades económicas establecen las bases de sistemas de autoconstrucción, que concierne a la producción de viviendas a cargo de maestros de obra o de los mismos propietarios y familiares. Sin embargo, el problema no es la autoconstrucción, sino el incumplimiento de las normas (informalidad). En la ciudad de Lima, la mayoría de obras de autoconstrucción se ubican en los pueblos jóvenes, en donde prima la producción del concreto informal hecho a pie de obra.

El presente trabajo tiene como objeto de estudio el comportamiento del concreto producido en la autoconstrucción. Para ello se analizaron muestras del concreto, sin realizar ningún cambio en su producción; y también muestras del concreto con aditivo superplastificante, éstos últimos fueron entregados a los constructores con la finalidad de modificar las propiedades del concreto. Al usar el aditivo se redujo la cantidad de agua de mezcla y, por lo tanto, se mejoró la calidad del concreto.

Los resultados de la investigación reflejan la falta de conocimiento técnico por parte de los maestros de obra y propietarios, quienes optan por dar mayor importancia a la economía y no a la calidad. Pese a que el empleo de aditivos es cada vez mayor, con el presente estudio queda demostrado que su aplicación es poco frecuente en obras informales debido a que las personas lo consideran como un gasto extra e innecesario en el presupuesto.

Para la investigación se vio necesario encontrar y proponer alternativas de mejora en la producción del concreto informal; es así que se planteó dar soporte técnico a los maestros de obra y/o propietarios, independiente del empleo de aditivos, para que tengan los conocimientos básicos de una dosificación estándar del concreto, aplicando procedimientos que permitan reducir los niveles de informalidad. Se recomienda extender el presente estudio a distintas edificaciones a nivel nacional, en donde la realidad podría ser similar o de peor condición.

A la memoria de mi madre Edith Amelia Pichardo Díaz, porque fue lo más hermoso que me dio la vida y por ser una luchadora, no tengo palabras para describir lo mucho que la amo y la necesito cada día de mi vida.

Lisandra Garay Pichardo



A mi madre Angélica por su confianza y permanecer conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome la fortaleza necesaria para continuar con mis metas; a mi padre Claudio por velar por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento y a mi hermano Cristian por su paciencia y ayuda incondicional; con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto en la realización de esta tesis.

Carol Quispe Cotrina

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	2
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.2.3. Alcances	3
1.3. MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS	4
1.3.1. Marco Teórico	4
1.3.2. Hipótesis	6
CAPÍTULO 2: AUTOCONSTRUCCIÓN Y EL PROBLEMA DE VIVIENDA EN EL PERÚ	6
2.1. DEFINICIÓN DE AUTOCONSTRUCCIÓN	6
2.2. ORIGEN DE LA AUTOCONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ	7
2.3. PROBLEMA DE VIVIENDA EN EL PERÚ	8
2.3.1 Datos Estadísticos	8
2.3.2 Riesgo Sísmico	10
CAPÍTULO 3: CONCRETO EMPLEADO EN VIVIENDAS DEL SECTOR AUTOCONSTRUCCIÓN.....	12
3.1. ASPECTO SOCIO – ECONÓMICO	12
3.1.1. Consumo del Cemento en el Perú	13
3.2. ASPECTO TÉCNICO DEL CONCRETO INFORMAL.....	14
3.3. ASPECTO AMBIENTAL.....	16
CAPITULO 4: VISITAS PRELIMINARES AL TRABAJO DE CAMPO.....	16
4.1. ASPECTOS QUE AFECTAN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA	17
4.1.1. Ubicación de la Vivienda	17
4.1.2. Diseño Geométrico y Estructural.....	20
4.1.3. Calidad de los Materiales	21

CAPÍTULO 5. TRABAJO DE CAMPO EN OBRAS DE AUTOCONSTRUCCIÓN	24
5.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	24
5.1.1. Parámetros de Estudio.....	25
5.2. ETAPAS DEL TRABAJO EN CAMPO	26
5.2.1. Antes del Vaciado del Concreto	26
5.2.2. Durante el Vaciado del Concreto.....	32
5.2.3. Después del Vaciado del Concreto	37
CAPÍTULO 6: MATERIALES EMPLEADOS EN EL TRABAJO DE CAMPO	40
6.1. CEMENTO	40
6.2. AGREGADOS.....	41
6.2.1. Agregado Fino	42
6.2.2. Agregado Grueso.....	43
6.3. AGUA DE MEZCLA	44
6.4. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	45
CAPÍTULO 7: CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN OBRAS DE AUTOCONSTRUCCION	47
7.1. EQUIPOS UTILIZADOS.....	47
7.2. DOSIFICACIÓN	48
7.3. MEZCLADO	49
7.4. COLOCACIÓN EN LA LOSA DE TECHO	50
7.5. TIPO DE COMPACTACIÓN.....	51
7.6. CURADO	53
7.7. DESENCOFRADO.....	55
CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	56
8.1. ANÁLISIS DE AGREGADOS	56
8.2. ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN REAL DEL CONCRETO	68
8.2.1. Consumo de Cemento por m^3	69
8.2.2. Comparación entre la Dosificación en Obra y por el Método del ACI	72
8.3. ANÁLISIS DEL CONCRETO FRESCO	74

8.3.1. Trabajabilidad	74
8.3.2. Exudación	78
8.4. ANÁLISIS DEL CONCRETO ENDURECIDO	79
8.4.1. Resultados a Compresión Sin Aditivo	80
8.4.2. Resultados a Compresión Con Aditivo	81
8.4.3. Análisis Comparativo de los Resultados a Compresión Con y Sin Aditivo..	82
 CAPÍTULO 9: ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	 84
 CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 86
 REFERENCIAS	 90
 BIBLIOGRAFÍA.....	 92



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1.1. Antecedentes

La economía peruana evidencia un notable crecimiento en los últimos años. Según indicó el Fondo Monetario Internacional (FMI) [Ref. 2], se tuvo un aumento del Producto Bruto Interno (PBI) de 3.3% durante el año 2015 y se proyecta que para el 2016 se tenga un crecimiento de 3.7%. Esta bonanza en la economía peruana es causa de un buen desempeño socio – económico, seguido de una vigorosa población pujante que mantiene activo este dinamismo, hoy en día llamado la clase media.

Un propulsor del crecimiento económico en el Perú es el sector construcción, el cual no solo hace referencia a obras de gran envergadura administradas por importantes empresas del rubro, sino que también al alto índice de construcciones de viviendas unifamiliares como resultado del aumento de recursos asignados a subsidiar la adquisición de viviendas con programas sociales y la posibilidad de obtener un crédito hipotecario.

La vivienda representa una necesidad básica de todo ser humano; sin embargo, las condiciones para satisfacer esta necesidad no siempre son las más convenientes. Según un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el año 2009 [Ref. 3], en el Perú el 72% de las construcciones son informales y/o de mala calidad (lo cual se refleja en los materiales, el procedimiento constructivo, etc.).

Frecuentemente; la autoconstrucción desencadena el aumento de construcciones informales y/o de mala calidad. En general, son aquellos sectores alejados de la ciudad los que presentan mayor número de casas autoconstruidas. La presente tesis de investigación considera como zona de estudio la Provincia de Lima, específicamente los distritos ubicados en los conos (Chorrillos y Ate Vitarte).

Las edificaciones de autoconstrucción comúnmente no son diseñadas, construidas ni supervisadas por profesionales de la construcción; y tienen una gran probabilidad de que presenten problemas estructurales y sean sísmicamente vulnerables. Asimismo, el concreto que se elabora es informal y no tiene diseño de mezcla, ni supervisión durante

su preparación y vaciado, tampoco tiene parámetros o prácticas que garanticen su calidad.

Estudios previos demuestran que el concreto utilizado en los techos de viviendas ubicadas en los pueblos jóvenes de la ciudad de Lima, no cumplen con el valor mínimo de resistencia a la compresión permitido por la Norma Técnica de Edificación E.060. [Ref. 4], que es 175 kg/cm²; por el contrario el promedio se encuentra en 138 kg/cm². (Conferencia “Mitos y realidades del concreto informal en el Perú”; investigación realizada en el año 2001 por el Ing. Enrique Pasquel [Ref. 5]).

En el año 2014, se decidió llevar a cabo la siguiente investigación basada en la realidad que afronta el aumento de construcciones de viviendas informales en la provincia de Lima, específicamente en sus Conos. Para ello se estudió el concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda, tomando en cuenta cuatro aspectos generales: técnico, económico, social y ambiental.

1.1.2. Justificación

La importancia de la presente tesis de investigación radica en proponer una alternativa que disminuya los riesgos que trae consigo la autoconstrucción, ya que son viviendas vulnerables frente a movimientos telúricos de gran intensidad. Para ello se plantea el uso de los aditivos, los cuales modifican las propiedades del concreto obteniendo mejores resultados.

El aditivo que se emplea para el trabajo de campo es el superplastificante y reductor de agua de alto rango CHEMAMENT 400, el cual cumple con la especificación ASTM C494 Tipo A y Tipo F, y en adelante nos referiremos a él como ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE. El uso de este aditivo puede ayudar a lograr obtener mezclas de concreto que cumplan con las condiciones de diseño establecidas por la Norma Técnica de Edificación E.060. [Ref. 4].

1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de la presente tesis es plantear una alternativa que contribuya a mejorar la resistencia a compresión de los concretos elaborados en las obras de autoconstrucción, mediante el empleo de aditivos superplastificantes.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Comprender la situación actual de las viviendas autoconstruidas, observar los principales defectos en el aspecto físico del concreto para posteriormente desarrollar los ensayos correspondientes establecidos por las normas ASTM, con las condiciones y procedimientos adecuados para obtener buenos resultados.
- b) Realizar ensayos en los agregados (arena y piedra) utilizados en la elaboración del concreto hecho en obras de autoconstrucción, aplicando las normas ASTM.
- c) Realizar ensayos en el concreto elaborado en las obras de autoconstrucción, aplicando las correspondientes normas ASTM (ensayos en el concreto fresco y endurecido, sin emplear aditivo superplastificante).
- d) Realizar ensayos en el concreto con aditivo superplastificante, elaborado en las obras de autoconstrucción, aplicando las correspondientes normas ASTM (ensayos en el concreto fresco y endurecido).
- e) Presentar un estudio comparativo en función de las propiedades de los agregados y del concreto producido en viviendas de autoconstrucción, considerando los resultados obtenidos en los ensayos realizados.
- f) Identificar los principales factores que afectan al concreto producido por maestros de obra en edificaciones de autoconstrucción.

1.2.3. Alcances

Se estudiará el concreto elaborado en los vaciados de techos de viviendas que pertenecen al sector autoconstrucción, ubicadas en la ciudad de Lima, específicamente en los conos comprendidos por los distritos de Chorrillos y Ate Vitarte.

Se aplicará como alternativa de mejora el aditivo superplastificante para obtener valores más altos en la resistencia a la compresión del concreto. No se modificará las

proporciones de los materiales que utilizan los maestros de obra en la mezcla del concreto(al añadir el aditivo tienden a disminuir la cantidad de agua de la mezcla guiándose de su aspecto fluido).

Se desarrollará una metodología para obtener las propiedades de los agregados y del concreto hecho en las obras de autoconstrucción, a través de diversos ensayos establecidos por las normas técnicas peruanas, así como se identificarán los principales factores que caracterizan al concreto informal.

1.3. MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

1.3.1. Marco Teórico

Según Wiesenfeld la autoconstrucción es una práctica que se puede llevar a cabo de diversas maneras: individual o colectiva, legal o ilegal, espontánea o dirigida. Sin embargo, todos tienen un fin en común, la vivienda (Wiesenfeld, 2001) [Ref. 6].

Hablar de autoconstrucción no es lo mismo que hablar de informalidad, ésta última implica la edificación de casas sin licencias o permisos, y al incumplimiento de las normas técnicas de construcción. En el año 2010, el Presidente del Comité de Edificaciones de CAPECO, señaló que las construcciones informales representaban el 70% del total de las construcciones en el Perú [Ref. 7].

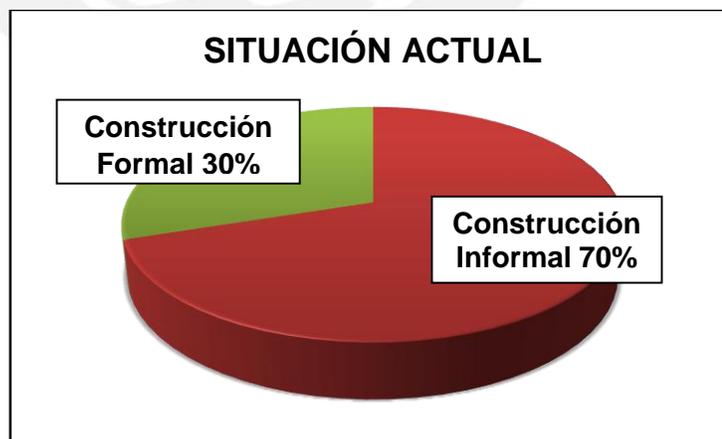


Figura 1.1, Situación actual de la construcción de viviendas en el Perú
Fuente: CAPECO, Foro Vías al futuro – Soluciones modernas de transporte
“Made in Germany”, 2011

El gran porcentaje de construcciones informales y/o de mala calidad en el Perú comúnmente suele ser consecuencia de la autoconstrucción. Estas edificaciones tienen mayor probabilidad de presentar problemas estructurales y ser sísmicamente vulnerables.

En el Perú la mayoría de construcciones utilizan principalmente materiales como la albañilería y el concreto, esto debido a la idiosincrasia de la población con respecto al ideal de vivienda, que considera al concreto un material “noble”, ya que representa seguridad, calidad, signo de estatus y de confort (Enrique Pasquel) [Ref. 5].

Para el sector de autoconstrucción el concreto cumple un rol importante para la edificación de las viviendas; sin embargo, éste no tiene diseño de mezcla ni prácticas que garanticen su calidad. Además, la producción del concreto informal implica un alto consumo de agua y cemento haciendo que el concreto obtenga resultados bajos y sea más costoso.

La metodología propuesta es aumentar la resistencia a la compresión del concreto y brindarle mayor durabilidad con el empleo de los aditivos superplastificantes, que actúan como reductores de agua de alto rango. Éstos son capaces de modificar las propiedades del concreto fresco y endurecido durante la mezcla (STEVEN H.) [Ref. 8].

Como parte de la metodología se determinaron las propiedades de los agregados y del concreto fresco y endurecido (con y sin el aditivo superplastificante), mediante ensayos de campo y laboratorio.

Los ensayos que se realizaron en los agregados son:

- a) Método de ensayo para el análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso (ASTM C136 y NTP 400.012-2001).
- b) Método de ensayo para peso específico y absorción de agregado fino (ASTM C128 y NTP 400.022-2002).
- c) Método de ensayo para peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127 y NTP 400.021-2002).
- d) Método de prueba estándar para materiales más de 75 mm (N° 200) por lavado de agregados (ASTM C117 y NTP 400.018-2002).
- e) Método de ensayo para pesos unitarios y vacíos en agregados (ASTM C29 y NTP 400.017-1999).

Para el concreto informal se realizaron los siguientes ensayos:

- a) Método de ensayo de medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (ASTM C143 y NTP 339.035-1999).
- b) Ensayo de esfuerzo a compresión en muestras cilíndricas de concreto (ASTM C39 y NTP 339.034 - 1999).
- c) Elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra (ASTM C31 y NTP 339.033 – 1999).

Por último, la información proveniente de los ensayos realizados permite hacer un análisis comparativo de las resistencias a compresión del concreto, lo que ayuda a determinar si se debe considerar la alternativa propuesta.

1.3.2. Hipótesis

Se pueden obtener concretos más resistentes y durables que disminuyan la vulnerabilidad de las viviendas autoconstruidas a través del empleo de los aditivos superplastificantes, pese a no contar con un diseño de mezcla del concreto.

CAPÍTULO 2: AUTOCONSTRUCCIÓN Y EL PROBLEMA DE VIVIENDA EN EL PERÚ

2.1. DEFINICIÓN DE AUTOCONSTRUCCIÓN

Se entiende por autoconstrucción a la práctica de edificar una vivienda por el mismo propietario, que producto de su carencia económica o por necesidad de ahorro construye sin asesoría de profesionales en la construcción. Generalmente, los dueños del terreno optan por pedir ayuda de sus familiares para construir sus casas; por otro lado, están aquellos que tienen los fondos necesarios para contratar los servicios de un maestro de obra y su personal, quienes, en su mayoría, basan sus trabajos en conocimientos empíricos.

2.2. ORIGEN DE LA AUTOCONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

En América Latina, antes del siglo XIX no existían constructores de viviendas especializados, en general, los miembros de cada familia construían sus propias casas y la mayor parte de las viviendas fueron construidas por los mismos interesados. Así nace el sistema de autoconstrucción como una respuesta frente al problema habitacional de grupos de escasos recursos (Ander-Egg, 1985) [Ref. 9].

A inicios del siglo XX, factores como el crecimiento demográfico y el nacimiento de corrientes migratorias hicieron que las poblaciones se vieran afectadas por el cambio y la desigualdad; lo que originó que los pobladores empiecen a buscar soluciones a la necesidad de urbanización y vivienda en ciudades principales; es así como se fueron creando las denominadas Poblaciones Marginales en toda América Latina. Por ejemplo en Argentina son conocidas como Villas Miseras, en Brasil como Favelas, en Chile como Callampas, en Uruguay como Cantegriles y en Perú como Pueblos Jóvenes o Asentamientos Humanos.

En el Perú, a partir del año 1950 se suscita la migración altoandina hacia la capital, lo que incrementó sustancialmente la cantidad de habitantes en la ciudad de Lima. Por ejemplo, como resultado de esta migración nace La Ciudad de Dios (Hoy en día, son los distritos de San Juan de Miraflores y Villa el Salvador) (Kuroiwa, 2016) [Ref. 10].

Un factor muy importante que hizo emigrar a las personas oriundas de las zonas rurales, fue el terrorismo, el cual apareció en la Sierra Sur del Perú a inicios de los años 80's. Este conflicto hizo que muchos pobladores emigren de su lugar de origen hacia Lima debido a los constantes abusos cometidos por los terroristas y fuerzas civiles contra los pueblos más vulnerables. En el 2012, Sánchez señala que los departamentos más afectados por la presencia terrorista fueron: Ayacucho, Huancavelica y Apurímac [Ref. 11].

El movimiento migratorio trajo consigo la toma de terrenos o invasiones; y por lo tanto la denominada autoconstrucción, produciendo un crecimiento desordenado en la ciudad de Lima y dando inicio a los primeros asentamientos humanos - Grupos de personas externas a la población urbana que se asientan en terrenos inhóspitos y condiciones insalubres, dentro de la ciudad, los cuales no cuentan con instalaciones de servicios básicos -. Por ejemplo, en el Cono Este existen Asentamientos Humanos poblados

mayormente por personas provenientes de la región Ayacucho como es el caso del Asentamiento Humano Huáscar en San Juan de Lurigancho.

Con el pasar de los años, se reflejó la preocupación de los gobiernos y municipalidades por regularizar las propiedades informales. Fue así como se ejecutaron obras para brindar servicios básicos como son agua, desagüe y luz. Sin embargo, el problema de la informalidad y autoconstrucción aún es predominante, y se refleja en las viviendas ubicadas en los pueblos jóvenes de la ciudad de Lima.

2.3. PROBLEMA DE VIVIENDA EN EL PERÚ

2.3.1 Datos Estadísticos

El dinamismo del Boom Inmobiliario se refleja en el crecimiento del sector construcción, y éste último en el consumo de cemento tal como se muestra en la figura 2.3. Una parte importante de este consumo de cemento es destinado a cubrir la necesidad en la construcción de viviendas de material noble, de manera que también se genera un incremento en la autoconstrucción.

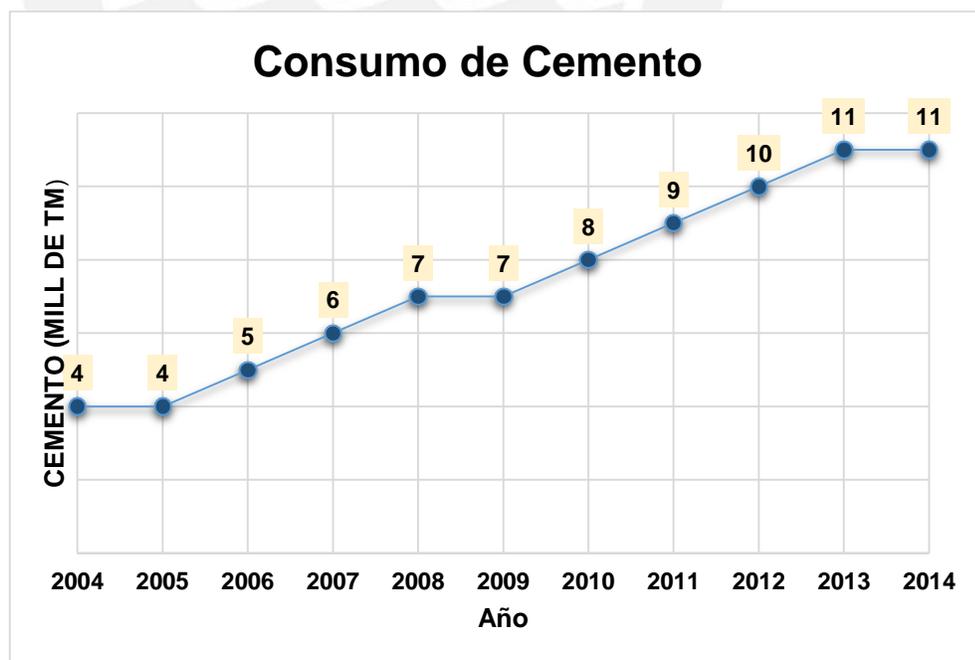


Figura 2.3, Consumo de Cemento - Estadística Anual del Perú
Fuente: Adaptación ASOCEM

La figura 2.4 muestra que en el Perú la cifra de construcciones de mala calidad (debido a los materiales que se utilizan, procedimientos constructivos, etc.) es una de las más elevadas de América Latina, 72%; superado solo por Bolivia, 75%. Países vecinos como Colombia, 37%; Ecuador, 50%; Chile, 23%; Argentina, 32% y Venezuela, 29%; tienen menor porcentaje de construcciones de mala calidad puesto que tienen políticas de construcción más controladas y con ello disminuyen la informalidad.

Así mismo, cabe resaltar que los países con menor cantidad de viviendas precarias y/o de mala calidad son Costa Rica y Chile con 18% y 23%, respectivamente (FICEM) [Ref. 12]. Tomando como ejemplo Chile y los últimos sismos acaecidos en este país, tales como el terremoto Cauquenes ocurrido en la zona central de Chile (Febrero, 2010) de magnitud Mw=8.8 y el terremoto de Iquique (Abril, 2014) de magnitud Mw=8.2 quienes no han dejado daños significativos a su población ni a sus estructuras (Kuroiwa) [Ref. 10].

Sin embargo, en el Perú, el terremoto ocurrido en la Región Ica el 15 de agosto del 2007 de magnitud Mw=7.9, dejó un considerable número de víctimas mortales (596 personas), de las cuales la mayoría de muertes fueron causadas por el colapso de viviendas de adobe sobre sus propios habitantes, más de 50,000 viviendas colapsaron debido a su vulnerabilidad frente a los sismos, afirma Kuroiwa [Ref. 10].

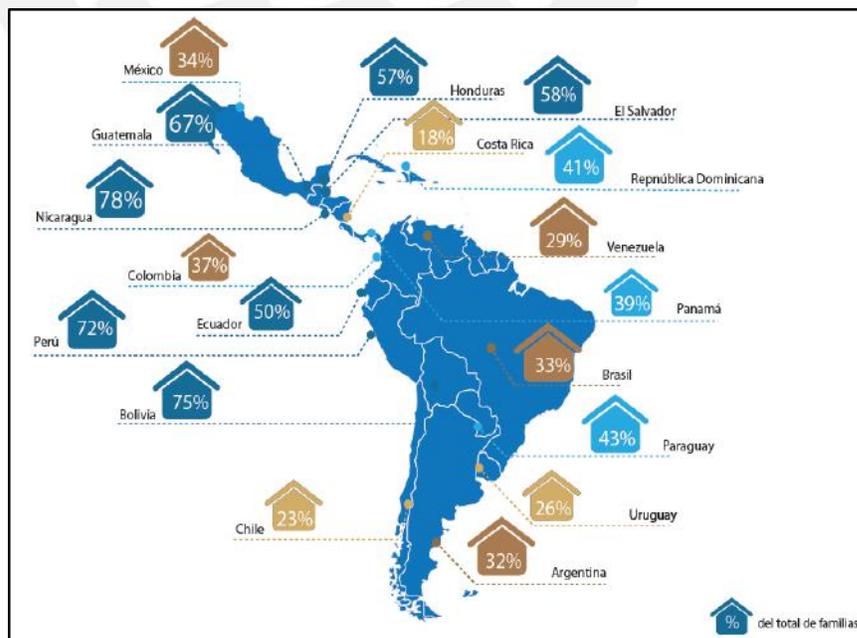


Figura 2.4, Porcentaje de construcciones de mala calidad
Fuente: Federación Interamericana del Cemento, 2013

2.3.2 Riesgo Sísmico

Es la pérdida antrópica de una determinada zona ante un movimiento telúrico; este concepto se mide evaluando otros dos factores denominados: Peligro Sísmico y Vulnerabilidad. El “Peligro Sísmico” es la probabilidad de que en un lugar determinado y durante un periodo de tiempo referencial ocurra un sismo que sobrepase una intensidad estimada, debido a las características del suelo, panorama topográfico y ubicación de la zona. Por otro lado, la “Vulnerabilidad” de un sector se mide en función al grado de daño que sufre una estructura; las edificaciones en mal estado o con baja resistencia y rigidez lateral son más vulnerables que aquellas proyectadas o construidas con criterios sismorresistentes, independientemente del lugar donde se ubiquen (Kuroiwa) [Ref. 10].

Como se sabe, el Perú se encuentra ubicado en el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, que es una gran cadena de volcanes y placas tectónicas activas que rodean el Océano Pacífico, cuyo perímetro es de 40 000 km aproximadamente y se distingue porque en esta parte del planeta se producen el 90% de los sismos del mundo (BBC Mundo) [Ref. 13]. Por lo tanto, el Perú está expuesto a ser afectado por la ocurrencia de terremotos, los mismos que se originan debido a la falla por subducción en el límite de dos placas: Nazca y Sudamericana (Ver Figura 2.5).

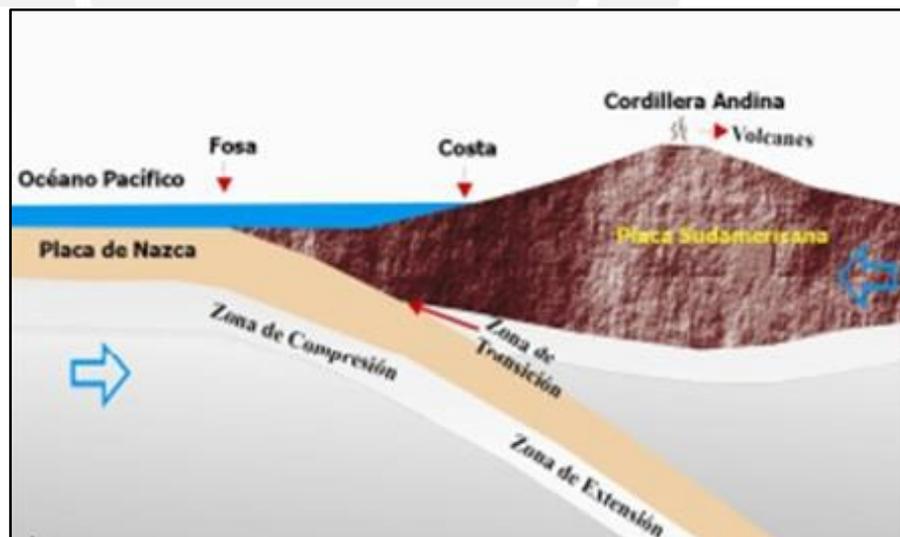


Figura 2.5, Interacción de la placa Nazca con la Sudamericana
Fuente: Instituto Geofísico del Perú

La subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana es lenta y provoca fuertes deformaciones en las rocas al interior de la Tierra, ocasionando la ruptura de éstas. Ellas liberan una gran cantidad de energía acumulada que se propaga en forma de ondas hasta llegar a la superficie de la Tierra. La zona en donde llega mayor cantidad de energía se conoce como Epicentro y su proyección debajo de la Tierra es el Hipocentro.

Si bien es cierto, aún no se logra la predicción exacta de dónde ocurrirán los futuros sismos, pero si es posible identificar las zonas en donde no se ha liberado energía por mucho tiempo, las cuales tienen mayor probabilidad a la ocurrencia de sismos.

La ciudad de Lima lleva mucho tiempo sin registrar un sismo de gran magnitud (desde el año 1974), advirtiendo un periodo de “silencio sísmico”. Por consiguiente, se especula que existe una gran cantidad de energía acumulada que en cualquier momento podría liberarse y originar un terremoto. Esto causa preocupación, pues muchas personas viven en construcciones vulnerables, en donde las consecuencias de un terremoto serían trágicas.

En resumen, el peligro sísmico mide la amenaza natural sobre la cual no es posible intervenir; a diferencia de la vulnerabilidad que puede ser manejada por especialistas en ingeniería. Según la NTE E.060 [Ref. 4], la Costa del Perú es la zona con mayor peligro sísmico y las construcciones antiguas hechas de adobe sin refuerzo son las más vulnerables. Se debe tener en cuenta que en la capital, Lima, también existe una amenaza continua de tsunamis. Los conceptos de riesgo, peligro y vulnerabilidad, se representan en términos probabilísticos; simbólicamente el Riesgo Sísmico puede expresarse de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo Sísmico} = \text{Peligro Sísmico} \times \text{Vulnerabilidad}$$

CAPÍTULO 3: CONCRETO EMPLEADO EN VIVIENDAS DEL SECTOR AUTOCONSTRUCCIÓN

En el Perú, el material más utilizado en el sector construcción es el concreto. Sin embargo, solo el 23% del concreto producido es premezclado y el 77% se realiza en obra (E. Pasquel) [Ref. 5], a este último se le conoce como Concreto Informal, ya que se elabora sin supervisión técnica, empleando materiales de mala calidad y sin cumplir con las normas vigentes de nuestro país.

Según la Norma Técnica de Edificación E.060. [Ref. 4], la resistencia mínima del concreto estructural es 17 Mpa ó 175 kg/cm², pero debido al exceso de agua que emplean en la mezcla, y otros factores a evaluar, el concreto informal produce resistencias menores. Por tal motivo, es de interés realizar un estudio enfocado en las principales actividades de producción, tales como el mezclado, transporte, manipuleo, colocación, compactación y curado.

La presente tesis de investigación toma en cuenta los siguientes aspectos preliminares que influyen en la producción del concreto informal: aspecto socio – económico, técnico y ambiental, los cuáles se describirán a continuación.

3.1. ASPECTO SOCIO – ECONÓMICO

El Perú tiene una población de 31 millones 488 mil 625 personas, según el Jefe del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, Dr. Aníbal Sánchez Aguilar [Ref. 14], con mayor concentración en la ciudad de Lima, la cual es considerada como el mayor foco de atracción poblacional. El desequilibrio económico así como la falta de oportunidades en el interior del país provocan diferencias entre sus regiones generando migraciones internas, este fenómeno desencadenó una alteración en el espacio territorial de Lima. Los principales movimientos provinieron de la sierra, cuyos migrantes se trasladaron, en su mayoría, en los conos del norte, sur y este de Lima. La llegada de los nuevos residentes originó así la apropiación de tierras más conocido como invasiones, que posteriormente se convirtieron en distritos.

Hoy en día, muchos de estos distritos continúan en una etapa de crecimiento y desarrollo, los pobladores con el propósito de tener una vivienda de material noble y que

implique bajos costos, se inclinan por el sistema de la autoconstrucción. Este tipo de obras no cuentan con licencias municipales ni personal capacitado que realice las inspecciones para cada etapa de la edificación. El tiempo total que demanda la autoconstrucción de viviendas depende directamente de los ahorros familiares y del acceso a financiamientos monetarios.

3.1.1. Consumo del Cemento en el Perú

El consumo de cemento es directamente proporcional con la economía del país, un incremento de este consumo implica mayor estabilidad económica. La venta de cemento en el Perú se realiza en bolsas de 42.5 Kg. y a granel. Las principales empresas que lo comercializan son: UNACEM S.A.A., Cementos Pacasmayo S.A.A., Cal & Cemento Sur S.A. y Yura S.A.

El uso del cemento está dividido hasta en cinco tipos: usos en mina, contratistas formales, concreto premezclado, albañilería y acabados; y finalmente concreto informal (Ver figura 3.1).

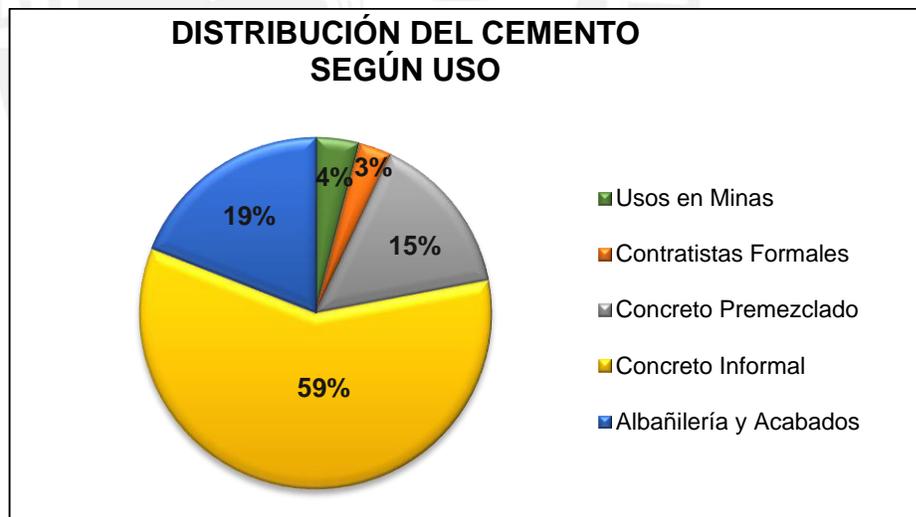


Figura 3.1, Consumo del cemento en el Perú - Año 2011

Fuente: Adaptado de apuntes de clase Curso "Tecnología del Concreto" dictado por el Ing. Enrique Pasquel

La Tabla 3.1, muestra la estadística anual del Perú desde el año 2004 al 2014. En el año 2004, el Perú consumió 4 MM Tm de cemento; en el 2009, 7 MM Tm y en el 2014, 11 MM Tm. Asimismo, en el año 2012, su consumo representó 0.27% del cemento mundial

(ASOCEM) [Ref. 15]. Se concluye que el consumo de cemento entre los años 2004 y 2014, creció 2.75 veces más.

Año	Consumo (Millones de Tm)	Producción (Millones de Tm)	Consumo Per Cápita (Kg por persona)
2004	4,0	5,0	97
2005	4,0	5,0	114
2006	5,0	6,0	185
2007	6,0	6,0	206
2008	7,0	7,0	243
2009	7,0	7,0	249
2010	8,0	8,0	288
2011	9,0	9,0	296
2012	10,0	10,0	338
2013	11,0	11,0	368
2014	11,0	11,0	368

Tabla 3.1, Estadística anual de Perú al 2014
Fuente: Asocem

3.2. ASPECTO TÉCNICO DEL CONCRETO INFORMAL

El método que utilizan para la producción del concreto informal repercute directamente en su calidad, durabilidad y resistencia; también influyen las características de los materiales que lo conforman, como por ejemplo el cemento y agua. A continuación se comenta cómo la cantidad de cemento y agua intervienen en la variabilidad del concreto:

- a) **Cantidad de cemento en la mezcla de concreto:** De acuerdo al estudio realizado, se concluyó que la mayoría de obras utilizan 8 bolsas de cemento por m^3 de concreto, cantidad que se puede reducir tomando como alternativa el correcto empleo del aditivo superplastificante acompañado de un buen diseño de mezcla. El exceso en la proporción del cemento influye en los resultados de resistencia a la compresión.
- b) **Contenido de agua en la mezcla de concreto:** La cantidad de agua con relación a la cantidad de cemento influye en la calidad del concreto endurecido. Un alto

contenido de agua tiene como resultado una resistencia inferior y menor módulo de elasticidad; y por tanto, tiene una mayor tendencia al cambio de volumen debido a la contracción por secado. Para la investigación se realizó un trabajo en campo, que tuvo como finalidad hacer que los maestros de obra agreguen el aditivo superplastificante a la mezcla del concreto, disminuyendo así la cantidad de agua que solían echar. La ventaja fue reducir la retracción; es decir, la contracción y encogimiento generado por la pérdida de agua.

La figura 3.2, muestra que un concreto de alto comportamiento y resistencia a la compresión, puede ser caracterizado por una baja relación agua/cemento, y por lo tanto tener menor tendencia a la contracción por secado.

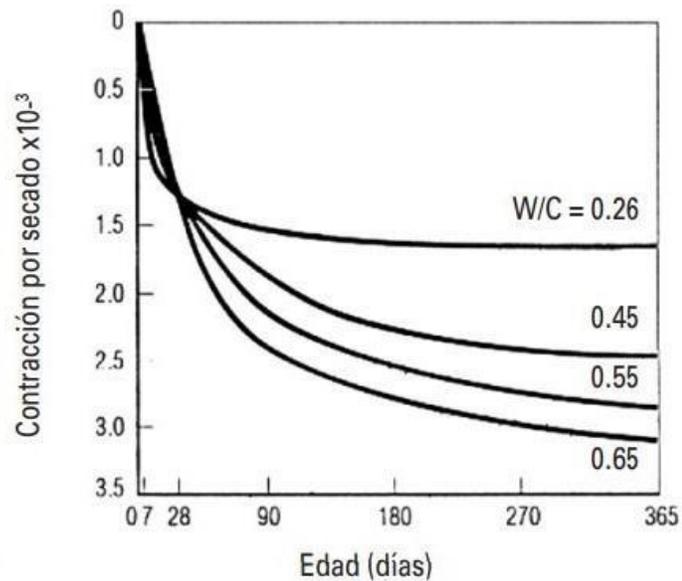


Figura 3.2, Efecto de la relación agua/cemento en la contracción de la pasta de cemento
Fuente: IMCYC

Finalmente, la producción del concreto también puede verse influenciada por la variedad en los tamaños de agregados, ya que éstos pueden modificar los resultados de la resistencia a la compresión, pese a que se tenga una misma relación agua/cemento.

3.3. ASPECTO AMBIENTAL

La industria del cemento es responsable del 5% del total de las emisiones de CO₂ generadas por la sociedad (HORVATH A.) [Ref. 16]. Conforme incrementa el consumo del cemento en el mundo, también lo hará la contaminación. Desde la extracción, manipulación y transporte de la materia prima se emiten partículas de forma difusa al ambiente; sin embargo, las emisiones de la industria cementera son el principal riesgo al medio ambiente, ya que están asociadas a la quema y obtención del Clinker; y éstos emiten contaminantes como dióxido de Azufre (SO₂) y nitrógeno (NO). Actualmente, este efecto está siendo mitigado en otros países con la tendencia del cemento adicionado; sin embargo, en el Perú esto no sucede.

Desde el punto de vista técnico, el concreto tiene mayor posibilidad de sufrir una serie de patologías como fisuras o cangrejas; por otro lado, desde el punto de vista ambiental, el alto consumo de cemento implica mayor producción del mismo aumentando la cantidad de emisiones de CO₂ a la atmósfera siendo un peligro para la salud de las personas y una amenaza ambiental.

CAPITULO 4: VISITAS PRELIMINARES AL TRABAJO DE CAMPO

Hoy en día existen ciudades localizadas en las periferias de Lima, donde la habilitación urbana no es planificada ni organizada. Asimismo, el sistema con el que se construye no es el adecuado para lograr el modelo estándar de vivienda.

Como parte de la investigación se realizaron visitas de campo preliminares en los distritos de Chorrillos, San Martín de Porres y Ate Vitarte, con el objetivo de identificar los principales factores que influyen en la vulnerabilidad de la vivienda, tales como el suelo sobre el que se edifica, el déficit en la calidad de los materiales utilizados, el diseño geométrico y estructural, y el proceso constructivo.

4.1. ASPECTOS QUE AFECTAN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

De acuerdo a lo observado en los tres distritos, la mayoría de viviendas fueron edificadas a través de la autoconstrucción; y se caracterizan por no cumplir con las normas sismorresistentes y están expuestas a derrumbes o desplome de sus paredes.

En este capítulo se desarrollarán los aspectos que afectan la vulnerabilidad sísmica de la vivienda, éstos han sido clasificados tomando en cuenta tres características: **ubicación (tipo de suelo), diseño geométrico y estructural, y calidad de los materiales utilizados.**

4.1.1. Ubicación de la Vivienda

El ingeniero Julio Kuroiwa afirma lo siguiente: *“Lima ha crecido explosivamente ocupando terrenos con peligro natural alto, como cerros en pendiente cubiertos de arena eólica suelta. Resultado: viviendas con niveles de riesgo altos para cientos de miles de familias que residen en los asentamientos humanos”* [Ref. 10].

En general, las viviendas informales no toman en cuenta la ubicación del terreno sobre el cual se va a construir, lo cual implica futuros problemas pues, sus cimientos están sobre suelos no aptos para soportar grandes cargas. Por lo tanto, se debe tener en consideración las condiciones físicas del sitio: características del suelo, la topografía y geología del lugar.

Las características del suelo no son iguales para todos los distritos de la provincia Limeña. Existen zonas en donde el suelo no es apto para construir; ya sea porque el terreno está formado por depósitos de arenas eólicas de gran espesor o conformado por depósitos de rellenos sueltos de desmontes heterogéneos que han sido colocados en depresiones naturales o excavaciones realizadas en el pasado (Ver figura 4.1).

La figura 4.1 también señala el porcentaje de viviendas en riesgo sísmico. Entre los distritos más propensos se encuentran: Villa El Salvador, 88%; Puente Piedra, 45% y San Juan de Lurigancho al igual que Chorrillos, 43%.

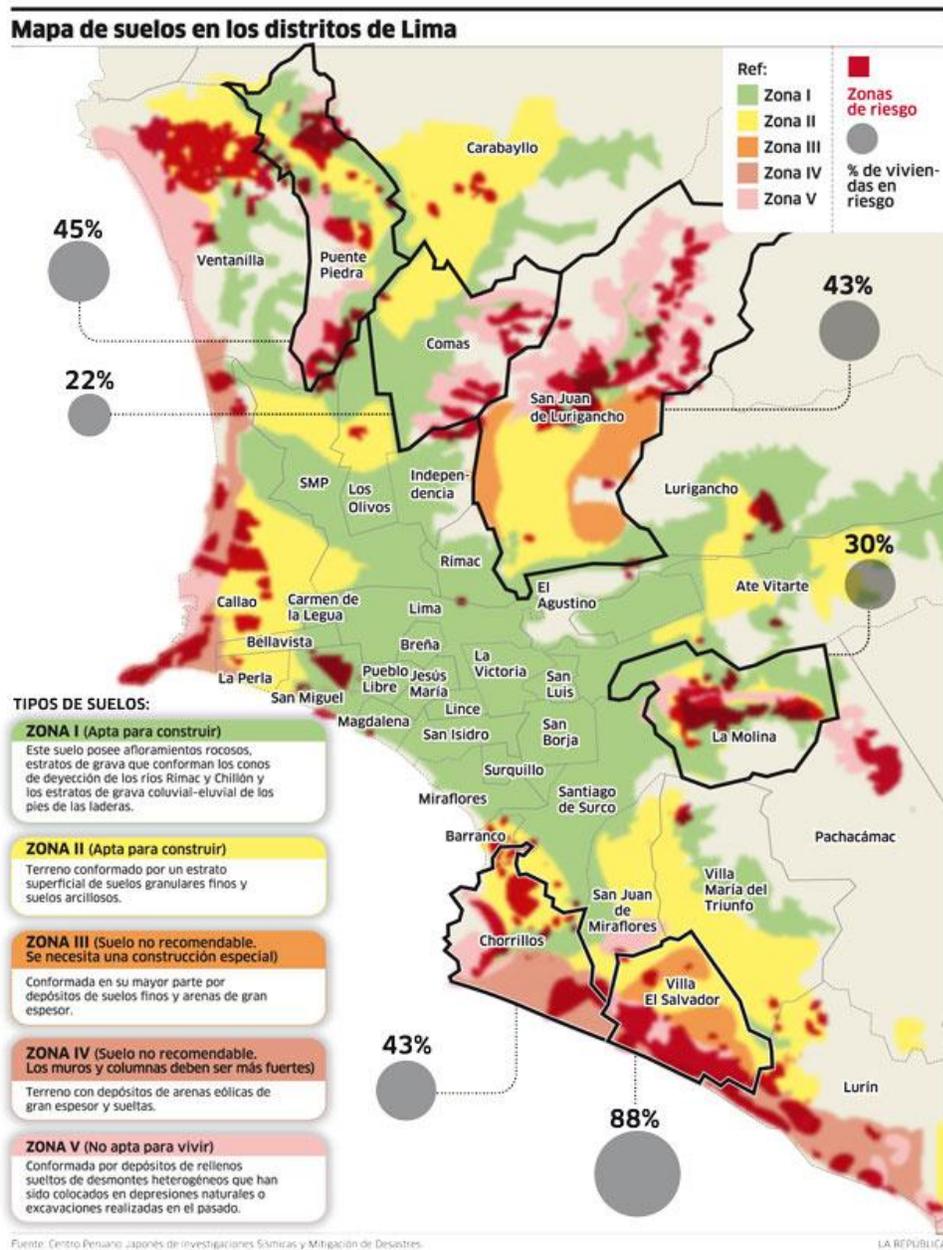


Figura 4.1, Mapa de suelos en los distritos de Lima
Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID

Kuroiwa sostiene que en el cono Sur de Lima, el efecto eólico produce suelos de arena suelta o suelos blandos de alto espesor y volumen, esto debido a su cercanía al mar; por ejemplo, en el distrito de Villa María del Triunfo existe gran cantidad de arena suelta, que amplifica las ondas sísmicas provocando altas intensidades frente a un sismo. A diferencia del cono Norte, que se espera suceda lo contrario [Ref. 10].

Tomando en cuenta la bibliografía descrita, se comprobó dicha información con las visitas realizadas a los tres distritos ya nombrados (Chorrillos, San Martín de Porres y Ate Vitarte), en donde se observaron casas edificadas sobre suelos no consolidados, sobre rellenos de nivel o sobre pendientes. Por ejemplo, en el AA.HH. San Genaro, localizado en la zona sur del distrito de Chorrillos, presenta una topografía accidentada debido a las laderas del cerro en el cual está ubicado. Por lo general, las viviendas son de material noble o de madera, como se muestran en las figuras 4.2 y 4.3; y se podría deducir que están expuestas a posibles deslizamientos y a derrumbamientos en caso de sismos debido al terreno sobre el cual están cimentadas.

Particularmente, en la figura 4.3 se distingue un área sujeta a caídas de piedras, las cuales pueden ceder y afectar a las viviendas ubicadas en la parte inferior; en ese sentido, estas casas son susceptibles a sufrir asentamientos diferenciales que pueden producir fisuras y grietas en su estructura. Además, los muros de estas edificaciones deben soportar el empuje lateral del terreno, incrementando los esfuerzos en las construcciones porque no están diseñadas para actuar bajo este efecto.



Figura 4.2, Conjunto de edificaciones construidas sobre suelo inestable.



Figura 4.3, Viviendas construidas en laderas, adecuándose al relieve y sin considerar la calidad del suelo.

4.1.2. Diseño Geométrico y Estructural

En el recorrido realizado, se observó que las edificaciones no cumplen con las condiciones mínimas establecidas por la Norma Sismorresistente NTE 0.30 (no existe un plano estructural), para que tengan un comportamiento sísmico que no genere graves daños estructurales.

Con respecto a la geometría de las viviendas observadas, se puede decir que la mayoría no presenta formas simples, regulares y simétricas; perjudicando a la estructura para que ésta sufra fallas por torsión. Además, se hallaron edificaciones livianas (de pocos pisos) y también de grandes masas como se observa en la figura 4.4 (vivienda de cuatro pisos ubicada en el distrito de San Martín de Porres). Las edificaciones de varios pisos soportarán mayores fuerzas frente a un sismo, y más aún cuando su geometría es irregular en el plano horizontal como vertical.



Figura 4.4, Vivienda de gran peso con alta probabilidad de ser sacudida bruscamente por un sismo.

Por otro lado, en las visitas preliminares se percibió que las viviendas de autoconstrucción poseen estructuras que por lo general son flexibles, ocasionando que sus elementos se deformen por la baja rigidez que tienen. Por tal motivo, se recomienda que las edificaciones logren una estructura simétrica, continua y sólida, para que puedan soportar las vibraciones de un terremoto sin causar graves daños o el colapso de la vivienda.

En la figura 4.5, se muestra una columna compuesta por concreto y albañilería, cuyo resultado será el colapso del elemento ya que no cumple con las especificaciones mínimas de diseño y construcción, siendo una columna frágil incapaz de soportar grandes distorsiones.



Figura 4.5, Columna de concreto y ladrillo

4.1.3. Calidad de los Materiales

En el Perú no se fiscaliza ni supervisa las construcciones, fomentando la informalidad. Las construcciones ubicadas en los conos de Lima no acostumbran consumir concreto industrializado, sino el concreto hecho en obra. Muchas veces las personas por ahorrarse algunas monedas deciden comprar materiales de calidad dudosa (frágiles, poco resistentes, etc.) que afectan la durabilidad y resistencia de la estructura.

Los principales materiales que se emplean para la edificación de una vivienda son: cemento, agregados, acero y unidades de mampostería (ladrillos). Para garantizar la resistencia del concreto hecho en obra se debe utilizar materias primas de calidad y que no estén contaminadas. Por tal motivo, el cemento debe estar en su empaque original y correctamente almacenado; y los agregados deben estar limpios, sin mezclarse con materia orgánica.

Un problema común en las viviendas observadas en los tres distritos visitados, fueron las cangrejeras (ver figura 4.6); que según el código ACI 116R-00 [Ref. 17], son espacios vacíos que quedan en el concreto debido a que no se llena completamente los espacios entre las partículas del agregado grueso. Su aparición se debe a diversas causas, entre las más comunes está la inadecuada colocación del concreto fresco en los elementos estructurales y la defectuosa compactación del concreto en su estado fresco.



Figura 4.6, Formación de cangrejeras (Construcción defectuosa)



Figura 4.7, Hilera de ladrillos sobre viga solera

En la misma vivienda que presenta el problema de cangrejeras también se puede notar otra deficiencia, que es la unión muro – losa, tal como lo muestra la figura 4.7, en donde se advierte la construcción de dos vigas soleras, una encima de otra, separadas por una hilera de ladrillos. Es posible que en esta edificación no exista una evaluación de la estructura antigua, que cerciore que ésta puede soportar el peso adicional de otro piso.

Para el caso de los muros, los propietarios prefieren construir con albañilería confinada compuesta por ladrillos de arcilla, columnas de amarre, vigas soleras y otros; este tipo de construcción tiende a fallar por corte, por esta razón es importante realizar el análisis sísmico de las viviendas y el análisis de estabilidad de los muros frente a solicitaciones externas.

Las obras de autoconstrucción se caracterizan por usar ladrillos pandereta en todos sus muros portantes (ver figura 4.8), lo cual no está permitido, ya que son muy frágiles y no brindan la rigidez ni resistencia necesaria a la edificación; por lo que deberían ser empleados sólo en los muros de tabiquería, que son diseñados y construidos para

soportar las cargas provenientes de su propio peso, pero no el peso de la estructura ni las fuerzas laterales de los sismos. Se recomienda utilizar unidades de albañilería que sean solidas o macizas como los ladrillos King Kong de 18 huecos.



Figura 4.8, Uso incorrecto del ladrillo pandereta

Los muros estructurales de una vivienda le brindan estabilidad. Si éstos presentan agrietamiento o rajaduras importantes deben ser consultados a un profesional de la construcción, pues es posible que frente a un sismo la edificación quede en peligro.

Para el Ingeniero Blondet, Las grietas o rajaduras en los muros pueden tener varias causas, como el uso de materiales de mala calidad, la construcción defectuosa, la estructura deficiente, con pocos muros confinados en las dos direcciones, o la cimentación no adecuada en suelos blandos o sueltos [Ref. 18].

Según encuestas realizadas a diferentes ferreterías ubicadas en el distrito de Chorrillos, se confirmó que un gran porcentaje de pobladores optan por usar ladrillos artesanales para la construcción de sus viviendas. Usualmente, estos ladrillos presentan defectos en sus dimensiones, composición del material y alabeo en su geometría; a pesar de ello, las personas los compran pues creen que son más resistentes que los ladrillos industriales; otra razón importante que influye en su compra es la economía, ya que éstos tienen un menor costo en el mercado (Ver figura 4.9).



Figura 4.9, Ladrillo artesanal - diferente grado de cocción

CAPÍTULO 5. TRABAJO DE CAMPO EN OBRAS DE AUTOCONSTRUCCIÓN

5.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El trabajo de campo se realizó en doce obras de autoconstrucción, considerando a los distritos de Chorrillos y Ate Vitarte como zonas principales, entre los meses de junio del 2014 y febrero del 2015. Como materia de estudio se eligió el concreto empleado en las losas aligeradas de viviendas. Asimismo, se consideró como alternativa propuesta el empleo del aditivo superplastificante.

La metodología empleada para la realización de éste estudio fue la siguiente:

Del total del concreto producido en cada obra de autoconstrucción, el 5% se realizó sin aditivo y al 95% del concreto restante se le adicionó aditivo superplastificante en la mezcla. Para ambos casos se realizaron ensayos en el concreto en estado fresco (asentamiento del concreto con el cono de Abrams), además se elaboraron doce probetas de concreto (seis sin aditivo y seis con aditivo), para luego efectuar el ensayo de esfuerzo a compresión en cada muestra cilíndrica de concreto.

Cabe resaltar que el objetivo de emplear el aditivo superplastificante fue reducir la cantidad de agua utilizada en la mezcla, que usualmente suele ser excesiva la cantidad

que manejan los maestros de obra. Esta incorporación del aditivo se hizo sin variar el diseño de mezcla original de los maestros de obra; por el contrario, el maquinista percibió por sí mismo la necesidad de bajar la cantidad de agua ya que el concreto era muy fluido.

Los resultados del presente estudio están sujetos a diversos factores que son comunes en estos tipos de obras; tales como el proceso constructivo del maestro, calidad y cantidad de materiales usados por tanda, la temperatura ambiental, etc., lo cual hacen que las condiciones de vaciado sean disímiles en cada caso.

5.1.1. Parámetros de Estudio

En definitiva, la informalidad en el sector construcción tiene muchas aristas de análisis e investigación lo cual abarcaría una amplia cantidad de variables. Para desarrollar la metodología del trabajo en campo se contemplaron como principales parámetros de estudio los siguientes:

- a) **Concreto**, a diferencia de los demás materiales que son producidos en fábrica (como el ladrillo, acero y cemento), es el único material compuesto que puede producirse en obra. En el Perú, la inserción del concreto premezclado todavía es baja, aunque ha demostrado una tendencia creciente a través de los años.
- b) **Losa aligerada**, es el elemento estructural más costoso y de mayor volumen. En gran parte de las viviendas de autoconstrucción, el vaciado de la losa de techo significa para las familias un día de fiesta, pues cumplirán uno de sus sueños debido al esfuerzo e inversión que realizan los propietarios para su construcción. Desde el punto de vista técnico, es también el elemento estructural que recibirá las cargas muertas, vivas y de sismos para transferirlas a las vigas, éstas a las columnas y finalmente todas ellas al suelo. El vaciado de la Losa Aligerada es ejecutada por maestros constructores en un solo día.
- c) **Resistencia a la compresión**, a pesar que este valor depende de cada diseñador, las resistencias características usadas comúnmente para una vivienda construida en la ciudad de Lima son: 175 y 210 kg/cm² [Ref. 4].

- d) Ubicación de obras**, se eligió el distrito de Chorrillos como zona principal, debido a la mayor accesibilidad en cuanto a logística se trata.
- e) Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango**. Se usó el aditivo CHEMAMENT 400 de la marca CHEMA. Se empleó 425ml por bolsa de cemento como dosificación promedio, esta cantidad se obtuvo a partir de las indicaciones que muestra la ficha técnica del producto (10 cc/kg Cemento). Se tuvo como regla fundamental, no modificar el diseño de mezcla de los maestros de obra.

5.2. ETAPAS DEL TRABAJO EN CAMPO

El trabajo de campo se describe en tres etapas:

5.2.1. Antes del Vaciado del Concreto

Se realiza la búsqueda de construcciones destinadas a ser viviendas, en donde se planea realizar un pronto vaciado de losa de techo. Éstas se identifican por el encofrado y frisos observados en la fachada de la vivienda; y en algunos casos por la mezcladora y winche ya instalados. Este trabajo debe estar a cargo solo de maestros de obra. En las figuras 5.2 y 5.3, se observan las condiciones que deben tener las obras antes del vaciado de losa.



Figura 5.2, Encofrado de losa de techo
Obra 3



Figura 5.3, Armado de losa de techo
Obra 2

Una vez encontrada la obra se inicia la interacción con los propietarios y maestros de obra de la vivienda, en donde se les explica la finalidad de la investigación, basándose en la hipótesis de la investigación. La reacción de los interesados es variable, puesto que algunos son categóricos en decir “No” y otros muestran interés en el proyecto. A los interesados que permiten realizar la investigación se les solicita permiso para regresar el día del vaciado y trabajar como parte del equipo.

Previo al inicio del vaciado del concreto se realiza un Check List (en total se realizaron doce y se encuentran anexados a la presente investigación), al maestro de obra como primer paso del trabajo de campo. El Check List es una herramienta que ayudó a recopilar datos importantes del proceso constructivo; algunas de las preguntas que se formularon en el documento fueron: la cantidad de materiales comprados, la procedencia de los mismos, el tipo de compactación, tiempo de curado del concreto, tiempo de desencofrado, etc.

En las figuras 5.4 y 5.5, se puede apreciar la entrevista, encuesta y explicación que se hace al maestro de obra acerca de la investigación. Este momento es significativo dado que desarrolla confianza con el maestro de obra, de tal manera que el trabajo se torne más sencillo y se obtengan los resultados deseados.



Figura 5.4, Check List - Obra 11



Figura 5.5, Check List - Obra 9

La información recopilada se dividió en tres tablas (5.2, 5.3 y 5.4), las cuales se muestran a continuación:

Nº Obra	Ubicación	Fecha de Vaciado	Maestro de Obra	Nivel del Techo	Metrado (m ²)
1	Urb. San Francisco de Asís - Ate Vitarte	13/06/2014	Peñaflor Cervantes	3er piso	280
2	Calle Los Eucaliptos - Chorrillos	24/06/2014	Néstor Ramos	1er piso	80
3	Asoc. Villa Nicolasa - Chorrillos	05/07/2014	Esteban Alvites	2do piso	120
4	Asoc. Villa Nicolasa - Chorrillos	22/08/2014	Julio Ninapaytan	1er piso	92
5	Av. Santa Anita - Chorrillos	14/09/2014	Dany Balbuera	3er piso	70
6	Urb. Alameda Sur - Chorrillos	15/09/2014	David Edgar Marcos	3er piso	176
7	Asoc. Marqués de Corpac - Chorrillos	16/09/2014	Rolando Peralta	3er piso	180
8	La Española - Chorrillos	16/09/2014	Dionisio Díaz	2do piso	66
9	Urb. Monte Carmelo - Chorrillos	17/02/2015	Rolando Peralta	2do piso	110
10	Av. Los Horizontes - Chorrillos	18/02/2015	Willian Sierra	1er piso	65
11	Calle Cabo Blanco - Chorrillos	21/02/2015	Luis Briones	3er piso	70
12	Urb. Bello Horizonte - Chorrillos	21/02/2015	Luis Alberto Obregón	1er piso	95

Tabla 5.2, Información de las viviendas estudiadas (ubicación, metrado de techo, etc.)

Nº Obra	F'c * (kg/cm ²)	Ferretería **	Cantera ***	Tipo de Cemento	Nº Bolsas de Cemento	Arena Gruesa (m ³)	Piedra Chancada (m ³)
1	175	Desconoce	Desconoce	Quisqueya Tipo I	270	32	28
2	175	"Freddy"	Arena = "Carapongo" Piedra = "La Molina"	Quisqueya Tipo I	85	9	7
3	---	Desconoce	Desconoce	Andino Tipo I	110	16	8
4	210	"Freddy"	"La Molina"	Sol Tipo I	100	10	8
5	---	"Sara Sara"	Desconoce	Andino Tipo I	60	5	6
6	220	"Porras"	Desconoce	Sol Tipo I	150	20	20
7	210	"Miguel"	Desconoce	Sol Tipo I	170	15	14
8	---	"Porras"	Desconoce	Sol Tipo I	80	8	8
9	210	"Freddy"	Desconoce	Sol Tipo I	100	10	8
10	---	"Cabrera"	Desconoce	Sol Tipo I	70	6	4
11	---	"Porras"	Desconoce	Sol Tipo I	60	8	6
12	210	Desconoce	Desconoce	Sol Tipo I	100	10	10

Tabla 5.3, Resistencia y cantidad de materiales para el total de m² de techo

- F'c *, según lo indicado por el maestro de obra.
- Ferretería **, lugar dónde se compraron los materiales necesarios para la construcción del techo.
- Cantera ***, respuesta de los maestros de obra acerca del lugar de dónde provienen los agregados que se compraron en la ferretería.

Nº Obra	Tiempo de almacenamiento de los materiales	Tipo de Compactación	Tiempo de Curado	Tiempo de Desencofrado
1	1 día	Vibrador Eléctrico	7 días	15 días
2	1 día	Varilla Corrugada	1 día	15 días
3	1 día	Vibrador Eléctrico	7 días	30 días
4	1 día	Varilla Corrugada	1 día	15 días
5	1 día	Varilla Corrugada	1 días	12 días
6	1 día	Vibrador Eléctrico	2 días	15 días
7	1 día	Varilla Corrugada	14 días	21 días
8	1 día	Varilla Corrugada	7 días	15 días
9	1 día	Varilla Corrugada	No se cura	15 días
10	1 día	Varilla Corrugada	No se cura	15 días
11	1 día	Varilla Corrugada	1 día	10 días
12	1 día	Varilla Corrugada	7 días	15 días

Tabla 5.4, Compactación y tiempo de curado

La ventaja del Check List es sistematizar ciertos procesos que se repitieron en todas las obras visitadas, de esta manera todas las tareas que se debían cumplir como parte del trabajo en campo quedaron efectuadas de manera correcta y sin dejar pendientes.

El formato del Check List se muestra en la Tabla 5.5, dicho documento se utilizó en todas las obras visitadas.

 CHECK LIST - CONSTRUCCIÓN INFORMAL			
Distrito		Fecha de Vaciado	
Maestro Constructor		En qué piso se vaciará	
N° Obra		Área Techada	
Item	Cuestionario	Descripción	Observaciones
1	Resistencia Característica (Kg/cm ²)		
2	Cantidad total de agregado fino (Arena gruesa)		
3	Cantidad total de agregado grueso (Piedra chancada)		
4	Cantidad total de bolsas de cemento a utilizar		
5	Ferretería en donde se compraron los materiales		
6	Procedencia de los agregados (Cantera)		
7	Tiempo de almacenamiento de los materiales antes que inicie el vaciado		
8	Tamaño de agregado grueso		
9	Procedencia de los agregados (Cantera)		
10	Tiempo de almacenamiento de los materiales antes que inicie el vaciado		
11	Tamaño de agregado grueso		
12	Procedencia del agua que se utilizará en la mezcla		
13	Marca y tipo del cemento		
14	N° de carretillas de arena por cada tanda		
15	N° de lampadas de arena que entra en 1 carretilla (Inicialmente)		
16	N° de lampadas de arena que entra en 1 carretilla (Después de un tiempo transcurrido)		
17	N° de bolsas de cemento por cada tanda		
18	Cantidad de agua en cada tanda		
19	Cantidad de aditivo Chemament 400 en cada tanda		
20	Capacidad de Mezcladora		
21	N° de revoluciones por minuto		
22	Tiempo del mezclado por tanda		
23	Presencia de Exudación		
24	Slump del concreto sin aditivo		
25	Slump del concreto con aditivo		
26	Tipo de Compactación		
27	Tiempo de Curado		
28	Tiempo de Desencofrado de la Losa de Techo		
29	El aditivo mejoró la trabajabilidad del concreto?		
30	Volvería a trabajar con el aditivo?		

Tabla 5.5, Check List

El día del vaciado, se llegaba a la obra con todas las herramientas necesarias para realizar los ensayos en campo, las cual son propias de las tesis, a excepción de los moldes de plástico que estuvieron en calidad de préstamo. Los instrumentos que se utilizaron para el muestreo del concreto fresco son:

- Buggy
- Cono de Abrams
- Plancha metálica
- Varilla lisa de 5/8"
- Martillo de Goma
- Regla de Enrasado
- Cucharón metálico
- Wincha
- Moldes de plástico
- Equipos de Protección Personal (EPPs)



Figura 5.6, Equipos de Protección Personal (EPPs)



Figura 5.7, Herramientas utilizadas en los ensayos de campo

La etapa previa al vaciado del concreto culmina con la inspección manual y visual de la piedra y arena de cada obra. Las muestras de agregados (aproximadamente 40 kg por cada tipo de agregado) se recogen para estudiar sus propiedades físicas en el laboratorio. Asimismo, en esta primera etapa del trabajo en campo se tuvo que trasladar

los instrumentos de ensayo y las probetas de concreto hacia la obra para poder tomar las muestras requeridas.



Figura 5.8, Agregado Fino notoriamente húmedo



Figura 5.9, Agregado Grueso con presencia de material fino

5.2.2. Durante el Vaciado del Concreto

En esta fase, se observa y registra la cantidad de piedra, arena y agua que los maestros de obra utilizan por bolsa de cemento en diferentes tandas (cada tanda está diseñada para una bolsa de cemento), para luego obtener un promedio de las lampadas usadas por tanda; luego se anota las revoluciones por minuto de la mezcladora y el tiempo de mezclado por tanda. Como registros, son la prueba de Slump y el moldeo de probetas de concreto con y sin aditivo.

- a) **Concreto sin aditivo:** Las cinco primeras tandas son sin aditivo. Inicialmente, al recoger la muestra de concreto (figura 5.10), se tuvo que esperar hasta que los maestros de obra lleguen a tandas constantes para que el concreto sea homogéneo y representativo; específicamente es en la quinta tanda que se toma la muestra requerida. Después de que el buggy se llene con la mezcla de concreto, se espera unos minutos para observar la exudación del mismo, que se origina como consecuencia de la sedimentación de los sólidos y una alta relación agua/cemento. Todas las obras presentaron exudación moderada a alta medida de forma visual.



Figura 5.10, Concreto sin aditivo - Obra 4



Figura 5.11, Concreto con aditivo - Obra 4

- b) **Concreto con aditivo:** Según la ficha técnica del producto, se recomienda una dosis de aplicación de 6.5 a 16 cc/Kg de cemento para obtener un Slump de 8 a 11plg. Por lo tanto, con los datos anteriores se decidió realizar una dosis de 10 cc/Kg:

$$\text{Peso de 1 bolsa de cemento} = 42.5 \text{ Kg}$$

$$\text{Cantidad Aditivo} = 42.5 \text{ Kg} \times 10 \text{ cc/Kg}$$

$$\text{Cantidad Aditivo} = 425\text{ml/Bolsa de Cemento}$$



Figura 5.12, Exudación en concreto sin aditivo - Obra 5



Figura 5.13, Exudación en concreto con aditivo - Obra 5

Para ambas etapas, se realiza el ensayo de Asentamiento del Concreto Fresco con el Cono de Abrams (Norma 339.035 - ASTM C143). El objetivo de este ensayo es determinar el asentamiento del concreto fresco.

A continuación, se muestra por medio de fotografías el **Slump del concreto informal sin aditivo** de algunas de las obras estudiadas:



Figura 5.14, Asentamiento Original. Se observa un concreto bastante cohesivo y homogéneo a pesar de tener un Slump = 8"



Figura 5.15, Asentamiento por derrumbamiento. Se observa un concreto muy fluido. Slump = 8 1/2"



Figura 5.16, Concreto muy fluido de Slump = 8 1/2", aún mantiene la circunferencia; por lo tanto, no es derrumbamiento

Además, se muestra por medio de fotografías el **Slump del concreto informal con aditivo**, de algunas obras estudiadas:

Se observa que en las figuras del 5.17 al 5.19, el concreto presenta una alta fluidez, y la circunferencia de la caída del concreto se mantiene, pese a que los Slump son bien altos.



Figura 5.17, Concreto con alta fluidez - Slump = 9"



Figura 5.18, Slump = 8 1/2"



Figura 5.19, Slump = 9"

Luego de realizar el ensayo de asentamiento en cada una de las obras, se procedió a realizar el ensayo de Contenido de Aire en el concreto fresco (Método Presión NTP 339.083 – ASTM C 231), pero éste solo se realizó una vez en la Obra 1, debido a la dificultad que se tenía para solicitar el préstamo del equipo. Generalmente el aire ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla; esto depende de las proporciones y características físicas de los agregados y del método de compactación.

Para evaluar la resistencia del concreto en el techo recién vaciado, se elaboraron doce probetas cilíndricas en obra (seis sin aditivo y seis con aditivo) bajo la norma NTP 339.033 – ASTM C31.



Figura 5.20, Elaboración de probetas sin aditivo

Las probetas realizadas se dejan en un lugar aislado y seguro de la vivienda por 24 horas, protegiéndolas del sol y la lluvia.



Figura 5.21, Almacenamiento de probetas de concreto

5.2.3. Después del Vaciado del Concreto

Después de 24 horas, se regresa a la vivienda para la observación del acabado del concreto en la losa de techo y verificación del curado de la misma; generalmente los días de curado son muy variados para cada obra, éstos están en un rango entre 1 a 7 días. En dicha visita se aprovecha para recoger las doce probetas de concreto realizadas el día anterior. Luego éstas son desencofradas y llevadas al laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú, para su respectivo curado y rotura.



Figura 5.22, Desencofrado de probetas de concreto Fresco



Figura 5.23, Traslado de Probetas al laboratorio

Se realizaron ensayos de compresión en probetas estándar de concreto a los 3, 7 y 28 días, bajo la norma de ensayo NTP 339.034 – ASTM C39. En las figura 5.25, se puede apreciar el tipo de falla de ambas probetas, la del lado izquierdo presenta falla Tipo 5 (fractura de lado en las base inferior) y la del lado derecho, falla Tipo 6 (fractura con terminal del cilindro puntiagudo) – ver figura 5.26, modelos de fractura típicos.



Figura 5.24, Rotura de Probeta



Figura 5.25, Fallas de rotura

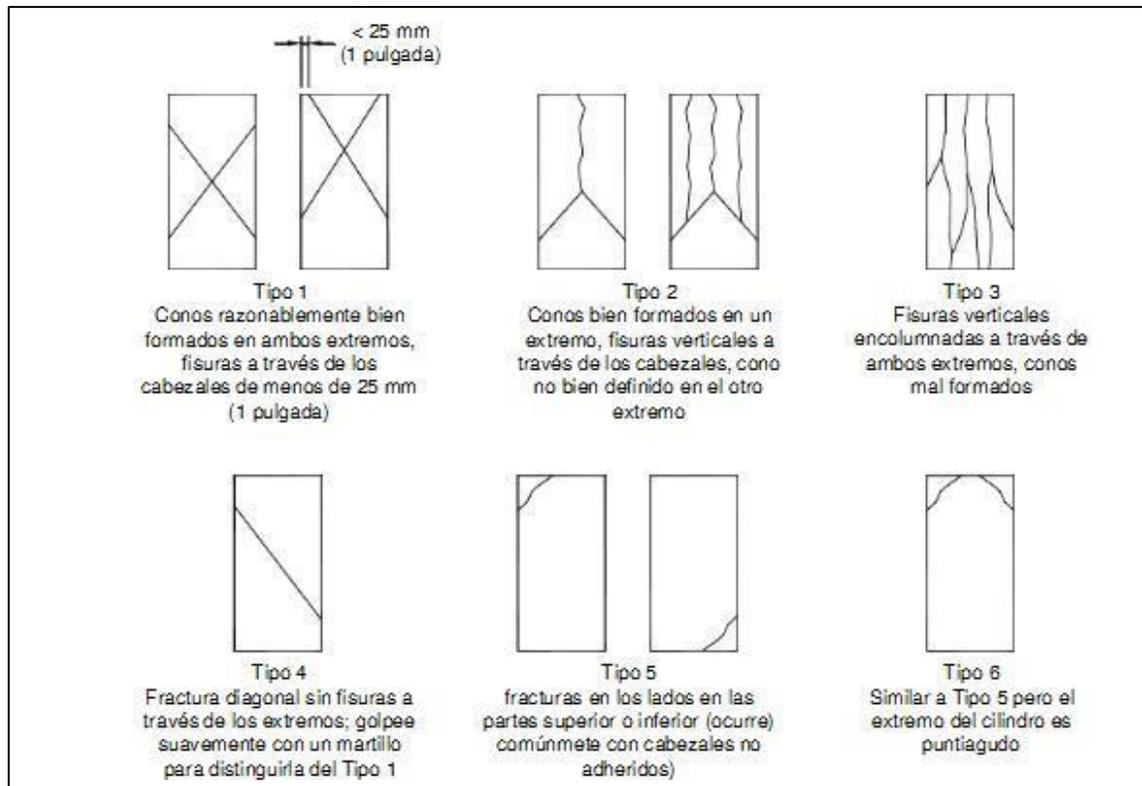


Figura 5.26, Esquema de los modelos de fractura típicos

Fuente: Adaptación Norma ASTM C 39

Los ensayos de las propiedades físicas de los agregados se realizaron en el laboratorio de la empresa Chema luego de la evaluación del concreto ya que son muestras tomadas el día del vaciado del concreto.



Figura 5.27, Ensayo de Peso Unitario

CAPÍTULO 6: MATERIALES EMPLEADOS EN EL TRABAJO DE CAMPO

6.1. CEMENTO

Los cementos de mayor salida en el mercado Limeño son: Cemento Andino Tipo I y Cemento Sol Tipo I, éstos pertenecen a las empresas Cemento Andino S.A. y Cementos Lima S.A.A. respectivamente. Unidos formaron UNACEM (Unión Andina de Cementos). De acuerdo al estudio realizado en obras informales, se percibió que en las doce construcciones estudiadas se usó el mismo tipo de cemento, Tipo I y la marca más utilizada fue Cemento Sol. Este análisis se aprecia en la figura 6.1.

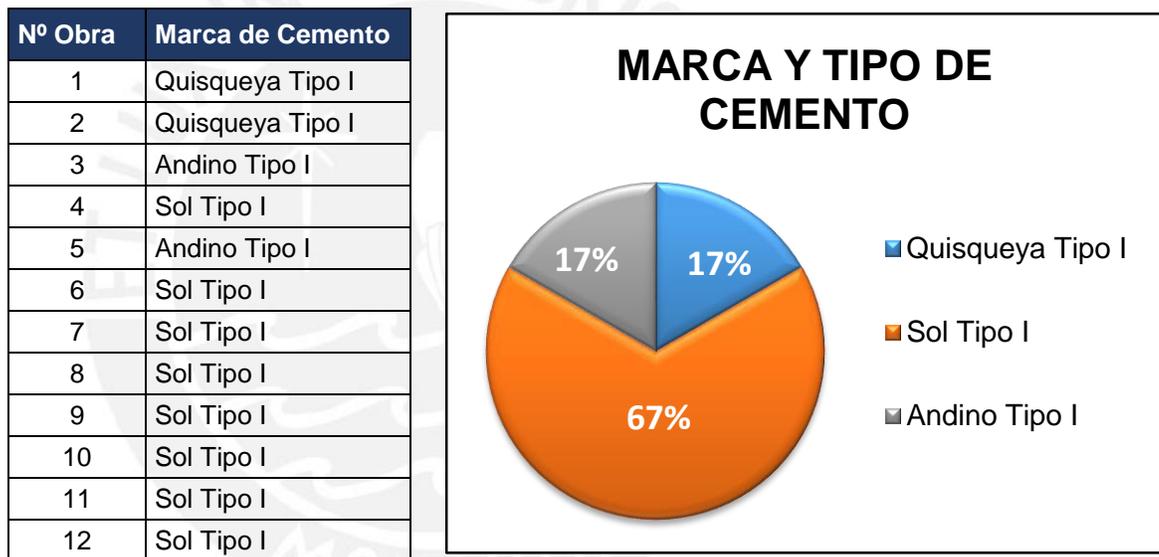


Figura 6.1, Estudio realizado en obras informales – Check List

En la mayoría de obras visitadas se observó el cuidado que tenían con las bolsas de cemento. Por lo general, estas llegaban a obra el mismo día del vaciado, por ello no se encontraban expuestas al ambiente durante mucho tiempo. Por otro lado, las bolsas de cemento se colocaban en pilas inferiores a 14 sacos, lo cual era correcto. Según el Ingeniero Sergio Aragón (ICCYC), debe evitarse superponer más de 14 sacos para un periodo de almacenamiento menor a 60 días; y si el periodo es mayor, no se debe superponer más de 7 sacos de cemento [Ref. 19].

Fotos del Almacenamiento del Cemento en las Obras Estudiadas:



Figura 6.2, Obra 6 - Alameda Sur



Figura 6.3, Obra 9 - Monte Carmelo

En ambas obras mostradas en las figuras 6.2 y 6.3, se trataron de almacenar las bolsas de cemento sobre una base plana y lisa, pero no todas fueron iguales, otras acomodaban las bolsas sobre el terreno arenoso en donde estaban los agregados. Además, se observa que la cantidad de bolsas apiladas cumplen con lo referenciado en el *Manual de Elaboración de Concreto en Obra (ICCYC)*, menor a 14 sacos de cemento.

6.2. AGREGADOS

En la mayoría de construcciones que se realizan en los conos de Lima, los maestros de obra no exigen a los proveedores de agregados controlar la calidad de los materiales

(piedra y arena), tampoco lo realizan ellos mismos. Sólo se controla la calidad en los agregados para la industria del premezclado y en las obras grandes cuya magnitud permite incluir el costo de hacerlo.

Para reducir el costo del traslado de agregados, generalmente se extrae el material cerca de donde se produce el mayor consumo, éstos se venden a granel en volquetes. Algunas de las canteras de agregados que se tienen en Lima son las siguientes:

- En el Cono Norte: Trapiche, Los Primos.
- En el Cono Sur: Lurín, Tocto.
- Al Centro: La Molina, Manchay, Jicamarca, La Gloria.

Se debe recalcar que para la presente investigación, los maestros y propietarios no tenían conocimiento de la procedencia de los agregados, tal afirmación se puede mostrar en el Check List anexo.

6.2.1. Agregado Fino

En las obras investigadas se pudo visualizar diferentes estados de humedad en el agregado fino; así mismo, el porcentaje de humedad que se obtiene del ensayo de Humedad (norma NTP 339.185.2002) resulta ser una variable importante, ya que de ésta depende la cantidad de agua que aporta a la mezcla el agregado fino. Por ejemplo, para las obras 1 y 2, se puede desprender que la arena gruesa absorbió gran parte del agua de mezcla para poder saturarse; sin embargo, la obra 3, absorbió muy poca agua de mezcla para saturarse, debido a que la arena se encontraba saturada.

Imágenes del Agregado Fino en las Obras mencionadas:



Figura 6.4, Obra 1 - San Francisco de Asís



Figura 6.5, Obra 2 - Los Eucaliptos



Figura 6.6, Obra 3 - Villa Nicolasa I

6.2.2. Agregado Grueso

En la secuencia de fotografías, se pueden apreciar tamaños máximos nominales de agregado que oscilan desde $1\frac{1}{2}$ " hasta 1", los cuales pertenecen al HUSO 5, así como porcentajes de humedad distintos para cada una de las obras (entre seco y húmedo), ver anexos. Por otro lado, en la figura 5.7 se observa que el agregado de la Obra 1 presenta gran cantidad de arena, sin embargo, cada obra es amplia y estos factores afectan directamente la resistencia del concreto a preparar. Recordar que no es correcto

tener una piedra muy grande o una arena muy fina, como es el caso de estas obras de autoconstrucción.



Figura 6.7, Cantidad de finos mezclados con el agregado grueso en Obra 1



Figura 6.8, En la Obra 2 se observa que la piedra es mas uniforme

6.3. AGUA DE MEZCLA

El agua cumple tres funciones en la mezcla de concreto:

- Hidratar al cemento
- Lubricar la mezcla para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
- Proporcionar una estructura de vacíos en la pasta, necesaria para que los productos de la hidratación tengan espacio.

En todas las obras se utilizó el agua potable aparentemente limpia y segura. Ésta era almacenada en cilindros metálicos o en tachos de plástico.

Fotos del Almacenamiento del Agua en las Obras Estudiadas:



Figura 6.9, El agua se echaba a la mezcla con la ayuda de baldes de plástico



Figura 6.10, Agua almacenada en cilindros

6.4. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Los aditivos reductores de agua hacen que las partículas de cemento se dispersen con efectividad, obteniendo mayor trabajabilidad. Adicional a ello, permiten dar una óptima hidratación a las partículas de cemento, es decir permiten elaborar concretos con una menor concentración de la pasta por m³.

El aditivo utilizado en la investigación fue el superplastificante CHEMAMENT 400, un reductor de agua de alto rango. El aditivo CHEMAMENT 400 cumple con la especificación de la ASTM C 494 Tipo A (Aditivos reductores de agua) y Tipo F (Aditivos reductores de agua, de alto rango).

En obra se decidió colocar el aditivo en un balde de plástico (ver figura 6.11), para facilitar el trabajo al personal encargado. Además se utilizaron diversos tipos de envases para medir la dosificación del aditivo sobre la mezcla, entre ellos una probeta graduada, un envase de gaseosa en el cual se dejaba una marca con plumón indeleble, un vaso de plástico o en una jarra métrica.



Figura 6.11, Aditivo Superplastificante



Figura 6.12, Envase para medir el aditivo con ayuda de una probeta graduada

CAPÍTULO 7: CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN OBRAS DE AUTOCONSTRUCCION

En el presente capítulo se muestra y analiza la información recopilada en el trabajo de campo que tenga que ver con los procesos en el vaciado de losas. Dichos procesos son, por ejemplo, la cantidad de material utilizado para el diseño, el mezclado, la colocación y el curado del concreto, además se describe los principales equipos utilizados; todo ello se hace con el fin de comparar cuantitativamente los valores de campo con los valores recomendados por las normas y reglamentos de la construcción. La mayor parte de los datos presentados fueron registrados por medio de la observación, filmación y el conteo, en otros casos, se pidió información al maestro de obra quien respondió el Check List o encuesta.

7.1. EQUIPOS UTILIZADOS

En todas las obras estudiadas se observó que la producción y traslado del concreto, hacia la losa de techo en construcción, se realizó mediante un sistema “Mezcladora con Tolva – Winche Eléctrico” cuya capacidad oscila entre 7 a 12 pies cúbicos y de 100 a 150 Kg de capacidad en promedio, respectivamente. Como se puede apreciar en las siguientes imágenes, ambas pertenecen a obras distintas, pero se aplicó la misma forma de trabajo.



Figura 7.1, Mezcladora con Tolva
Obra 3 - Villa Nicolasa - Chorrillos



Figura 7.2, Winche Electrico - Obra 7
Santa Anita - Chorrillos

Según los apuntes de clases del curso “Materiales de Construcción” el sistema de mezclado mecánico es el recomendado, con un equipo capaz de combinar los componentes para producir una mezcla uniforme dentro del tiempo y velocidad especificada y sin que se produzca segregación de materiales.

7.2. DOSIFICACIÓN

Sin lugar a duda, la etapa de producción del concreto es importante para la calidad del mismo, ya que de ella depende la resistencia y durabilidad que alcanzará el concreto en su estado endurecido. Como se puede observar en la tabla, la cantidad de material utilizado, por bolsa de cemento, es variable según la obra; esto porque los maestros de obra se dejan guiar de por su inspección visual y solicitan que se les disminuya o aumente algún tipo de material.

Nº Obra	Ubicación	Para 1 Tanda			
		Bolsas de Cemento	Nº Lampadas de Arena	Nº Lampadas de Piedra	Agua (Lts)
1	Urb. San Francisco de Asís - Ate Vitarte	1 bolsa	16 Lampadas	16 Lampadas	25 Lts
2	Calle Los Eucaliptos - Chorrillos	1 bolsa	22 Lampadas	20 Lampadas	36 Lts
3	Asoc. Villa Nicolasa - Chorrillos	1 bolsa	24 Lampadas	17 Lampadas	36 Lts
4	Asoc. Villa Nicolasa - Chorrillos	1 bolsa	24 Lampadas	22 Lampadas	36 Lts
5	Av. Santa Anita - Chorrillos	1 bolsa	24 Lampadas	24 Lampadas	36 Lts
6	Urb. Alameda Sur - Chorrillos	1 bolsa	23 Lampadas	17 Lampadas	40 Lts
7	Asoc. Marqués de Corpac - Chorrillos	1 bolsa	21 Lampadas	21 Lampadas	45 Lts
8	La Española - Chorrillos	1 bolsa	24 Lampadas	20 Lampadas	45 Lts
9	Urb. Monte Carmelo - Chorrillos	1 bolsa	20 Lampadas	20 Lampadas	40 Lts
10	Av. Los Horizontes - Chorrillos	1 bolsa	24 Lampadas	18 Lampadas	40 Lts
11	Calle Cabo Blanco - Chorrillos	1 bolsa	12 Lampadas	12 Lampadas	40 Lts
12	Urb. Bello Horizonte - Chorrillos	1 bolsa	20 Lampadas	18 Lampadas	40.5 Lts

Tabla 7.2, Dosificación observada en Campo

La cantidad de lampadas también depende de que parte del techo estén vaciando (vigas, vigas peraltadas, viguetas o losas); en la investigación se logró identificar que los maestros de obra solicitan a los maquinistas que se coloque más lampadas de

agregados a las franjas de las vigas peraltadas y chatas, por lo contrario disminuyen la cantidad de agregados para las viguetas y las losas. Los maestros de obra ven a las vigas y losas como tres elementos distintos y para cada uno de ellos la dosificación varia.

7.3. MEZCLADO

En el mezclado del concreto fresco se analizaron dos puntos importantes; el primero, es el tiempo de mezclado de los materiales del concreto dentro de la maquina el cual se toma desde que ingresa el cemento hasta que se extrae el concreto por primera vez, y el segundo, es la velocidad de la mezcladora en revoluciones/minuto, el cual se toma contando cuantas vueltas da la mezcladora en 60 segundo.

La Norma ASTM C 94 (ítem 12.3.1) recomienda valores de mezclado de mínimo 60 seg/tanda para mezcladoras con capacidad de 9 pie³ (menores a una yardas cubica) de capacidad en promedio y la PCA de 6 a 18 revoluciones por minuto como velocidad de mezclado. Ante estos dos parámetros, la medición de Segundos por Tanda es la que incumple con las normas, la que puede traer consigo déficit en el mezclado y falta de homogeneidad de la mezcla; por otro lado, la velocidad del mezclado está en el orden o por encima de las 12 rpm.

Nº Obra	Tiempo de Mezclado (Seg/Tanda)	Velocidad de Mezclado (Revoluciones/min)
1	40	16
2	30	10
3	35	12
4	30	15
5	38	20
6	40	15
7	25	20
8	30	13
9	30	14
10	35	14
11	38	15
12	35	16

Tabla 7.3, Tabla de Tiempo de Mezclado y Velocidad de Mezclado

El Tiempo de Mezclado medido en las obras es de 34,4 seg/tanda en promedio el cual comparado con los 180 seg/tanda solo es un 20% de lo que solicita La Norma. Este un factor que puede afectar enormemente a la calidad del concreto y al cual no se le prestando la debida atención.

7.4. COLOCACIÓN EN LA LOSA DE TECHO

En todas las obras los maestros realizaron el vaciado de concreto en un orden muy parecido: primero las vigas más alejadas, luego las vigas interiores, posteriormente el vaciado de las viguetas y finalmente realizaron el vaciado del resto de losa. De todo lo descrito, se puede comentar que esta práctica no es correcta ya que por lo general son áreas extensas en las que los elementos más alejados que ya se vaciaron generan juntas frías con lo siguiente que se vaciará, ocasionando una futura zona de falla y discontinuidad entre elementos consecutivos.



Figura 7.3, Mezcladora con Tolva - Obra 7 Paradero 8- Chorrillos



Figura 7.4, Winche Electrico - Obra 7 Paradero 8 - Chorrillos

Secuencia de Forma de Colocación:

- Empieza con las vigas más alejadas y perimetrales (Rojo)
- Se sigue con las vigas interiores (Verde)
- Finalmente, el resto de la losa

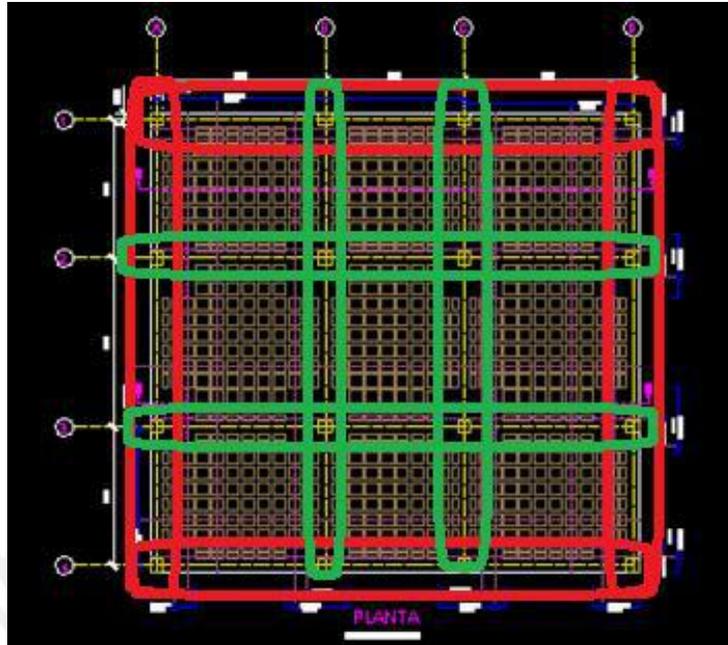


Figura 7.5, Colocación del concreto en la losa de techo



Figura 7.6, La colocación del concreto se realiza de los extremos hacia adelante

7.5. TIPO DE COMPACTACIÓN

Todo concreto fresco necesita una correcta compactación para que este adquiera una correcta homogeneidad en su estado plástico, el aire atrapado sea expulsado, el concreto tenga un mejor acabado y no se formen cangrejas; y con todo ello, se pueden

producir concretos más consolidados, resistentes y durables. Para los casos estudiados, la PCA recomienda compactar con vibradora de 5 a 15 segundos. Como se puede observar en la siguiente tabla, solo tres de las obras en estudio hicieron el uso de vibrador eléctrico, las demás obras compactaron con varilla corrugada.

Nº Obra	Tipo de Compactación
Obra 1	Compactación con vibrador eléctrico
Obra 2	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 3	Compactación con vibrador eléctrico
Obra 4	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 5	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 6	Compactación con vibrador eléctrico
Obra 7	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 8	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 9	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 10	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 11	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)
Obra 12	Compactación por Impacto (Varilla corrugada)

Tabla 7.4, Tabla de Tipo de Compactación



Figura 7.7, Uso de varilla corrugada para compactar el concreto fresco



Figura 7.8, Tipo de compactación - Obra 8 (Chorrillos)

En la Figura 7.8, foto de la obra 8, los ayudantes varillaron hasta después de una hora de vaciado el concreto, pero como el concreto ya estaba perdiendo asentamiento este se quedó con los agujeros del varillado.

7.6. CURADO

El curado es importante ya que evita la pérdida de humedad en el concreto fresco. Un concreto curado tiene una superficie que resiste mejor al desgaste y protege mejor al acero de refuerzo, ya que este evita que se formen grietas. El curado puede realizarse de dos formas: aplicando agua directamente al concreto aun fresco o deteniendo la pérdida de agua del concreto a través de plásticos para hacer más lenta la pérdida del agua. Es recomendable que el curado se haga en un periodo mínimo de 7 días. En losas sobre todo es de especial cuidado pues se tiene mayor área expuesta. En cuanto a las 12 obras, ante la pregunta de tipo de curado, ellos respondieron según Tabla 7.5.

Nº Obra	Tiempo de Curado
1	7 días
2	1 día
3	7 días
4	1 día
5	1 día
6	2 días
7	14 días
8	7 días
9	No se cura
10	No se cura
11	1 día (agua con cemento)
12	7 días

Tabla 7.5, Tiempo de Curado según Encuesta

Analizando en el Nomograma del ACI 305 con la siguiente información:

- 80% de humedad relativa promedio en Lima desde mediados del 2014 a mediados del 2015 (Información proporcionada por SENAMHI)
- 20 grados de temperatura del aire o ambiente (valor asumido)
- Temperatura del concreto de 21 C en promedio (valor asumido)
- 3 m/seg o 10.8 km/hora de velocidad del viento (Información proporcionada por SENAMHI)

Nos da como resultado 0.5 kg/m^2 por hora de tasa de evaporación o pérdida de humedad por hora. Aunque es un valor estimado, nos da una idea de la evaporación del concreto fresco y la necesidad de tener un buen proceso de curado.

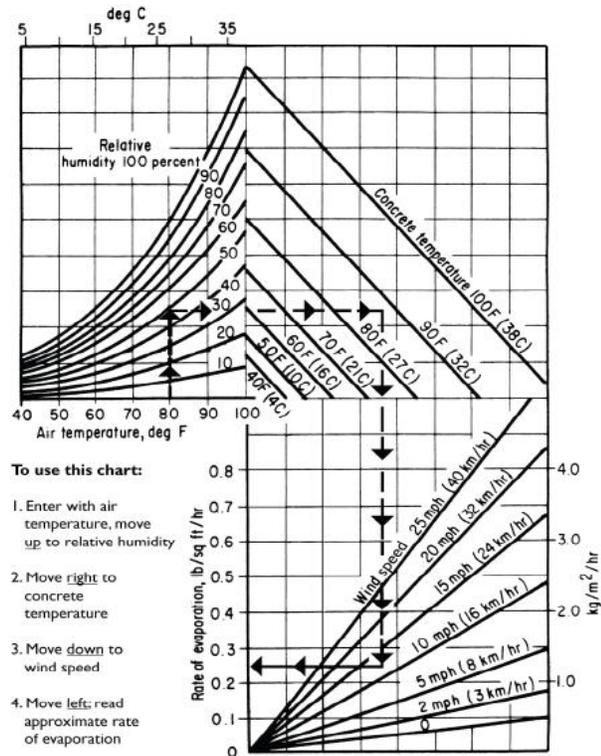


Figura 7.9, Nomograma para la estimación de velocidad de evaporación – ACI 305

7.7. DESENCOFRADO

El desencofrado de los frisos se realiza al día siguiente dependiendo del ambiente, pero el encofrado que carga la losa esperan un tiempo mayor en retirarlo.

N° Obra	Tiempo de desencofrado
Obra 1	15 a 20 días
Obra 2	2 semanas
Obra 3	1 mes
Obra 4	15 días
Obra 5	12 días
Obra 6	15 días
Obra 7	21 días
Obra 8	15 días
Obra 9	15 días
Obra 10	15 días
Obra 11	15 días
Obra 12	15 días

Tabla 7.6, Tiempo de Desencofrado según Encuesta

CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

En el presente capítulo se realiza el análisis detallado de los resultados obtenidos en las pruebas o ensayos realizados en campo y laboratorio; para ello se hace uso de tablas, gráficos y comparaciones con normativas peruanas.

8.1. ANÁLISIS DE AGREGADOS

Previo a la producción de mezcla del concreto, se sustrajeron muestras de los agregados que fueron utilizados en la producción del mismo, aproximadamente 40 Kg de Agregado Fino y Grueso por cada obra. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Materiales perteneciente a la empresa Chema, para los respectivos ensayos con el fin de conocer sus propiedades físicas. A continuación se muestra de manera comparativa, las propiedades de los agregados de cada obra:

a) Módulo de Fineza:

Es el factor que se obtiene sumando los porcentajes totales de material en una muestra que son más gruesos que cada una de las mallas siguientes (porcentajes acumulados retenidos) y dividiendo la suma entre 100: 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1.18 mm (No. 16), 2.36 mm (No. 8), 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm (3/8"), 19 mm (3/4"), 37.5 mm (1 1/2"), 75 mm (3"), 150 mm (6"), (ACI 116R-00) [Ref. 20].

El Módulo de Fineza es un indicador de la mayor o menor finura de las partículas. El módulo de fineza del agregado fino se encuentre en el rango de 2.3 a 3.1. Se puede disgregar que de las 12 obras analizadas, 5 de ellas no cumplen con esta recomendación. Por otro lado, este concepto tiene relación directa con el de superficie específica, pues al tener más finos, la superficie específica de los agregados aumenta; una mayor superficie específica en los agregados genera un mayor consumo de agua.

Nº Obra	Módulo de Finura AF	Módulo de Finura AG
Obra 1	3.06	7.69
Obra 2	3.21	6.63
Obra 3	2.68	7.69
Obra 4	3.29	6.73
Obra 5	3.61	7.30
Obra 6	2.19	6.43
Obra 7	3.06	7.80
Obra 8	2.36	6.97
Obra 9	2.64	7.30
Obra 10	3.18	7.63
Obra 11	2.55	7.53
Obra 12	2.56	7.40

Tabla 8.1 Tabla de Módulos de Finura del AF y AG

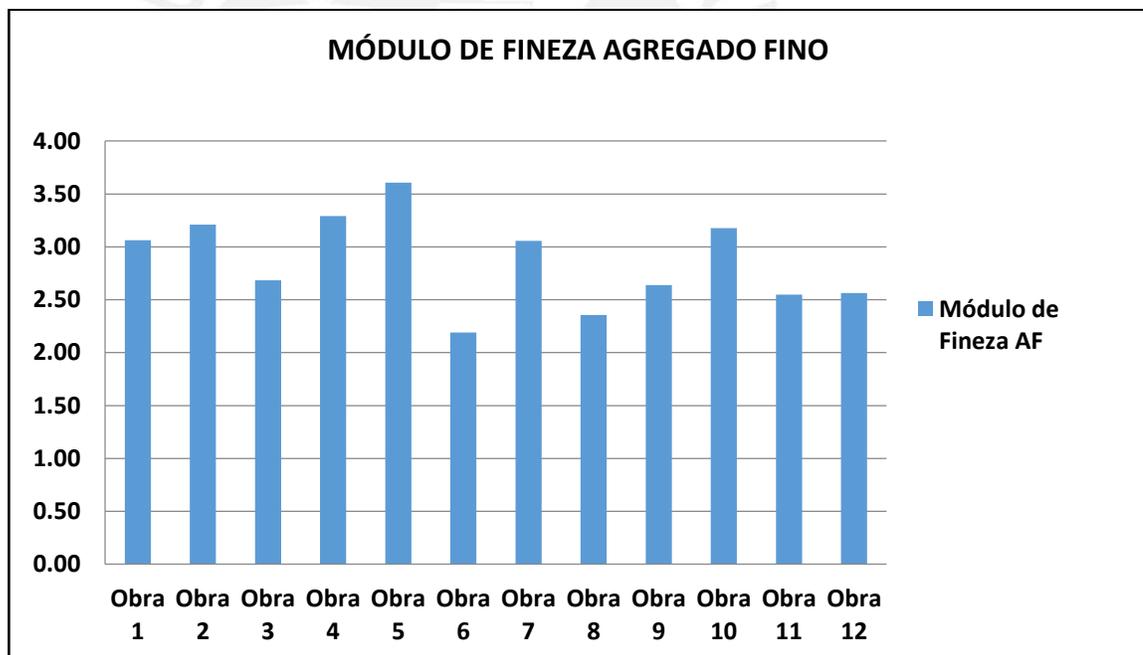


Figura 8.1, Módulos de Fineza del Agregado Fino

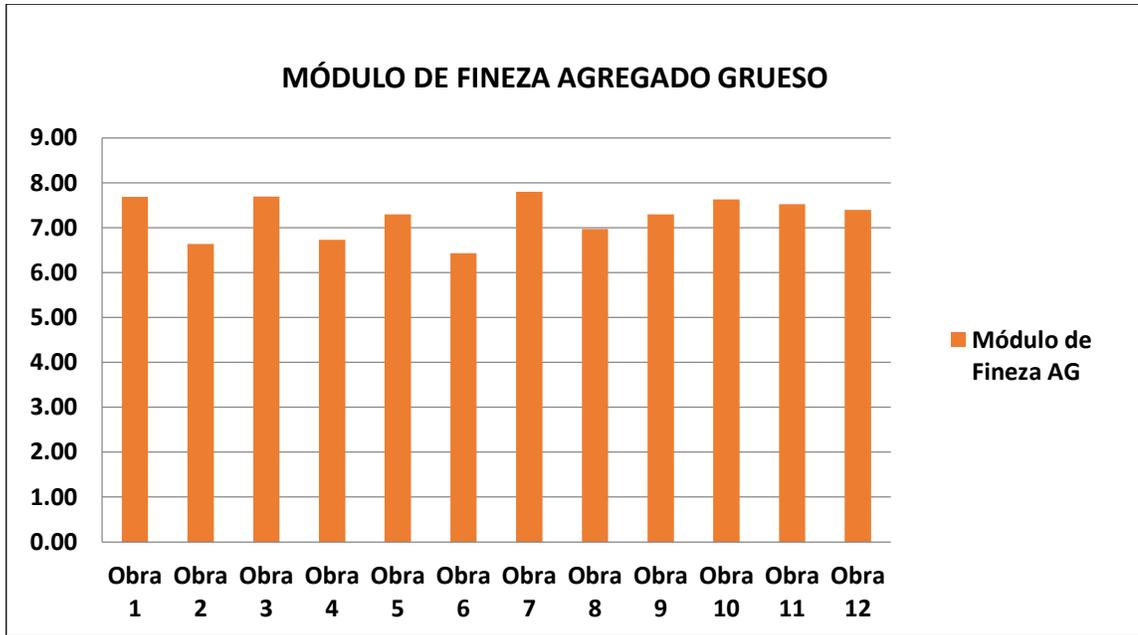


Figura 8.2, Módulos de Fineza del Agregado Grueso

b) Módulo de Fineza Global:

Es un parámetro que nos puede ayudar a saber cómo se comportará un concreto con diferentes proporciones de agregados siempre que se controle su Módulo de Fineza Global. Mediante este parámetro se puede controlar y garantizar comportamientos parecidos, de mezclas distintas, en cuanto a propiedades como relación Agua/Cemento, Slump y Resistencia; siempre que se suministre el agua que necesita la mezcla y los agregados sean de una misma cantera.

A continuación mostramos el Módulo de Fineza Global de cada obra estudiada:

Nº Obra	Material	Proporción	Módulo de Fineza	Módulo de Fineza Global
obra 1	Piedra	0.56	7.69	5.63
	Arena	0.44	3.06	
obra 2	Piedra	0.55	6.63	5.08
	Arena	0.45	3.21	
obra 3	Piedra	0.55	7.69	5.46
	Arena	0.45	2.68	
obra 4	Piedra	0.52	6.73	5.09
	Arena	0.48	3.29	
obra 5	Piedra	0.56	7.30	5.68
	Arena	0.44	3.61	
obra 6	Piedra	0.63	6.43	4.86
	Arena	0.37	2.19	
obra 7	Piedra	0.53	7.80	5.55
	Arena	0.47	3.06	
obra 8	Piedra	0.58	6.97	5.05
	Arena	0.42	2.36	
obra 9	Piedra	0.54	7.30	5.16
	Arena	0.46	2.64	
obra 10	Piedra	0.57	7.63	5.70
	Arena	0.43	3.18	
obra 11	Piedra	0.54	7.53	5.22
	Arena	0.46	2.55	
obra 12	Piedra	0.56	7.40	5.28
	Arena	0.44	2.56	

Tabla 8.2, Resumen de Módulos de Fineza para AF y AG

Nota: Las proporciones de piedra y arena son sacadas por el Método de Fuller.

c) Contenido de Humedad:

Este parámetro es afectado directamente por las condiciones ambientales y/o externas a las que estuvo sometido el agregado. Su función es primordial, pues con sus valores

(y valores del % de absorción) se puede corregir la cantidad de agua final en la mezcla. En la Tabla 8.3 se muestran los contenidos de humedad (%) de las obras visitadas:

Nº Obra	Contenido de Humedad AF (%)	Contenido de Humedad AG (%)
Obra 1	1.10	0.30
Obra 2	0.60	0.40
Obra 3	0.70	0.30
Obra 4	0.60	0.40
Obra 5	0.80	0.20
Obra 6	1.50	0.40
Obra 7	1.20	0.10
Obra 8	1.50	0.20
Obra 9	1.50	0.30
Obra 10	0.60	0.50
Obra 11	6.30	0.30
Obra 12	1.10	0.20
Promedio	1.46	0.30

Tabla 8.3, Contenido de Humedad del AF y AG

Nota: Las cuatro primeras obras fueron en invierno y las ocho restantes fueron en verano.

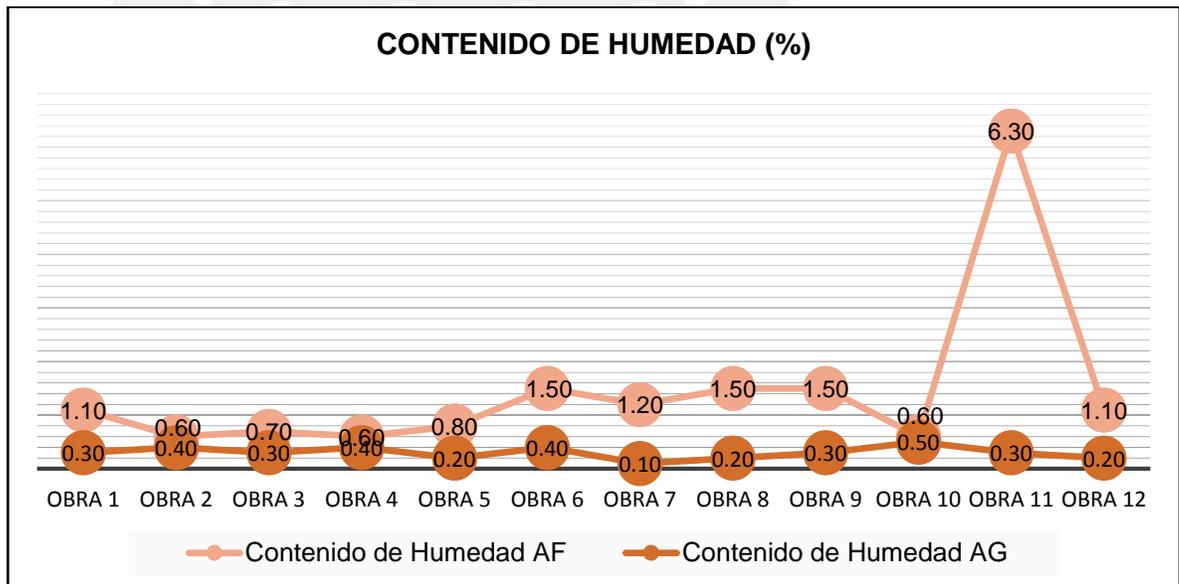


Figura 8.3, Contenido de Humedad del AF y AG

Como se puede apreciar los valores son similares en la mayoría de obras, los agregados en obras de autoconstrucción no tienen mucho porcentaje de humedad por lo que se encuentran expuestos a la intemperie (al viento y al sol) factores que evaporan la humedad que tuvieran. El contenido de humedad del Agregado Fino de la Obra 11 se dispara a un valor del 6.3%, ya que por error se tomó una muestra que no fue representativa.

d) Porcentaje que Pasa la Malla # 200:

La Norma ASTM C33 indica que el Porcentaje que pasa la Malla #200 del agregado fino no debe ser mayor que 5% del total (en el caso de agregados que no están sujetos a la abrasión) y en el caso del agregado grueso no debe ser mayor que el 1%. En el caso de los agregados finos, se exceden estos valores en siete de las obras estudiadas. Para agregados finos, en la mayoría de las obras cumplen con la Norma ASTM C33, salvo dos excepciones, en el que superan el 1%; aunque faltan datos de las 4 últimas obras.

Sin embargo, el Ing. Enrique Pasquel en su Libro “Tópicos de Tecnología del Concreto” afirma que el pasante de la malla #200 no necesariamente es perjudicial para el concreto. El pasante, que puede ser Limo o Arcilla, solo en caso sea arcilla afectaría las propiedades del concreto; sin embargo, si se comprueba que este pasante es Limo, este no afectaría mayormente a la mezcla pues se comportaría como adición de cemento, ya que se sabe que los cementos adicionados adquieren mejor comportamiento de resistencia a largo plazo.

Para comprobar que este contenido de finos es Limo, es necesario antes analizar el porcentaje que pasa la malla #200 mediante la prueba de “Azul de Metileno” y en el que el contenido de arcilla debe ser menor al 2% al contenido de finos en total. Para el caso de la construcción informal esta también sería una alternativa para descartar o aceptar la calidad del agregado.

Nº Obra	Agregado Fino	Agregado Grueso
	% Pasa Malla #200 (Ac)	% Pasa Malla #200 (Ac)
1	8.87	0.18
2	0.84	0.60
3	7.30	0.32
4	3.80	0.00
5	1.69	0.77
6	6.38	11.50
7	7.39	0.10
8	7.46	7.10
9	5.68	0.00 (*)
10	2.87	0.00(*)
11	3.17	0.00(*)
12	8.01	0.00(*)

Tabla 8.4, Porcentaje que Pasa la Malla #200 para el AF y AG

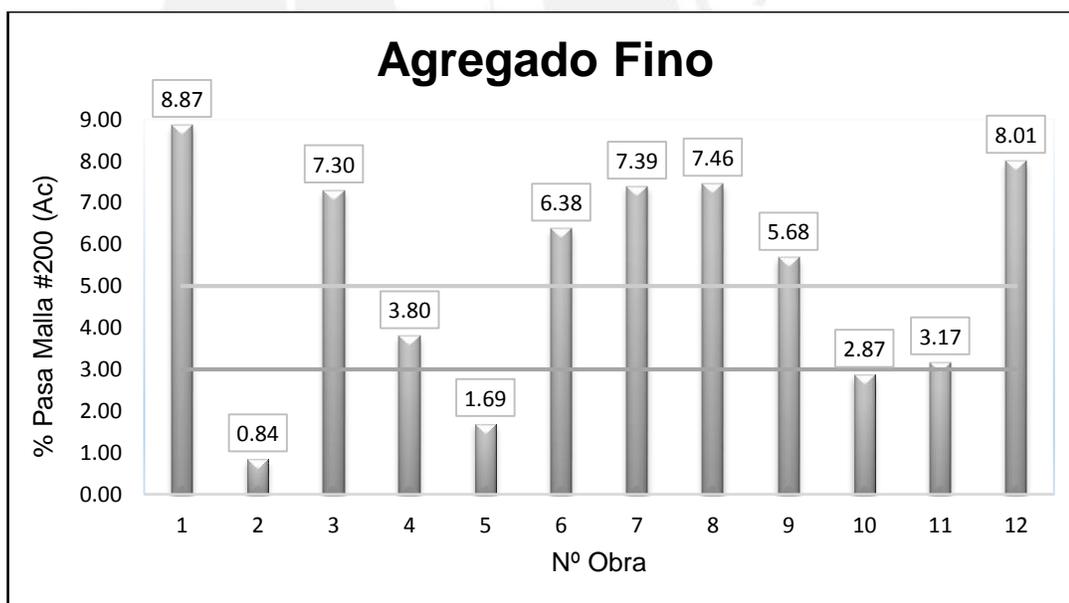


Figura 8.4, Porcentaje que Pasa la Malla #200 para el AF

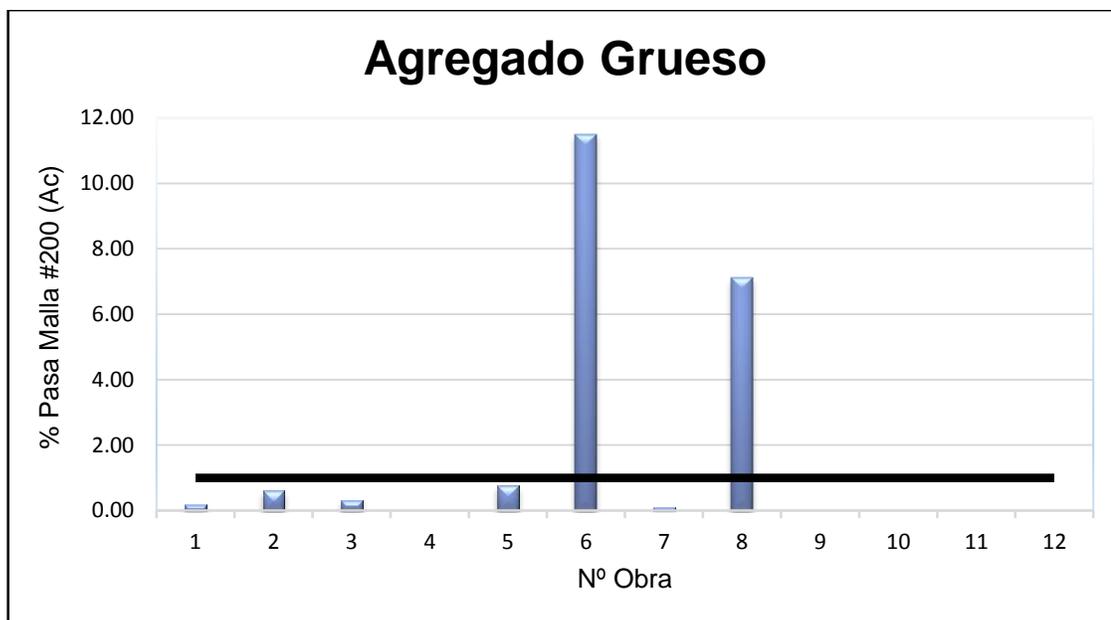


Figura 8.5, Porcentaje que Pasa la Malla #200 para el AG

Nota: Para las Obras 10, 11 y 12 no se pudo calcular el Porcentaje que pasa la malla #200.

e) Porcentaje de Absorción (Norma NTP 400.021.2002, para agregado grueso y NTP 400.022.2002, para agregado fino):

Es un indicador de la calidad de los agregados, ya que a menor porcentaje de absorción el agregado es más durable, más resistente y con un mayor módulo de elasticidad; otorgando estas propiedades a los concretos de los que forman parte. Por lo contrario, agregados con alto porcentaje de absorción disminuyen la calidad de los concretos, haciéndolos más propensos a fisurarse. Los valores usuales para agregados normales son del 1 al 5 %.

Nº Obra	Absorción AF (%)	Absorción AG (%)
Obra 1	0.42	0.77
Obra 2	0.73	0.64
Obra 3	0.27	0.70
Obra 4	0.75	0.90
Obra 5	1.00	1.00
Obra 6	2.50	1.40
Obra 7	2.30	0.90
Obra 8	2.70	1.10
Obra 9	0.90	0.70
Obra 10	1.00	0.80
Obra 11	1.10	0.60
Obra 12	1.30	1.30

Tabla 8.5, Contenido de Absorción del AF y AG

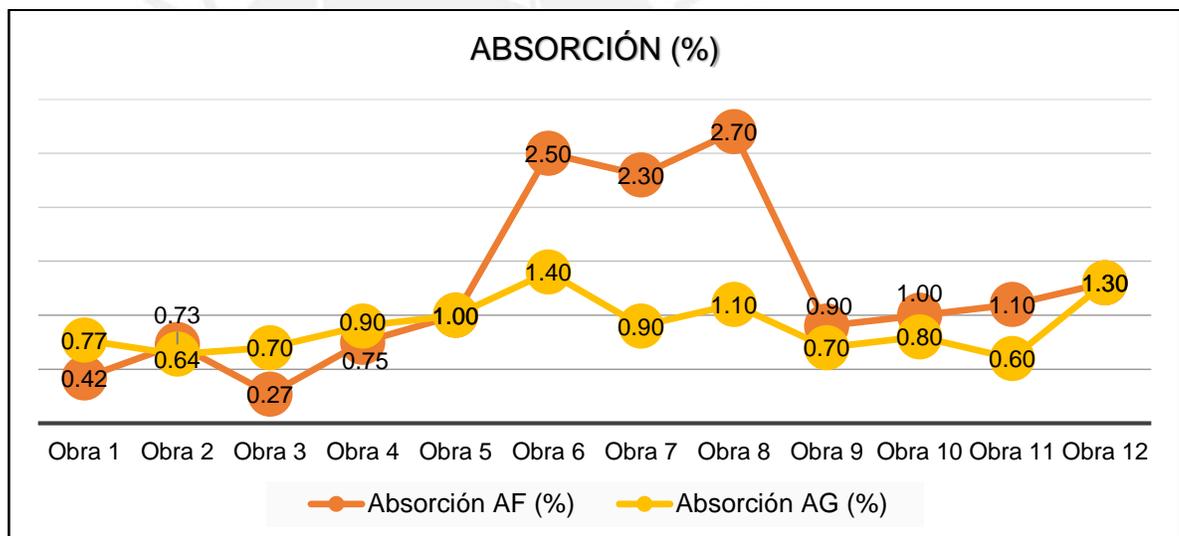


Figura 8.6, Contenido de Absorción del AF y AG

f) Tamaño Máximo Nominal y Husos del Agregado Grueso

Es la abertura del menor tamiz, de la serie utilizada, que empieza a retener. Las mallas utilizadas son las de la serie estándar ASTM, equivalente a la serie B de la Norma ISO (secuencia de mallas: 3", 1 ½", 3/4", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200).

Nº Obra	TMN
Obra 1	1"
Obra 2	3/4"
Obra 3	1"
Obra 4	3/4"
Obra 5	3/4"
Obra 6	1/2"
Obra 7	1"
Obra 8	1"
Obra 9	3/4"
Obra 10	1"
Obra 11	3/4"
Obra 12	1"

Tabla 8.6, Tamaños Máximos Nominales del AG

Como se puede observar en la Tabla 8.6, los valores de Tamaños Máximos Nominales oscilan entre valores de $\frac{1}{2}$ a 1 pulgada, siendo más común el de 1 pulgada. Según la Norma ASTM C33 – Tabla 2, Grading Requirements for Coarse Aggregates, la cual sirve para estandarizar y colocar rangos numéricos a los tamaños de los agregados, las obras de Autoconstrucción de Lima usan el Huso 5 (debido a que los productores artesanales ofrecen mayormente el Huso 5), es decir, los tamaños de los agregados pueden ser de $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgadas; en el contenido de las tablas que se presentan como anexos del presente estudio, Propiedades Físicas de los Agregados, se puede observar que los agregados gruesos no son homogéneos, éstos están distribuidos en porcentajes de diferentes tamaño que pertenecen al Huso 5.

g) **Peso Unitario Suelto**

Es la relación entre el peso de las partículas y el volumen total, incluyendo los vacíos del agregado sin compactar. Su unidad es kg/m^3 .

Nº Obra	Peso Unitario Suelto AF (kg/m^3)	Peso Unitario Suelto AG (kg/m^3)
Obra 1	1870	1476
Obra 2	1601	1615
Obra 3	1588	1438
Obra 4	1675	1595
Obra 5	1638	1642
Obra 6	1603	1608
Obra 7	1671	1452
Obra 8	1597	1427
Obra 9	1562	1559
Obra 10	1625	1513
Obra 11	1547	1541
Obra 12	1640	1537

Tabla 8.7, Peso Unitario Suelto del AG y AF

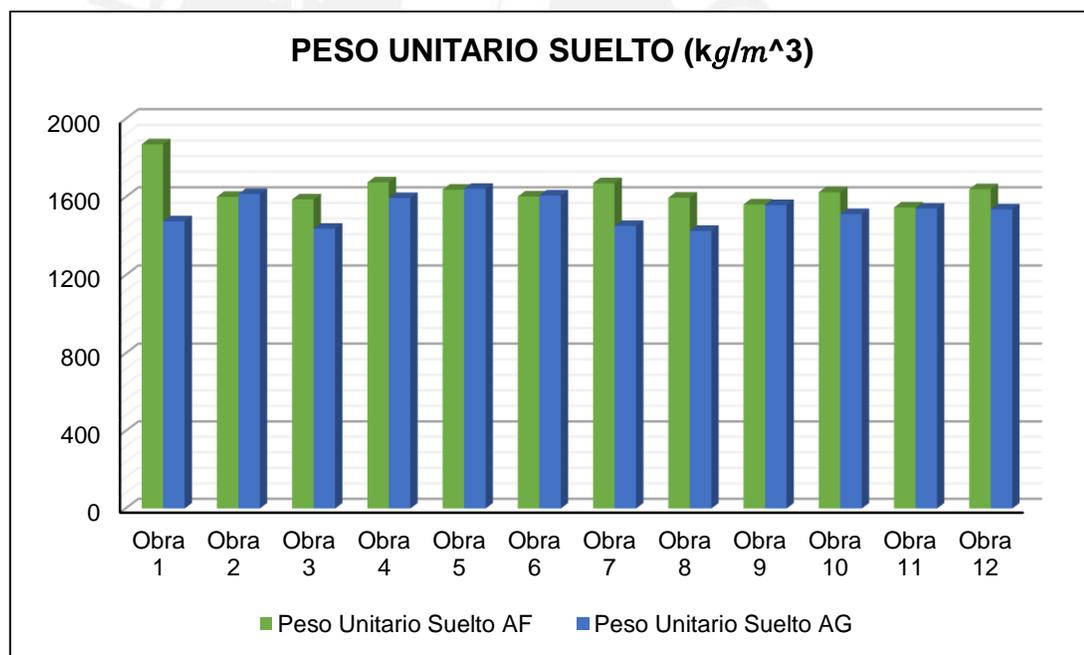


Figura 8.7, Comparación entre el Peso Unitario Suelto del AG y AF

En la Figura 8.7 se puede observar valores similares en casi todas las obras, y el Agregado Fino, en algunos casos, mayor valor que el del Agregado Grueso. Salvo en la Obra 1 en la que el PU Suelto de la Arena es del orden de los $1900 \text{ Kg}/\text{m}^3$ lo cual podría

explicarse que es una de las Arenas con menor capacidad de Absorción por lo que tiene mayor dureza, menos vacíos y por lo tanto es de mejor calidad.

h) **Peso Unitario Compactado**

Es la relación entre el peso de las partículas y el volumen total, incluyendo los vacíos del agregado compactando en tres capas. Para este caso, según se puede observar en la Figura 8.8, Los Agregados Finos superan los Pesos Unitarios de los Agregados Gruesos, esto debido a que por ser partículas más pequeñas al ser compactadas se acomodan mejor, permitiendo que ingrese mayor material, para el caso del Agregado Grueso no ocurre lo mismo. Para el caso particular de la Obra 1, como se comentó en el ítem anterior, al ser una Arena poco porosa y muy resistente, al compactarla el Peso Unitario compactado se incrementa.

Nº Obra	Peso Unitario Compactado AF	Peso Unitario Compactado AG
Obra 1	2121	1584
Obra 2	1836	1732
Obra 3	1837	1562
Obra 4	1961	1691
Obra 5	1893	1733
Obra 6	1811	1711
Obra 7	1901	1560
Obra 8	1832	1535
Obra 9	1761	1655
Obra 10	1744	1601
Obra 11	1722	1636
Obra 12	1847	1590

Tabla 8.8, Peso Unitario Compactado del AG y AF

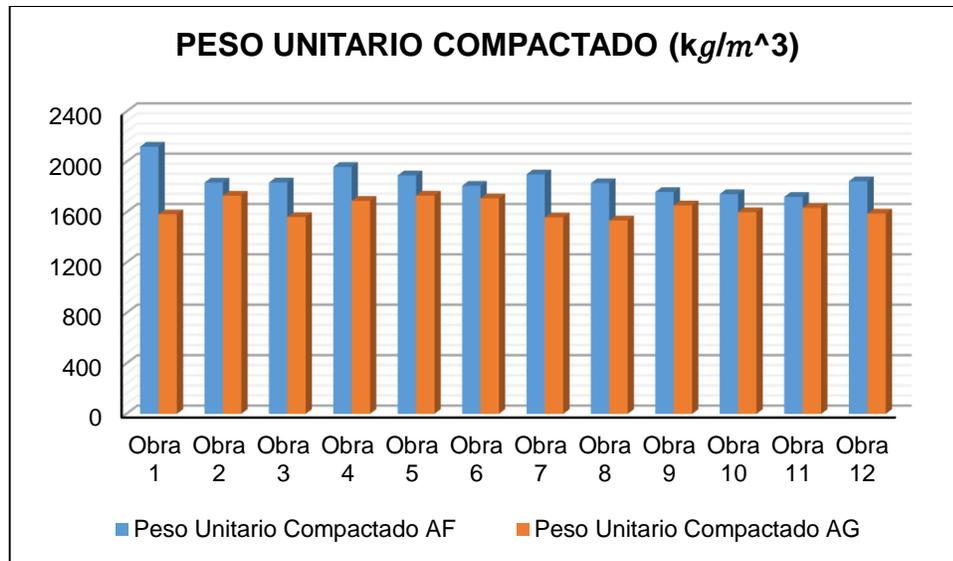


Figura 8.8, Comparación del Peso Unitario Suelto del AG y AF

8.2. ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN REAL DEL CONCRETO

La Tabla 8.9 contiene información recopilada del trabajo de campo, de las anotaciones y de los videos registrados. Se registró data para una tanda, o una bolsa de cemento, varias veces, con lo que se obtuvo la proporción de piedra, arena y agua suministrada a la mezcla en promedio. Es necesario aclarar que los maestros de obra suelen hacer la mezcla más pedregosa cuando están en la zona de vaciado de las vigas, y más suelta o arenosa cuando están en viguetas y losas, todos estos alcances producen variación en la información registrada, es por ello que se halla un valor promedio para cada caso.

Se puede observar también, que los valores son distintos para cada Obra, pero se nota mayor diferencia en la Obra 11, obra en la que se usó menor cantidad de agregados; esto se puede deber a que en dicha obra la losa aligerada fue de $h = 17$ cm, por lo tanto dicho caso podría explicar la poca cantidad de agregado usado.

Nº Obra	Para 1 Tanda				
	Bolsas de Cemento	Nº Lampadas de Arena	Nº Lampadas de Piedra	Litros de Agua Potable	Relación Agua/Cemento
1	1 bolsa	16 Lampadas	16 Lampadas	25	0.59
2	1 bolsa	22 Lampadas	20 Lampadas	36	0.85
3	1 bolsa	24 Lampadas	17 Lampadas	36	0.85
4	1 bolsa	24 Lampadas	22 Lampadas	36	0.85
5	1 bolsa	24 Lampadas	24 Lampadas	36	0.85
6	1 bolsa	23 Lampadas	17 Lampadas	40	0.94
7	1 bolsa	21 Lampadas	21 Lampadas	45	1.06
8	1 bolsa	24 Lampadas	20 Lampadas	45	1.06
9	1 bolsa	20 Lampadas	20 Lampadas	40	0.94
10	1 bolsa	24 Lampadas	18 Lampadas	40	0.94
11	1 bolsa	12 Lampadas	12 Lampadas	40	0.94
12	1 bolsa	20 Lampadas	18 Lampadas	40.5	0.95

Tabla 8.9, Dosificación Real en Campo

Nota: La relación Agua/Cemento según dosificación en campo se explica en la Tabla 8.15.

8.2.1. Consumo de Cemento por m^3

Se llegó al consumo de bolsas de cemento por metro cubico de concreto, a través del método que menos interfirió en el trabajo con los Maestros de Obra. Este consistió en anotar la cantidad de lampadas de Piedra y Arena por tanda que se usó en cada una de las obras para luego determinar un promedio (Ver Tabla 8.10). Luego, en el laboratorio, se pesaron 4 lampadas de piedra y arena, de cada una de las obras.

Posteriormente, se ingresaron estos valores a una hoja de Excel en la que multiplica el peso de la lampada promedio por la cantidad de lampadas registradas, con lo que se obtiene la dosificación en peso, luego con el peso específico de cada material se pasó estos valores a volumen en la que la suma de volúmenes da el ratio de Volumen por Bolsa de Cemento, y de ello, por regla de tres simples se puede pasar a cuantas bolsa de cemento se consume por metro cubico. A continuación se muestra como ejemplo la Tabla 8.11 de la Obra 1, las demás tablas se dejan como adjunto.

Luego de realizar el análisis del consumo de cemento por m^3 de concreto de cada una de las obras, se llegó a los siguientes resultados mostrados en el cuadro resumen. En promedio, se consume 8 bolsas de cemento por m^3 de concreto en la preparación de concretos destinados para ser losa de vivienda en obras de autoconstrucción.

Nº OBRA	Bolsas de Cemento por M3 (und)	Cantidad de Cemento por m^3 (Kg)
Obra 1	9	386
Obra 2	8	327
Obra 3	8	321
Obra 4	7	304
Obra 5	7	304
Obra 6	8	330
Obra 7	7	307
Obra 8	7	300
Obra 9	8	324
Obra 10	8	322
Obra 11	10	410
Obra 12	8	326
PROMEDIO	8	330

Tabla 8.10, Bolsas de Cemento Utilizadas por m^3 de Concreto

CONSUMO DE CEMENTO POR M3 - OBRA 1

Datos de laboratorio:

	Lampada Promedio	Lampada 1	Lampada 2	Lampada 3	Lampada 4
Peso prom Lampada Piedra (kg)	5.75	5.97	5.68	5.8	5.54
Peso prom Lampada Arena (kg)	5.39	4.55	5.24	6.02	5.75

Datos de la Dosificación Práctica:

Materiales	Und	Cant	
Agua	Lts	25	para un bls de cemento
Arena	Lampadas	16	para un bls de cemento
Piedra	Lampadas	16	para un bls de cemento
Aire	%	1.6	para un bls de cemento

Características de los agregados:

ARENA		VALOR	PIEDRA		VALOR
MODULO FINEZA		3.06	TM		1 1/2
Malla # 200		8.87	TMN		1
PE (Kg/m ³)		2430	MF		7.69
Absorción		0.42%	MALLA #200		0.38
P.U.S (kg/m ³)		1870	PE (Kg/m ³)		2700
P.U.C		2121	ABS		0.77%
			P.U.S		1476
			P.U.C		1584

Dosificación en peso para 1 bls de Cemento

Material	Peso Especifico (Kg/m ³)	Peso (Kg)	Volumen (m ³)
Agua	1000	25	0.025
Cemento	3150	42.5	0.013
Arena	2420	86.24	0.036
Piedra	2680	91.96	0.034
	Total:	245.7	0.108

Para 1.00 m ³ de mezcla		Para 1 bls Cemento	
Aire	1.60%	Aire	0.0017

Vol Total por bls Cemento	0.110	bolsas
Bolsas de Cemento por m ³	9	

Tabla 8.11, Esquema del Cálculo del Cantidad de Bolsas de Cemento/m³

Nota: Ver Tablas de Cálculo de todas las obras en ANEXOS

8.2.2. Comparación entre la Dosificación en Obra y por el Método del ACI

a) Dosificación por el método del ACI

Se calculó la dosificación ideal por el método del ACI, para 42.5 kg de cemento. El parámetro más importante a comparar, es la cantidad de agua que se deberá usar versus la cantidad de agua que se usó realmente, ya que es el agua el material que hace ganar o perder la concentración de la relación Agua/Cemento.

De las Tablas 8.12 y 8.13, se puede observar que el promedio de agua por el método del ACI es 31 kg de agua para 42.5 kg de Cemento. Sin embargo, el promedio usado realmente fue de 38.3 kg, es decir, 7 kg más de agua por bolsa de cemento.

N° Obra	F_c (kg/cm ²)	Volumen (m ³)	Agua (kg)	Cemento (kg)	Arena Gruesa (Kg)	Piedra (Kg)
Obra 1	175	0.16	31.5	42.5	117.9	161.9
Obra 2	175	0.15	31.9	42.5	117.5	145.6
Obra 3	175	0.16	32.9	42.5	127.4	158.2
Obra 4	210	0.13	30.5	42.5	107.7	125
Obra 5	175	0.15	32.7	42.5	114.4	142.9
Obra 6	210	0.13	30.6	42.5	79.8	131.9
Obra 7	210	0.14	30.8	42.5	114.5	134.4
Obra 8	175	0.16	34.3	42.5	118.8	158.8
Obra 9	210	0.14	28.5	42.5	104.6	155.2
Obra 10	175	0.16	32.4	42.5	118.7	166.8
Obra 11	175	0.16	25.8	42.5	126.3	170.2
Obra 12	210	0.14	30.5	42.5	108.3	156.7

Tabla 8.12 Tabla de Diseño de cada Obra según el Método del ACI

Nº Obra	Agua Utilizada (Lts)	Agua Según ACI (Lts)
Obra 1	25.0	31.5
Obra 2	36.0	31.9
Obra 3	36.0	32.9
Obra 4	36.0	30.5
Obra 5	36.0	32.7
Obra 6	40.0	30.6
Obra 7	45.0	30.8
Obra 8	45.0	34.3
Obra 9	40.0	28.5
Obra 10	40.0	32.4
Obra 11	40.0	25.8
Obra 12	40.5	30.5

Tabla 8.13, Contenido de Agua según Método del ACI y Agua Real empleada en Obra

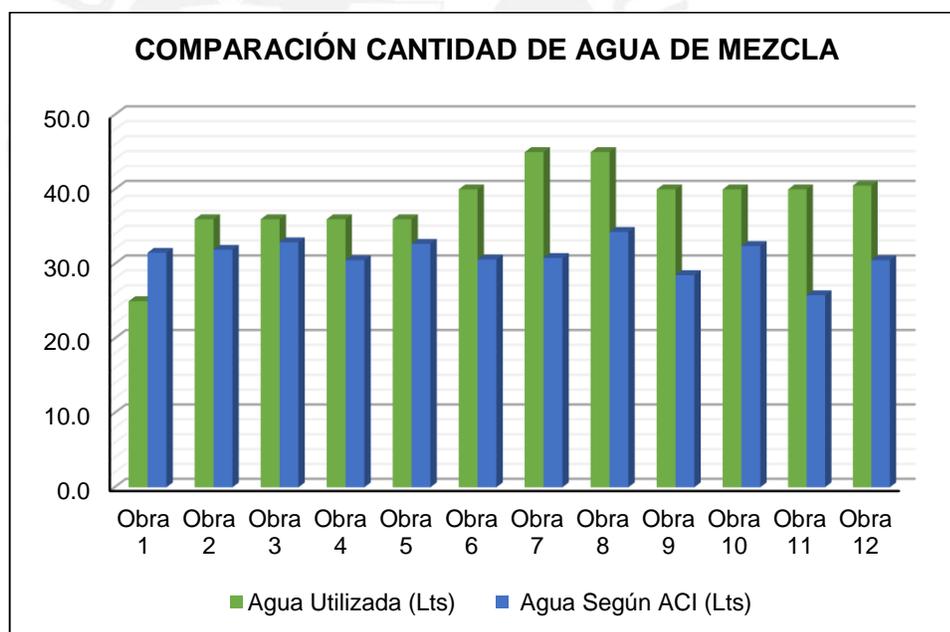


Figura 8.9, Comparación de contenido de agua según método del ACI y agua real empleada en obra

8.3. ANÁLISIS DEL CONCRETO FRESCO

El presente análisis se realizó a través de dos propiedades del concreto fresco, una cuantitativa, el Slump que a su vez nos da una referencia de la trabajabilidad; y una visual y cualitativa, la Exudación.

8.3.1. Trabajabilidad

Mide la facilidad o dificultad de la manipulación o trabajo con el concreto en cada una de sus etapas del estado fresco; como por ejemplo, en el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. El método más conocido para medir la trabajabilidad de una forma indirecta es a través de la prueba de Slump o asentamiento con el cono de Abrams (NORMA 339.035 ASTM C 143).

“El Slump es el método tradicional para medir la trabajabilidad del concreto fresco, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo se debe tener claro que ésta es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad; pues demuestra que se pueden obtener concretos con igual Slump pero trabajabilidad diferente, para las mismas condiciones de trabajo” (Ing. Enrique Pasquel – Tópicos de Tecnología del Concreto).

Cabe mencionar que el Slump depende también de las características físicas de los agregados usados en las mezclas y del módulo de fineza total de la mezcla, pues mezclas de una misma relación agua - cemento pueden dar diferente Slump, si es que hay diferencias entre sus módulos de fineza global; por lo contrario, mezclas con igual módulo de fineza total, dan trabajabilidad similares así la relación agua – cemento sean distintas.

Los factores que afectan la trabajabilidad del concreto son:

- El contenido de agua y cemento
- Características de los agregados
- Condiciones ambientales

a) Trabajabilidad en el Concreto Sin Aditivo:

De las doce obras investigadas se obtuvieron los siguientes valores de Asentamiento del Concreto Sin Aditivo como medida de la trabajabilidad (ver figura 8.10). Este asentamiento fue medido al concreto tal y como es preparado en obra para una losa aligerada de viviendas unifamiliares (Ver Fotos - Anexos). Como se puede apreciar en el gráfico, en diez de las doce obras el asentamiento es mayor de 8 pulgada, y en promedio el asentamiento es de 8.5 pulgadas.

Según el Método del ACI del Comité 211.1-91/02, el cual es el método más difundido y usado para realizar diseños de mezcla, en sus tablas de recomendaciones podemos encontrar cantidades de agua por m³ para diferentes Tamaños Máximos Nominales de hasta 243 litros/m³, así como valores máximos de Slump de 7 pulgadas, ver Tabla 7.14.

Los valores de “Asentamiento del Concreto sin Aditivo” que muestra la investigación, advierte que ellos no se encuentran en Normas como el ACI por ejemplo (Como se puede observar en la Tabla 8.14). Por lo contrario, dichos concretos se producen más fluidos de lo permitido. Estos valores tienen como explicación que, los Maestros de Obra de Lima, optan por agregar mucha agua al concreto con el fin de acabar con rapidez el vaciado y que el concreto se acomode fácilmente, y con ellos, disminuyen la calidad del concreto. Estos resultados fidelizan la hipótesis de la investigación.

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

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Tabla 8.14, Método ACI - Comité 211.1-91/02

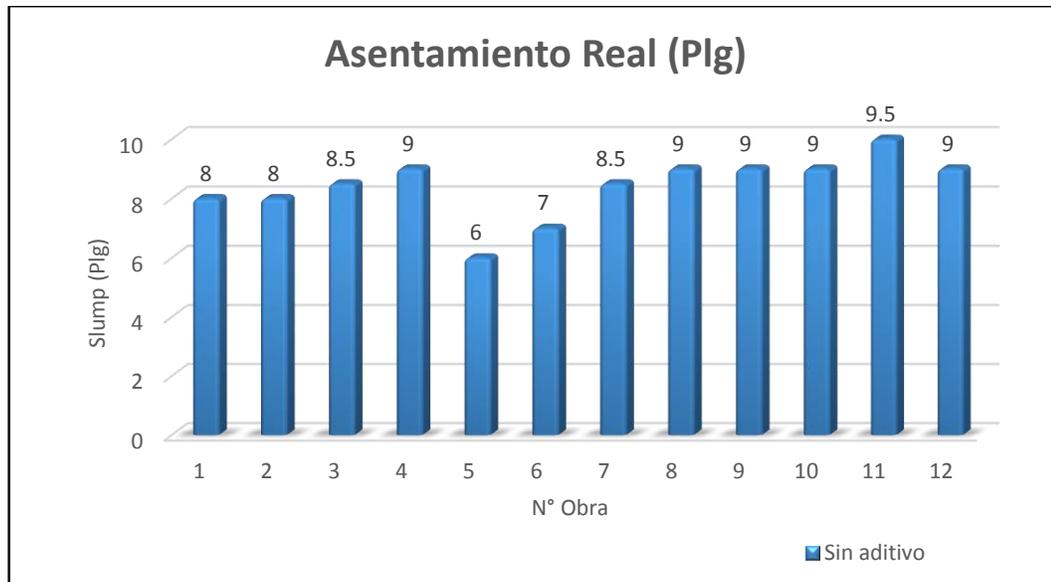


Figura 8.10, Asentamiento en el Concreto Sin Aditivo

b) Trabajabilidad en el Concreto Con Aditivo:

Al revisar las tablas del ACI, se puede inferir que para llegar a asentamientos mayores a 7 pulgadas es recomendable utilizar aditivos que plastifiquen la mezcla. En la figura 8.11, se puede observar que todos los asentamientos son mayores a 7 pulgadas ya que el aditivo le da al concreto fresco la fluidez esperada por muchos Maestro de Obra. En ambos casos, los asentamientos con aditivo y sin aditivo fueron similares para cada Obra.

Mediante la figura 8.11 se podría inferir que los aditivos Reductores de Agua son una alternativa efectiva a una de las partidas más importantes de la autoconstrucción, como es el concreto; ya que otorgan la trabajabilidad que el Maestro de Obra desea, pero mejorando su calidad.

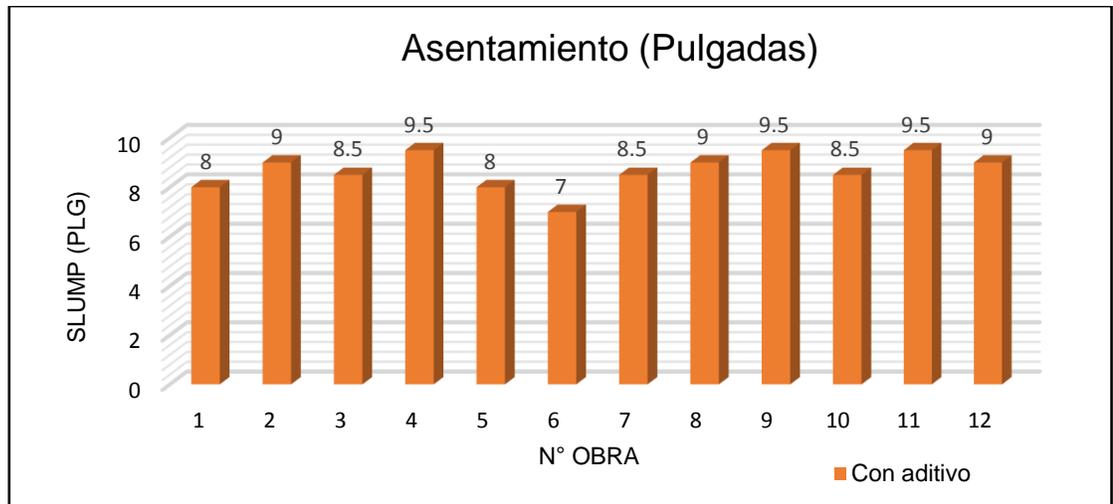


Figura 8.11, Asentamiento en el Concreto Con Aditivo

c) Comparativo de Trabajabilidad en el Concreto Con Aditivo y Sin Aditivo:

Según el cuadro comparativo de Asentamientos Con Aditivo y Sin Aditivo, figura 8.12, se pueden observar tres casos; primero, cuando el Asentamiento es igual con aditivo y sin aditivo; segundo, cuando el asentamiento con aditivo es mayor que el de sin aditivo, y por último, solo un caso en el que el asentamiento sin aditivo es mayor que con aditivo.

El primer caso, es cuando el aditivo actuó como un reductor de agua, y por lo tanto aumenta la resistencia del concreto para asentamientos iguales con y sin aditivo. Para el segundo caso, es cuando el asentamiento con aditivo es mayor que el asentamiento sin aditivo, se puede decir, que el aditivo trabajo como un plastificante e hizo más fluida la mezcla, esto debido a que no se redujo el contenido de agua. Finalmente el último caso es cuando, por ejemplo, la mezcla sin aditivo es muy fluida por la cantidad de agua que se le agrega, sin embargo, con el aditivo trabajando como un reductor de agua el asentamiento se redujo y por lo tanto aumento la concentración del pegante, aumentando la resistencia.

Las obras de la investigación están en el primer caso en que el asentamiento con aditivo y sin aditivo es igual, por lo tanto el aditivo trabaja como un reductor de agua.

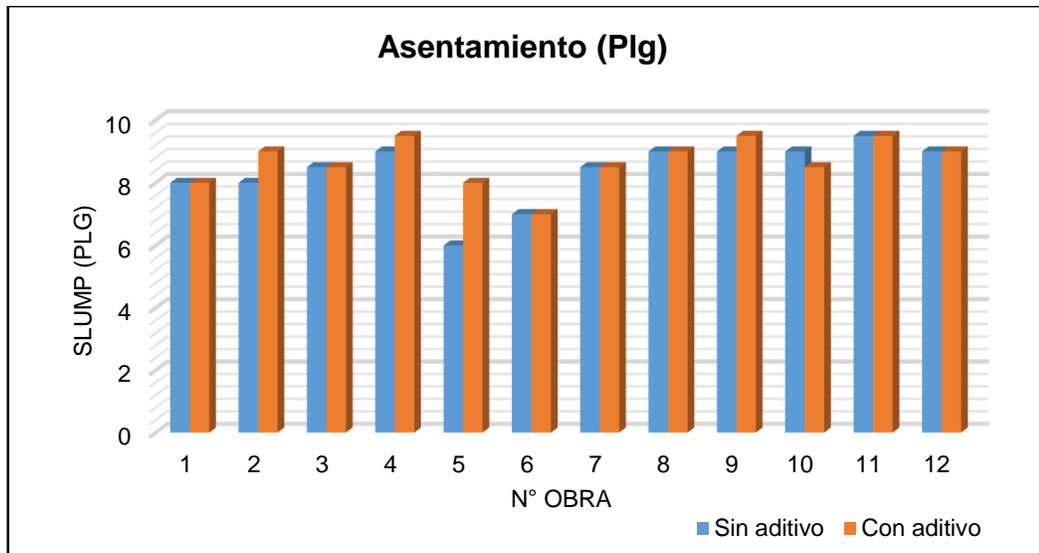


Figura 8.12, Comparación de Trabajabilidad en el Concreto Con Aditivo y Sin Aditivo

8.3.2. Exudación

Propiedad muy frecuente en el concreto pero sobre todo en el concreto informal, por el exceso de agua que se agrega, en la que una porción del agua de mezcla se separa de la masa y aflora hacia la superficie del concreto ya colocado y compactado. Se produce como consecuencia de la deficiencia en los finos o en mezclas con una alta relación agua-cemento; es decir, con mayor cantidad de agua.

Este parámetro se analizó de forma visual en obra, presentándose exudación del concreto en la mayoría de obras, este resultado era previsible debido a la excesiva cantidad de agua que se agrega y el poco tiempo de mezclado que se le da. En la Tabla 8.15 se puede observar que la relación Agua/Cemento es en promedio 0.9, y en algunos casos, pasa la unidad. Estas relaciones encontradas, indican que si hubo exudación, pero van más allá de evaluar esta propiedad, ellas demuestran que al fraguar estos concretos se forma una capa muy pobre en la superficie y con ello se adquiere permeabilidad y baja calidad en la superficie de cualquiera de estas losas.

Nº Obra	Kg de Cemento	Litros de Agua Potable	Relación Agua/Cemento
1	42.5	25	0.59
2	42.5	36	0.85
3	42.5	36	0.85
4	42.5	36	0.85
5	42.5	36	0.85
6	42.5	40	0.94
7	42.5	45	1.06
8	42.5	45	1.06
9	42.5	40	0.94
10	42.5	40	0.94
11	42.5	40	0.94
12	42.5	40.5	0.95

Tabla 8.15, Relación Agua/Cemento según dosificación en Campo

8.4. ANÁLISIS DEL CONCRETO ENDURECIDO

La Resistencia es la capacidad que tiene el concreto para soportar esfuerzos y es un indicador de su calidad, pues con esta propiedad se definirá su comportamiento, junto con el acero, como concreto armado. Se pueden mencionar tres tipos de resistencias a discutir en la presente investigación:

La Resistencia Característica ($f'c$), es la resistencia con que se diseña la estructura y se mide como “El valor promedio de ensayar en compresión a 28 días dos probetas cilíndricas de 6x12 las cuales han sido muestreadas, moldeadas curadas y ensayadas bajo condiciones estándares controladas”. Las fórmulas de diseño compensan el hecho que el concreto vaciado en obra no esté en las condiciones que el $f'c$ si lo está, pues se usan factores de reducción dependiendo del tipo de solicitud.

La Resistencia Requerida ($f'cr$), es el valor promedio al cual se debe apuntar en los ensayos de laboratorio ($f'c$) para que se asegure el sobrediseño de una población de probetas. Se ha comprobado que los resultados de los ensayos de resistencia de una misma población, se agrupan siguiendo una Distribución Probabilística Normal y con lo que se puede predecir su comportamiento. Los valores de Desviación Estándar nos indican que tan dispersos están los resultados; así, valores altos de Desviación Estándar representan resultados muy alejados del promedio, lo que significa baja calidad y por el

contrario un valor pequeño representa uniformidad, en el caso de la investigación no se pudo hallar un D_s ya que solo contamos con 12 resultados.

Resistencia Real de la Estructura (f_s), es el concreto que está verdaderamente colocado y se sabe su resistencia real solo por ensayos de diamantinas, los cuales deben ser en promedio como mínimo el 85% del f'_c . Sin embargo, así sean valores menores son parte de un conjunto que es la estructura y, por lo tanto, este concreto tiene la capacidad de defenderse solo.

8.4.1. Resultados a Compresión Sin Aditivo

Se obtuvo el análisis de la Resistencia del Concreto sin Aditivo y se llegó a resultados que en promedio oscilan en 138 kg/cm^2 y de los cuales solo 2 pasaron el valor de 175 kg/cm^2 . Tal como se planteó en la hipótesis, los concretos producidos en viviendas no superan la resistencia mínima requerida por la Norma E 0.60, la cual exige una Resistencia Característica mínima de 17 Mpa para concretos vaciados como elemento estructural. Al observar la figura 8.13 y de lo comentado anteriormente, se puede deducir que la Resistencia Real de la Estructura (f_s) es inclusive menor que la Resistencia Característica.



Figura 8.13, Resistencia Característica Sin Aditivo

Según el ACI 318-11 para concretos con Resistencias Características menores a 350 Kg/cm^2 la desviación estándar para grado de control deficiente en concreto producido

en obra es de $D_s = 49.2 \text{ Kg/cm}^2$ Si se toma el valor de kg/cm^2 como la Resistencia Requerida, el valor de Desviación Estándar de 49.2 kg/cm^2 , el factor de corrección de 1.16 (por ser menor a 15 ensayos) y estos valores se ingresan en las formulas del ACI (del cual se debe escoger el valor mayor):

$$(1) F'_{cr} = F'_c + 1.34 * D_s * f_c$$

$$138 = F'_c + 1.34 * 49.2 * 1.16$$

$$F'_c = 61.53 \text{ kg/cm}^2$$

$$(2) F'_{cr} = F'_c - 35 + 2.33 * D_s * f_c$$

$$138 = F'_c - 35 + 2.33 * 49.2 * 1.16$$

$$F'_c = 40.0 \text{ kg/cm}^2$$

Con las formulas anteriores llegamos a la conclusión que el F'_c o Resistencia Característica para la que se diseña es 61.53 kg/cm^2 . Se deduce que los concretos de los Conos de Lima adquieren y se “diseñan” para resistencias muy bajas; estos valores se expanden a un 70% de autoconstrucción en el Perú y con ello se demuestra que las viviendas del Perú serían muy vulnerables ante algún evento sísmico.

8.4.2. Resultados a Compresión Con Aditivo

De la misma manera, se obtuvieron los resultados de las Resistencias Características de los Concretos con Aditivo Superplastificante, tal como se observa, la resistencia característica en promedio oscila entre los 184 kg/cm^2 y en 7 de las 12 obras se supera la resistencia mínima requerida que debió tener.

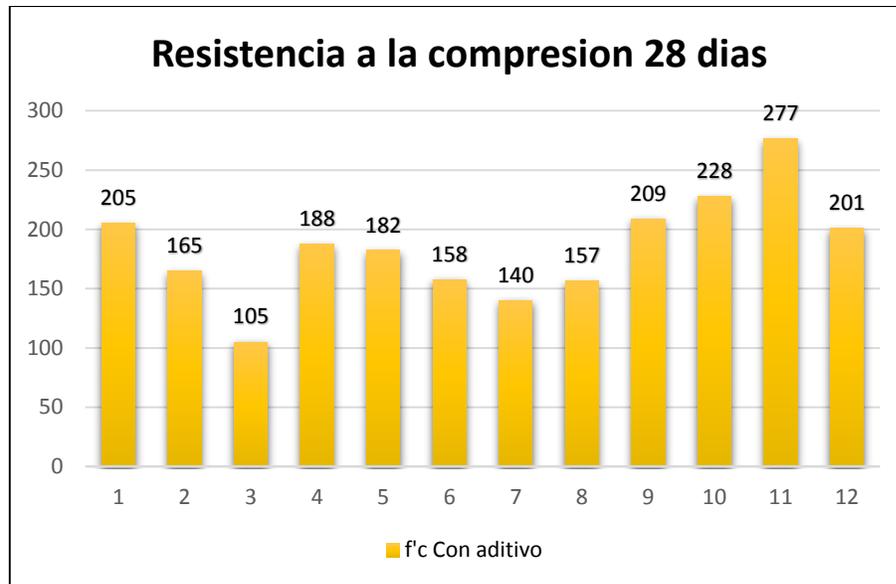


Figura 8.14, Resistencia Característica con Aditivo

Si se toma el valor de 184 Kg/cm^2 como la Resistencia Requerida de las obras de autoconstrucción y además se toma el valor de Desviación Estándar de 49.2 Kg/cm^2 se obtiene como resultado que la Resistencia Característica de la población estudiada fue de 107.52 Kg/cm^2 , valor que supera en un 40% a la Resistencia Característica Sin Aditivo; sin embargo, este valor aun no llega a los 175 Kg/cm^2 que es lo mínimo que pide La Norma.

$$1) F'_{cr} = F'_{c} + 1.34 \cdot D_s \cdot f_c$$

$$184 = F'_{c} + 1.34 \cdot 49.2 \cdot 1.16$$

$$F'_{c} = 107.52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(2) F'_{cr} = F'_{c} - 35 + 2.33 \cdot D_s \cdot f_c$$

$$184 = F'_{c} - 35 + 2.33 \cdot 49.2 \cdot 1.16$$

$$F'_{c} = 86 \text{ Kg/cm}^2$$

8.4.3. Análisis Comparativo de los Resultados a Compresión Con y Sin Aditivo

Comparando ambas muestras, Concreto Sin Aditivo y Concreto Con Aditivo, se observaron incrementos (y en un caso decremento) como el 30, 39, 15, 30, -8, 43, 76, 61, 55, 37, 10 y el 103 por ciento. Valores distintos entre ellos, porque cada obra fue

única y con propias características, pero finalmente se demuestra que el Aditivo Superplastificante ayudó a mejorar la calidad del concreto en el 90% de los casos.

El $f'c$ sin aditivo 61.5 kg/cm^2 y el $f'c$ con aditivo 107.5 kg/cm^2 son valores con los que teóricamente los Maestros de obra están diseñando, según sea el caso. Si bien el aditivo no da la solución óptima al problema del concreto informal, ayuda en dos aspectos, a aumentar la calidad del subconcreto que se produce y a darle la apariencia y reología que el maestro de obra espera, pero que la da aumentando agua.

Resistencia a los 28 días $f'c$ (kg/cm^2)			
Nº Obra	$f'c$ Sin Aditivo	$f'c$ Con aditivo	% de incremento
1	158,00	205,15	30%
2	118,75	164,70	39%
3	91,40	105,00	15%
4	144,55	187,60	30%
5	198,10	182,15	-8%
6	110,05	157,75	43%
7	79,45	140,20	76%
8	97,30	156,55	61%
9	135,15	208,90	55%
10	166,45	227,60	37%
11	251,70	276,55	10%
12	99,10	201,00	103%

Tabla 8.16, $f'c$ sin aditivo y con aditivo

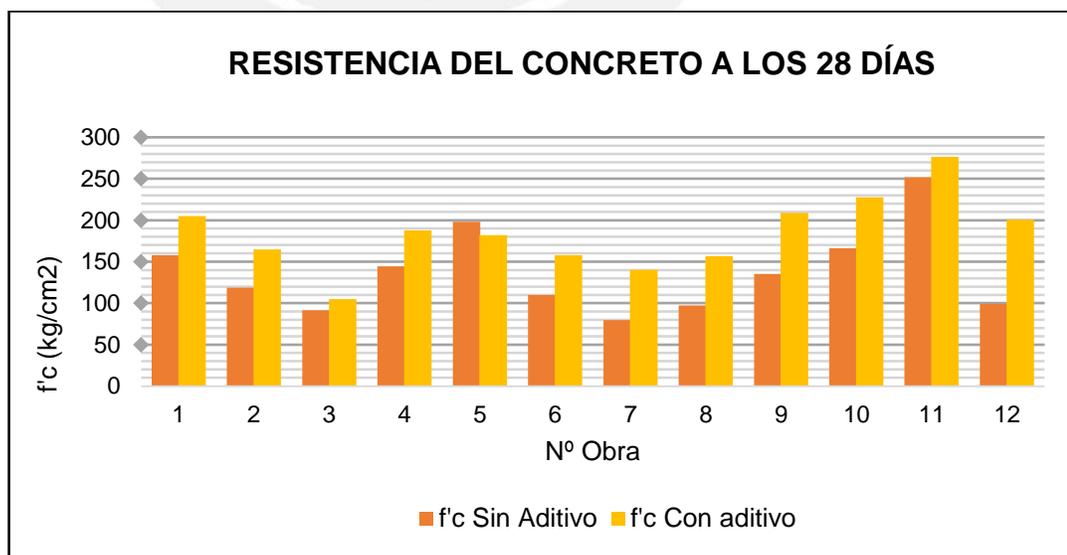


Figura 8.17, $f'c$ Sin Aditivo y Con Aditivo

CAPÍTULO 9: ALTERNATIVAS DE MEJORA

Durante el trabajo de campo se llegó a resultados que indican que los concretos de viviendas en los conos de Lima son, indudablemente, de baja calidad a pesar de la cantidad de cemento que se usa. Es por ello, que como parte de esta investigación se desea dejar propuestas que sirva de herramienta a los Maestros de Obra o sirvan como inquietud para otros trabajos de investigación.

9.1. USO DE CANTIDAD NECESARIA DE AGUA

Los materiales que se usan en las construcciones informales como el cemento y el agua potable, son materiales procesados y, bajo condiciones normales, aptos para el concreto. Sin embargo, los agregados finos y gruesos son materiales variables en sus propiedades, pues en cada caso las propiedades físicas son diferentes (aunque por tratarse de una misma zona estudiada lo más probables es que vengan de canteras cercanas).

El concepto Modulo de Fineza Global podría ser una herramienta de solución para controlar la granulometría y uniformidad de las mezclas en Obras de Autoconstrucción. Para ello es necesario crear tablas en las que, para varios Módulo de Fineza Global, se conozcan parámetros como la Relación Agua/Cemento, Slump, etc. y con ello el Maestro de Obra se pueda guiar y alcanzar valores similares solo controlando el Modulo de Fineza Global. Para ello es necesario hacer varias pruebas de laboratorio y estandarizarlas, sin embargo, esta propuesta escapa del alcance de esta investigación.

Como se ha visto, lo que más afecta al concreto es la cantidad excesiva de agua que se le echa a la mezclas, es por ello, que una solución sencilla es analizar la Tabla 8.13 de diseños de concretos por el método del ACI. Según esta tabla, la cantidad de agua que se debe proporcionar a concretos vaciados en losas unifamiliares es 30 Lts en promedio, y una opción sencilla es, a los baldes de 20 litros hacerle agujeros en las $\frac{3}{4}$ partes de su altura para obtener el balde lleno con 15 Lts y proporcionar dos de esos baldes a la mezcla, por bolsa de cemento, y con ello controlar la cantidad de agua que se agrega a la mezcla. Sin embargo, esta alternativa no es fácil de poner en práctica ya que es trabajo de concientización a los Maestros de Obra mediante campañas o publicidad.

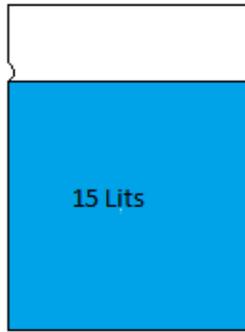


Figura 9.1, Balde de 20 Lts, al que se le hacen agujeros para asegurar que solo cargue 15 Lts y se utilice 2 baldes por bolsa de cemento.

9.2. USO DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Como se explicó en el trabajo de campo, el concreto de las obras de viviendas se produjo agregando 425 ml de aditivo superplastificante a la mezcla con la finalidad que esta se parezca a la reología del concreto que ellos producen sin aditivo. Los resultados de los ensayos realizados a los 28 días con aditivo y sin aditivo fueron distintos y mucho más beneficiosos para el caso del concreto con aditivo.

Se observa como al usar el aditivo superplastificante, el concreto aumenta en resistencia. En estos casos, el aditivo actuó como reductor de agua. La desventaja de esta alternativa es que pocos maestros de obra y propietarios conocen los tipos de aditivos que hay en el mercado, la facilidad de uso y los beneficios que con ellos pueden obtener en el concreto.

CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones finales del estudio:

- El concreto producido en los conos de Lima presenta problemas de control de calidad, pues así lo han evidenciado los resultados de la investigación, en donde demuestra que la calidad de estos concretos están por debajo de lo requerido por las normas vigentes; esto se debe a las malas prácticas que se tiene en el procedimiento y elaboración del concreto hecho en obra.
- Los materiales que utilizan en las obras informales no se cuantifican ni califican; en la producción del concreto lo único que es constante es la cantidad de cemento (una bolsa por cada tanda). El mismo proceso se repite en muchas construcciones de Lima, solo basta hacer un recorrido por la ciudad, para encontrar prácticas similares a las obras escogidas en esta investigación.
- Los resultados de las muestras de agregados de cada obra demuestran que éstos son adecuados para diseñar una buena mezcla de concreto. El Porcentaje de Absorción en el Agregado Grueso (Figura 8.5), presenta valores mínimos y casi similares, lo que indica que estos agregados son de baja absorción, alta resistencia y de buena calidad; asimismo, el Tamaño Máximo Nominal usado en las obras informales cae dentro del rango del Huso 5. Por otro lado, el Porcentaje que pasa la malla #200 en el Agregado Fino, presenta valores máximos permitidos por la Norma; es decir, gran cantidad de finos; sin embargo, este desempeño del material es suficiente para concretos de viviendas.
- El trabajo de campo tuvo su alcance sólo en concretos producidos para losas de techo. En esta actividad los responsables de la obra contratan el alquiler de la mezcladora para concreto, el cual incluye un personal encargado de manipular la máquina. Los vaciados de losas se realizaron durante el día (mañana – tarde), de acuerdo a la programación del maestro de obra. Por lo tanto, la mezcladora puede estar alquilada hasta para dos llenados durante el día, esto implica que el interés del personal contratado es terminar rápidamente el vaciado de la losa

para retirarse a la siguiente obra. Concluyendo así que los maestros de obra adicionan agua a la mezcla de concreto para que ésta sea fácil de colocar y manipular y por lo tanto acabar con la jornada.

- En promedio, la cantidad de agua en la mezcla fue 38.3 litros por bolsa de cemento; sin embargo, al realizar los diseños de mezcla teóricos por el método del ACI, la cantidad de agua necesaria corresponde a un promedio de 31 litros de agua por bolsa de cemento (Tabla 8.13). Este exceso de agua en la mezcla afecta considerablemente la calidad del concreto; si bien es cierto, aumenta su manejabilidad pero disminuye su resistencia.
- La propuesta del uso del aditivo plastificante fue considerada interesante para los maestros de obra, quienes en su mayoría se mostraron abiertos a emplearlo y dispuestos a colaborar con los ensayos programados como parte de la investigación. Por el contrario, a quienes les incomodó el uso de este aditivo fue a los maquinistas, encargados de adicionar el agua de mezcla a la tanda, quienes consideraban que agregar otro elemento les complicaba su trabajo; más aún cuando se tenía que ingresar a su espacio de trabajo para obtener la mezcla con la que se realizaría los ensayos.
- En promedio, los maquinistas utilizan dos baldes de agua por bolsa de cemento, pero para la investigación se tenía que añadir menos agua a la mezcla para así volver la pasta más concentrada; esta práctica no se les hizo fácil pues modificaba la rutina de trabajo a la que estaban acostumbrados. Para no interferir en ello se optó por colocar una persona o ser las mismas tesisistas las que ayuden al maquinista a echar el aditivo a la mezcla.
- Las pruebas en el concreto fresco se realizaron de forma correcta; todas las herramientas requeridas estaban en perfecto estado. Luego de ello se elaboraron las probetas y cuando esta actividad se dio por finalizada, se observó que los maquinistas dejaron de incluir el aditivo a sus mezclas y retomaron el exceso de agua al que están acostumbrados. Lamentablemente, los maestros de obra no les decían nada e hicieron caso omiso a las recomendaciones brindadas para mejorar la calidad del concreto. Es necesario la participación del propietario en la

producción del concreto, debido a que es el más interesado en obtener una casa segura y de calidad.

- Los asentamientos en los Concretos Sin Aditivo fueron muy altos, lo que significa un exceso de fluidez en la mezcla, la mayoría de los casos resultaron tener un Slump mayor a 8 pulgadas (valores de asentamiento que corresponden a concretos con aditivo), con respecto a la relación agua/cemento el rango fue entre 0,6 y 1,1 (Tabla 8.15); ambos indicadores advierten la alta cantidad de agua que contiene la mezcla. Como consecuencia el concreto sufrirá retracción y fisuración; además el refuerzo estará vulnerable a los agentes de humedad, sales y polución ambiental.
- Las obras de autoconstrucción utilizan en promedio ocho bolsas de cemento por metro cubico de concreto para los vaciados de losas de techo (Tabla 8.10); en otras palabras, emplean 340 kg de cemento para obtener resistencias características de 138 Kg/cm^2 . Esta cantidad de cemento es bastante y por ende costoso, sobre todo cuando el avance tecnológico de los aditivos en los últimos años, permite reducir el consumo de cemento y obtener concretos de altas resistencias.
- Las probetas de concreto de las doce obras estudiadas desarrollaron su resistencia característica a los 28 días, tal como se muestra en la Figura 8.13. De acuerdo a la hipótesis planteada, el 83% de las muestras alcanzaron resistencias características menores a 17Mpa, incumpliendo así el valor mínimo requerido por la Norma E.060 [Ref. 4]. Tomando en cuenta que la Resistencia Real de la estructura es en promedio el 85% de la Resistencia Característica; entonces se tendrá como producto un concreto débil y de menor durabilidad.
- Al incorporar aditivo en la mezcla de concreto, su resistencia característica se incrementó notablemente, ésta aumentó en un 25% en comparación al concreto sin aditivo. El promedio de los valores de resistencias obtenido es de 184 Kg/cm^2 , superando la resistencia mínimo recomendada por La Norma. Si bien es cierto, el uso de los aditivos no soluciona el problema de la autoconstrucción;

de cualquier modo, éstos ayudan a mitigar y mejorar las propiedades del concreto, aumentando su calidad.

- Es desolador que la falta de asesoría técnica, los eternos y costosos trámites municipales, y la ausencia de fiscalizadores conlleve a la edificación de viviendas de manera informal. Generalmente, el propietario del terreno, frente a la necesidad de vivienda, opta por evadir todo trámite legal. Por si no fuese suficiente, la falta de recursos económicos es la fuente principal para que los dueños no contraten los servicios de empresas constructoras formales, y eligen depositar su confianza en los maestros de obra para cumplir con el sueño de la ansiada casa.
- En el estudio antecedente realizado entre los años 2001 y 2002 por el Ingeniero Pasquel se obtuvo resistencia a la compresión del concreto fue de 138 Kg/cm^2 . En el caso de la presente investigación la resistencia a la compresión también fue de 138 Kg/cm^2 . Con dichos valores coincidentes se puede inferir que 15 años después estos valores no han cambiado y se sigue produciendo concretos de mala calidad, a pesar de la tecnología del concreto se ha desarrollado notablemente.
- En conclusión, la presente investigación, que cuenta con trabajos de campo realizados a finales del año 2014 e inicios del 2015, es un gran paso para que futuros investigadores continúen ampliando los estudios a esta problemática que es la autoconstrucción y se planteen más alternativas de solución que ayuden a disminuir cada vez más esta actividad. La informalidad en la construcción peruana va mucho más allá de una losa aligerada con mala calidad; sino que, se extiende a la estructura en general: diseño y construcción empírica para un 70% de las construcciones totales de la capital. Es preocupante saber que la mayoría de viviendas en Lima no están preparadas para soportar un evento sísmico de gran magnitud, y que el desplome de muchas serán la causa de los daños a las personas que las habitan.

REFERENCIAS

1. MAYA, E. *El sector privado y la vivienda de interés social en la zona metropolitana de la ciudad de México*. México. Hipotecaria Su Casita, 1975.
2. FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (FMI). *Perspectivas de la economía mundial: Crecimiento demasiado lento por demasiado tiempo*. Washington: FMI, 2016.
3. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). *Un espacio para el desarrollo: Los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe*. Washington DC.: BID, 2012.
4. SENCICO. *Norma Técnica de Edificación E.060, Concreto Armado, Reglamento Nacional de Construcciones*. Lima, 2009.
5. PASQUEL, E. *Mitos y realidades del concreto elaborado con mezcladora en obra*. Lima: Seminario N° 01 de YoConstructor. Auditorio del Centro Comercial Plaza Norte, 2013.
6. WIESENFELD, E. *La autoconstrucción: un estudio psicosocial del significado de la vivienda*. Venezuela. Fondo Editorial Humanidades, 2001.
7. AYLLÓN, J. *Requisitos para el desarrollo urbano y la planificación de infraestructura urbana en la ciudad de Lima*. Lima: CAPECO, Foro Vías al futuro – Soluciones modernas de transporte “Made in Germany”, 2011.
8. STEVEN H. Kosmatka y otros. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). USA, 2004.
9. ANDER-EGG, E. *Autoconstrucción y ayuda mutua: el trabajador social en programas de vivienda*. Alicante: Hvmanitas, 1985.

10. KUROIWA, J. *Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas del Perú*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016.
11. SÁNCHEZ, A. *Migraciones Internas en el Perú*. Lima: Organización Internacional para las Migraciones, 2012.
12. FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO (FICEM). *Informe Estadístico*. Bogotá: FICEM, 2013.
13. VENTAS, L. “¿Por qué el 90% de los terremotos suceden en el Cinturón del Pacífico?”. BBC Mundo, 26 de agosto, 2014.
14. SÁNCHEZ, A. *Nota de Prensa N°127*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2016.
15. ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO (ASOCEM). *Indicadores Internacionales 2014*.
16. HORVATH A. *Construction Materials and The Environment. Annual Review of Environment and Resources. Vol. 29: 181-204, 2004*.
17. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI) (ACI 116R-00). *Cement and Concrete Terminology*. Michigan, USA, 2000.
18. BLONDET, M. *Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería para Albañiles y Maestros de Obra*. Lima: Segunda Edición, 2005.
19. ARAGÓN, S. *Manual de Elaboración de Concreto en Obra*. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC), 2013.
20. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI), *Terminología del Cemento y del Concreto ACI 116R-00*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), 2002.

BIBLIOGRAFÍA

- OLIVEN, R. *Marginalidad urbana en América Latina*. Revista EURE – Revista de Estudios Urbano Regionales, 7 (19), 2014.
- Centro de Investigaciones y Proyectos Urbanos y Regionales (CIPUR). *Perspectivas y posibilidades para una política de vivienda en el Perú*. Lima: CIPUR, 2003.
- GÁLVEZ, A. *Qué tan segura es la vivienda en los conos ante un terremoto*. Lima: Seminario N° 01 de YoConstructor. Auditorio del Centro Comercial Plaza Norte, 2013.
- KUROIWA, J. *¡Alto a los desastres!: viviendas seguras y saludables para los peruanos con menores recursos*. Lima: Umbral, 2010.
- PASQUEL, E. *Tópicos de tecnología del concreto*. Segunda edición, 1952 - 1996.
- MUÑOZ, A. *Apuntes del curso Ingeniería Antisísmica*. Lima: PUCP, 2015.
- ARPAD HORVATH. *Construction Materials and the Environment*. California, USA, 2004.
- MARTÍNEZ, H. *Panorama de las edificaciones en Lima*. Entrevista en *Mundo Empresarial*, GIUFFRA, B. Lima: Canal N, 2010.
- CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL UNIVERSIDAD DE CHILE (CSN). *Informe Técnico Terremoto de Iquique 1 de abril de 2014*. Santiago: CSN, 2014.
- HERNÁNDEZ, R. *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México D.F. 2014.