

# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*



## ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL MODALIDAD PRESENCIAL

### Control de calidad y productividad en la construcción del programa habitacional de interés social Ciudad Alegría

Trabajo de fin de carrera  
previo a la obtención del  
título de Ingeniero Civil.

**AUTOR:** Manuel Enrique Cevallos Maza

**DIRECTOR:** Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío

**LOJA – ECUADOR**

**2012**

Loja, Mayo del 2012

Ing.

Jorge Luis Palacios Riofrío.

**DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UTPL**

**DIRECTOR DE TESIS**

**CERTIFICA:**

Que luego de haber dirigido y asesorado el trabajo de investigación: “**CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA**” elaborado por el Sr. Manuel Enrique Cevallos Maza, previa la obtención del título de Ingeniero Civil, apruebo su estructura y contenido, certifico su autenticidad y autorizo su presentación.

.....

Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío.

**DIRECTOR DE TESIS**

## CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Manuel Enrique Cevallos Maza, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del estatuto orgánico de la Universidad Técnica Particular que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigación, trabajo científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

.....  
Manuel Enrique Cevallos Maza

CI: 1103780472

## **AUTORÍA:**

El presente trabajo investigativo, en su estructura teórica, metodológica, resultados, análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones vertidas son de exclusividad y responsabilidad del autor, las citas, transcripciones y referencias han sido debidamente determinadas y anunciadas.

.....  
Manuel Enrique Cevallos Maza

**AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO:**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi hermano Héctor y a su familia por su permanente apoyo y comprensión, a mis profesores por sus sabias enseñanzas difundidas en el transcurso de mi vida universitaria; a mis compañeros de mi querida escuela de Ingeniería Civil y, a todos quienes permitieron y colaboraron para la realización de esta tesis, particularmente a el Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío, director de la misma, puesto que sin su colaboración y guía no habría sido posible la realización de este trabajo.

.....

Manuel Enrique Cevallos Maza

**AUTOR**

## DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar este trabajo a Dios, agradeciendo por todas las bendiciones que ha puesto en mi vida aún sin merecerlas, pues todo lo que ahora soy y algún día llegaré a ser se lo debo a él y a mi Santa Madre Virgen.

A mi madre y sobrino que desde el cielo estoy seguro han cuidado de mí, dándome fuerzas para no desmayar ante las grandes adversidades de la vida.

A mi querido hermano Héctor, ejemplo de perseverancia, generosidad y dedicación al trabajo, porque gracias a su permanente e incalculable apoyo fui capaz de culminar mis estudios universitarios.

A mí hermana, padre, cuñada y sobrinos quienes han estado cerca de mí durante todo este tiempo.

A mi gran amiga Daniela y demás buenos amigos que desinteresadamente me han llenado de fuerzas para seguir adelante.

A todos mis seres queridos GRACIAS.

Manuel Enrique Cevallos Maza

# ÍNDICE

CERTIFICACIÓN .....	i
CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
AUTORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. OBJETIVOS GENERALES.....	2
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	3
1.3. METODOLOGÍA .....	5
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>12</b>
2.1. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN .....	12
2.1.1. IMPACTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CONSTRUCCIÓN.....	13
2.1.2. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD.....	15
2.1.3. MÉTODOS PARA EVALUAR Y CONTROLAR LA PRODUCTIVIDAD. ....	16
2.1.3.1. MUESTREO DE TRABAJO .....	17
2.1.4. PÉRDIDAS .....	18
2.1.5. MEDICIÓN DE NIVELES DE ACTIVIDAD EN OTROS PROYECTOS .....	21
2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HABITACIONAL DE INTERES SOCIAL “CIUDAD ALEGRÍA” - ETAPA I. ....	21
2.2.1. CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN .....	22
2.2.2. CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	22

2.2.3.	PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS .....	25
2.2.4.	CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN .....	26
2.2.5.	CURADO DEL HORMIGÓN .....	29
2.2.6.	RESISTENCIA REQUERIDA DEL HORMIGÓN .....	31
<b>3.</b>	<b>NIVELES DE ACTIVIDAD .....</b>	<b>39</b>
3.1.	GENERALIDADES .....	39
3.1.1.	UBICACIÓN.....	41
3.1.2.	BENEFICIARIOS.....	42
3.1.3.	CONSTRUCTORES PARTICIPANTES.....	42
3.2.	ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DE ACTIVIDAD EN EL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL “CIUDAD ALEGRÍA” – ETAPA I.....	44
3.2.1.	ANÁLISIS POR CONTRATISTA .....	49
3.2.2.	ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO .....	58
<b>4.</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN .....</b>	<b>65</b>
4.1.	GENERALIDADES .....	65
4.2.	CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS .....	66
4.2.1	CALIDAD DE LOS AGREGADOS .....	67
4.2.2	CALIDAD DEL AGUA DE MEZCLADO.....	71
4.2.3	USO DE ADITIVOS.....	73
4.2.4	CALIDAD DEL CEMENTO .....	73
4.3.	CONTROL DEL PROPORCIONAMIENTO .....	75
4.4.	CONTROL DEL ASENTAMIENTO .....	77
4.5.	CONTROL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	79
4.6.	MÉTODOS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS.....	93
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
5.1.	CONCLUSIONES.....	100
5.2.	RECOMENDACIONES.....	101

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	103
----------------------------------	-----

## **ANEXOS**

ANEXO I.....	107
ANEXO II.....	112
ANEXO III.....	115

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

FIGURA 2.1: MODELO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN. ....	15
FIGURA 2.2: CATEGORÍA DE PÉRDIDAS. (SERPELL, 1995).....	19
FIGURA 2.3: CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE PÉRDIDA. (ALARCON, 1994).....	20

### **3. NIVELES DE ACTIVIDAD**

FIGURA 3.1: UBICACIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA” .....	41
--	----

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

GRÁFICA 2.1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CEMENTO PORTLAND NORMAL PARA DIFERENTES EDADES. ....	33
--	----

### 3. NIVELES DE ACTIVIDAD

GRÁFICA 3.1: DISTRIBUCIÓN DE TRABAJO DEL CONTRATISTA 15. ....	54
GRÁFICA 3.2: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTORIO CORRESPONDIENTE AL CONTRATISTA 15. ....	55
GRÁFICA 3.3: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO NO CONTRIBUTORIO CORRESPONDIENTE AL CONTRATISTA 15..	55
GRÁFICA 3.4: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CORRESPONDIENTE AL CONTRATISTA 2. ....	56
GRÁFICA 3.5: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTORIO CORRESPONDIENTE AL CONTRATISTA 2.....	57
GRÁFICA 3.6: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO NO CONTRIBUTORIO CORRESPONDIENTE AL CONTRATISTA 2....	57
GRÁFICA 3.7: NIVELES DE ACTIVIDAD POR CONTRATISTA. ....	58
GRÁFICA 3.8: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.	60
GRÁFICA 3.9: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTORIO EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”-ETAPA I.....	60
GRÁFICA 3.10: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO NO CONTRIBUTORIO EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.....	62
GRÁFICA 3.11: VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE ACTIVIDAD EN LA CIUDAD DE LOJA. ....	64

### 4. CONTROL DE CALIDAD

GRÁFICA 4.1: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.....	70
GRÁFICA 4.2: CALIDAD DEL AGUA DE MEZCLADO UTILIZADA EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”-ETAPA I.....	72
GRÁFICA 4.3: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A CIMIENTOS....	83
GRÁFICA 4.4: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A CADENAS. ....	85
GRÁFICA 4.5: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A COLUMNAS...87	
GRÁFICA 4.6: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A LOSAS. ....	89
GRÁFICA 4.7: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A GRADAS. ....	91
GRÁFICA 4.8: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A CONTRA PISOS.92	
GRÁFICA 4.9: RESISTENCIA ESTIMADA A LOS 28 DÍAS EN MUESTRAS CORRESPONDIENTES A HORMIGÓN DE $f'c28 = 210\text{KG}/\text{CM}^2$ .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

### **1. INTRODUCCIÓN**

TABLA 1.1: MUESTRAS REQUERIDAS EN UN LOTE DE FUNDIDO.....	8
TABLA 1.2: VALORES DE Z SEGÚN EL NIVEL DE CONFIANZA.....	9

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS`**

TABLA 2.1: PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	21
TABLA 2.2: CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN FRESCO.....	28
TABLA 2.3: COEFICIENTES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA DISTINTAS EDADES.....	33
TABLA 2.4: COEFICIENTES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA DISTINTAS EDADES SEGÚN C.E.B. ....	34
TABLA 2.5: COEFICIENTES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA DISTINTAS EDADES SEGÚN PETERSONS.....	34
TABLA 2.6: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ESTIMADA A DIFERENTES EDADES SEGÚN VARIOS AUTORES... ..	37

### **3. NIVELES DE ACTIVIDAD**

TABLA 3.1: CONTRATISTAS PARTICIPANTES EN EL PROGRAMA HABITACIONAL "CIUDAD ALEGRÍA".....	43
TABLA 3.2: TIEMPOS DE TRABAJOS ÓPTIMOS Y NORMALES. ....	50
TABLA 3.3: COEFICIENTE "P" PARA CONDICIONES ÓPTIMAS Y NORMALES.....	52
TABLA 3.4: COEFICIENTE "P" PARA LOS 19 CONTRATISTAS.....	53
TABLA 3.5: TIEMPOS DE TRABAJOS ÓPTIMOS Y NORMALES. ....	63

### **4. CONTROL DE CALIDAD**

TABLA 4.1: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS SEGÚN CADA CONTRATISTA.....	69
TABLA 4.2: REQUISITOS FÍSICOS NORMALIZADOS DEL CEMENTO. ....	74
TABLA 4.3: DOSIFICACIÓN TIPO SEGÚN RESISTENCIA REQUERIDA.....	76
TABLA 4.4: ANÁLISIS DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN CIMIENTOS DEL PROYECTO HABITACIONAL "CIUDAD ALEGRÍA"- ETAPA I.....	81
TABLA 4.5: ANÁLISIS DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN CADENAS DEL PROYECTO HABITACIONAL "CIUDAD ALEGRÍA"- ETAPA I.....	83

TABLA 4.6: ANÁLISIS DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN COLUMNAS DEL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.....	..85
TABLA 4.7: ANÁLISIS DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN LOSAS DEL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.....	..88
TABLA 4.8: ANÁLISIS DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN GRADAS DEL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.....	..90
TABLA 4.9: ANÁLISIS DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN CONTRA PISOS DEL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I.....	..91
TABLA 4.10: ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA – ETAPA I”.....	96
TABLA 4.11: ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD REALIZADO EN EL PROYECTO HABITACIONAL “CIUDAD ALEGRÍA-ETAPA I”.....	..97

## RESUMEN

El constructor busca a toda costa su rentabilidad, misma que es dependiente de la productividad obtenida durante el desarrollo del proyecto, si se consiguiese que esta productividad sea óptima, la ganancia del constructor sería segura, entonces determinar la productividad y los factores que disminuyen la misma es de vital importancia.

En este estudio se realizó el control de calidad al hormigón utilizado en la construcción de las 231 unidades habitacionales, mediante inspecciones y procedimientos normados que permiten determinar las características del hormigón en estado fresco y endurecido.

Para el estudio de la productividad se realizó la medición de los niveles de actividad a los 19 contratistas participantes mediante observación simple, como también se estudió las metodologías empleadas por cada uno de ellos.

Concluyendo, esta investigación permitió determinar el descenso de la productividad en estos últimos años del sector de la construcción de nuestro medio, descenso que principalmente se debió al exceso de actividades correspondientes al trabajo contributivo. Se determinó deficiencias en la calidad del hormigón utilizado y una administración no satisfactoria en su totalidad por parte de contratistas y fiscalización.

## **ABSTRACT**

On the other hand the constructor looks at the profitability at all costs, it is dependent on the productivity gained during the project, if they know that the productivity is optimal, the gain would be safe for the constructor, then the determination of productivity and factors which decrease the same as of vital importance.

In the present study was performed to control the quality of concrete used in the constructions of 231 housing units, through inspections and regulated procedures that allows to determine the characteristics of the concrete is fresh and hardened.

For the study of productivity in the project was conducted to measure activity levels for each of the 19 participating contractors through simple observation, and also the studies of the methodologies used by each one of them.

In conclusion, the development of the present research allowed to determine the reduction of the productivity in recent years, the construction of our environment is a reduction which was mainly due to excess of work activities corresponding to the contributory work. Also, it is determined that deficiencies in the quality of concrete used, as well as adequate unsatisfactory administration is in total , on the part of the contractors and oversight.



## 1. INTRODUCCIÓN

Serpell (2002), dice que la industria de la construcción es un área de gran actividad e importancia dentro del desarrollo económico de un país. Un análisis simple permite comprobar que todos los seres humanos son usuarios intensivos de productos de la construcción.

Pues la construcción tiene una alta incidencia dentro de la economía y progreso de un país, ya que como industria genera una gran cantidad de empleo directa e indirectamente, promueve también a la pequeña y grande industria productora de la materia prima necesaria en la construcción, como también incide positivamente en innumerables comercios que de manera indirecta se relacionan. Todo esto con el propósito de solucionar la demanda de infraestructura de tipo social y económica que toda sociedad requiere.

En el campo de la construcción se pueden producir un sin número de variaciones en cuanto respecta a la calidad de los materiales utilizados en ella, como por las variabilidades correspondientes a la productividad en cada fase del proyecto según el manejo de las herramientas utilizadas por el constructor.

Para Botero (2003), debido a la búsqueda de un mejoramiento continuo de los procesos constructivos, surge la filosofía Lean Construcción (Construcción sin pérdidas), cuyos métodos aplicados en la construcción buscan la optimización de recursos, costos y tiempos teniendo como base conceptual la teoría de la producción lean (producción sin pérdidas).



El proyecto de construcción del programa habitacional de interés social “Ciudad Alegría” Etapa I, comprende la participación de 19 contratistas con contratos de construcción de 10 y 15 unidades habitacionales. Claro está que cada contratista o empresa constructora participante tendrá metodologías constructivas diferentes. Estas metodologías comprenden el manejo, distribución, organización y control del equipo humano y mecánico disponible para el proyecto, dichas técnicas serán unas más eficientes que otras reflejándose esto en el desenvolvimiento general del proyecto, medido por el cumplimiento de plazos y requerimientos de calidad que especifican los documentos contractuales.

Según la filosofía de Lean Construcción es necesario aplicar técnicas que permitan determinar la productividad en un proyecto; entre estas tenemos muestreos representativos, una acertada planificación, cadena de mando correcta como perfecta interacción entre sus participantes.

El control de calidad dentro de la construcción busca llevar un registro del cumplimiento de las características mínimas que deben tener los materiales utilizados durante la ejecución de cualquier proyecto, se consideró como ítem principal el hormigón y sus características propias que definan su calidad.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVOS GENERALES**

- Evaluar la productividad en la construcción del programa habitacional de interés social “Ciudad Alegría” etapa I, de la ciudad de Loja.
- Controlar la calidad de las edificaciones del programa habitacional de interés social “Ciudad Alegría” etapa I, de la ciudad de Loja.



### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar y medir los niveles de actividad en el proyecto de vivienda social “Ciudad Alegría” etapa I.
- Controlar la calidad de los materiales empleados en el proyecto habitacional.
- Identificar y evaluar las tecnologías constructivas utilizadas en el proyecto habitacional.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Hoy en día en toda Latinoamérica existe un gran déficit de vivienda de interés social sin quedarse fuera Ecuador y más específicamente nuestra provincia de Loja, pues de acuerdo con el VII Censo de Población realizado el 2010, la provincia de Loja tiene 448.966 habitantes, lo que representa una demanda de 17006 soluciones habitacionales en su cabecera provincial cantón Loja, y de 7967 en los otros 15 cantones de la provincia, este déficit es significativo y va creciendo al mismo ritmo de la población, (INEC, 2011).

Con la finalidad de satisfacer esta demanda habitacional en el cantón Loja se han empezado a desarrollar algunos proyectos habitacionales de interés social, la construcción de la urbanización “Ciudad Victoria”, fue el primer plan de vivienda de interés social ejecutado en su totalidad.

En la etapa I del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, se trabajó en la edificación de 231 unidades habitacionales de dos plantas, adjudicadas a 19 contratistas en lotes de 10 y 15 casas a cada uno de ellos, según los requisitos estipulados en los pliegos elaborados por la entidad contratante, siendo la



EMPRESA MUNICIPAL DE VIVIENDA VIVEM – LOJA, la que llevo el proceso de evaluación de ofertas.

El presente proyecto investigativo “CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA”- ETAPA I, surge de la necesidad de evaluar la productividad de cada uno de los contratistas participantes y de todo el proyecto habitacional en conjunto para así determinar los niveles de actividad presentes durante la construcción del mismo, estableciendo causas, actividades y malas técnicas constructivas que causan bajos niveles de productividad. Se busca también evaluar la calidad en la construcción, así como pérdidas económicas generadas tanto a los contratistas como al proyecto en conjunto, esto debido a que para este tipo de proyectos de interés social generalmente se cuenta con presupuestos limitados. Se busca así optimizar los procedimientos y técnicas constructivas para lograr una buena calidad en el producto final y en la rentabilidad para los contratistas participantes logrando de esta manera equiparar los intereses por parte de la entidad contratante y los contratistas.

El control de calidad del proyecto es un ítem de suma importancia ya que permite estimar el cumplimiento del objetivo principal de la urbanización de interés social “Ciudad Alegría”, que es brindar solución habitacional a la clase media – baja de la ciudad de Loja a costos accesibles, brindando seguridad y confort en cada una de las unidades habitacionales construidas.

Básicamente el control de calidad mencionado consiste en el control de los materiales utilizados en obra, especialmente la verificación de las características mínimas requeridas por el hormigón para su correcto funcionamiento como elemento estructural, considerándose también el tipo de curado que se le da a



cada elemento conformado por hormigón, ayudados por pruebas realizadas al hormigón en estado fresco y endurecido.

### **1.3. METODOLOGÍA**

Para desarrollar la presente investigación la escuela de Ingeniería Civil de la UTPL, intervino gestionando las facilidades de participación como parte del equipo de fiscalización del proyecto habitacional de interés social “Ciudad Alegría”, mediante un convenio con la empresa municipal VIVEM LOJA, lo que permitió que profesionales en formación con niveles de conocimientos acorde a las actividades a desarrollar participen directamente como parte del equipo de fiscalización, facilitando la recolección de datos, entrevistas, acceso a documentos e información concernientes al desarrollo del proyecto.

Seguidamente como parte del desarrollo de la investigación se procedió a la recopilación bibliográfica (libros, revistas, papers, documentos de la web, etc.) concernientes a la productividad, control de calidad del hormigón, gestión de la construcción, Lean Construction, etc., con la finalidad de adquirir los conocimientos necesarios que se aplicaron en el desarrollo de la presente.

Con los conocimientos necesarios sobre la problemática, participantes y facilidades dentro del proyecto, se procedió a elaborar los formatos necesarios para la recolección de la información en obra a cada uno de los 19 contratistas participantes, a través de variables que identifiquen de manera correcta los niveles de actividad. Dentro de dichas variables se consideraron las necesarias para obtener información sobre actividades de mayor incidencia, procesos constructivos, tecnologías, control de calidad y otras concernientes a construcción



de viviendas de interés social. Estos formatos se encuentran detallados en el anexo I.

Seguidamente se precedió a la medición de los niveles de actividad mediante simple observación a los 19 contratistas con sus respectivas cuadrillas de trabajo, hasta completar un mínimo de 384 mediciones para cada contratista, con lo que se obtuvo validez estadística con una confiabilidad del 95%, (Serpell A., 2002), los datos de estas mediciones fueron registradas en los formatos elaborados con anterioridad; las mediciones se realizaron de forma aleatoria desde octubre hasta diciembre del 2010, así se logró un total de 7566 mediciones correspondientes a las obras de los 19 contratistas participantes, esto con la finalidad de obtener datos representativos que permitan correlacionarlos con otros estudios para su posterior análisis. La medición de los niveles de actividad básicamente consistió en la inspección visual de las actividades que realiza cada obrero en la obra durante el momento de la inspección, y la asignación a la categoría de trabajo correspondiente con la abreviatura que tiene cada actividad como identificación.

Para realizar el control de calidad del hormigón se efectuó un total de 140 inspecciones a las obras, a través de las cuales se logró obtener los datos necesarios para el desarrollo de este estudio, específicamente para lograr el control de calidad se empleó procedimientos normados por ASTM para determinar asentamientos, controlar la dosificación, tomar muestras y probar las mismas mediante procedimientos acordes a lo determinado en las especificaciones.

Para controlar la consistencia del hormigón se realizó ensayos normados que permitan tener resultados confiables de asentamientos, estos ensayos se los realizó en obra a cada uno de los contratistas de forma aleatoria durante la



fabricación del hormigón, se buscó corregir paulatinamente durante el desarrollo del proyecto las causas de las consistencias no deseadas.

El control de la dosificación se lo realizó mediante inspección visual, ayudados de herramientas de medida que permitan constatar la dosificación dispuesta, en cada inspección se constataba la cantidad de agua utilizada, el volumen de las parihuelas utilizadas para medir los agregados, como también la dosificación empleada.

Como parte del control de calidad se realizó un seguimiento de los materiales utilizados para la elaboración del hormigón, tales como agregados a los cuales se controlaba la limpieza, granulometría y almacenaje tanto para el agregado grueso como agregado fino, ayudados de herramientas de medida e inspección visual en el sitio.

Para el control de calidad del agua se consideró su limpieza, turbiedad, procedencia y almacenaje de los lotes de agua a utilizar en cada jornada de trabajo o fundición, como lote de agua se entiende a la cantidad de agua depositada en los tanques previo a la fabricación de determinada cantidad de hormigón o elementos necesarios de fundir u hormigonar.

En el cemento se controló su tipo y almacenaje. En los aditivos se consideró su tipo, dosificación y utilización en dependencia del elemento a constituir con el hormigón.

Para la toma de muestras y su posterior prueba se consideró especímenes representativos del hormigón que conformo los principales elementos de la estructura. La estrategia que utilizaron la mayoría de los constructores participantes fue de fundir los elementos por lotes que abarcaban



aproximadamente el 25% del total según su tipología, es decir cada contratista tuvo que fundir mínimo cuatro lotes para cada elemento que se detalla en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Muestras requeridas en un lote de fundido.

ELEMENTO	MUESTRAS REQUERIDAS	CILINDROS
Cimientos	1	3
Columnas	1	3
Losas	1	3
Contrapiso	1	3

Nota: Los cimientos comprende a las zapatas y cuellos de columna.

Entonces según la tabla anterior para cada elemento mencionado en cada lote fundido se requería una muestra representativa, es decir tres cilindros por elemento, lo que da como resultado un total de 12 cilindros correspondientes a las muestras de todos los elementos en un lote. Ahora bien como son cuatro lotes por contratista el número de cilindros necesarios de la obra de cada contratista sube a un mínimo de 48. Para el proyecto en general, es decir para los 19 contratistas se requiere entonces un mínimo de 912 cilindros, número que se denomina “universo” o población total para luego determinar el tamaño de la muestra a estudiar.

El tamaño de la muestra se calculó según la siguiente ecuación: (Spiegel, 1979)

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{z^2 \cdot p \cdot q + t^2 \cdot e^2}$$



Dónde:

Z= nivel de confianza

P= probabilidad a favor

q= probabilidad en contra

N= universo

e= error de estimación

n= tamaño de la muestra.

Tabla 1.2: Valores de Z según el nivel de confianza

TABLA DE APOYO AL CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA POR NIVELES DE CONFIANZA									
Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745
Z <sup>2</sup>	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1.00	0.45
e	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.37	0.50
e <sup>2</sup>	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01	0.04	0.1369	0.25

Autor: Spiegel, 1979

Para nuestro cálculo se ha preestablecido un nivel de confianza del 95% con un error del 5%, el universo a estudiar es de 912 unidades (cilindros), como



probabilidad a favor y en contra se considera un valor de 0,5; con lo que el cálculo queda de la siguiente manera:

$$n = \frac{(1.96^2) (0.5) (0.5) (912)}{(912) (0.05^2) + (1.96^2) (0.5) (0.5)}$$
$$n = \frac{875.88}{3.24} = 270.33 \approx 271$$

Entonces según el cálculo anterior se necesita un mínimo de 271 cilindros entre todos los contratistas para tener un nivel de confianza del 95% que represente a todo el proyecto. En el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, se consideró como una muestra al promedio de mínimo dos probetas correspondientes al mismo lote de hormigón y probados a la misma edad, con lo que se estaría necesitando un mínimo que 136 muestras que cumplan lo anterior.

Completada la recolección de información necesaria para el desarrollo de la investigación se procedió primeramente a la tabulación e interpretación de las mediciones de actividad realizadas, como también a la determinación de las principales fuentes de perdida ayudados de resultados obtenidos en el estudio realizado en Chile en el año 1995.

Todos los datos y resultados obtenidos del control de calidad realizado se lo procedió a ordenar para su posterior presentación en tablas y gráficas que permitan su fácil como correcto análisis.

Así mismo, fue parte de la investigación determinar las metodologías y tecnologías utilizadas por cada contratista durante los diferentes procesos constructivos,



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

---

CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

considerándose de igual forma los incidentes que se dieron durante la construcción del proyecto, su frecuencia e incidencia en la productividad.

Para finalizar, se realizó el planteamiento de soluciones para mejorar la productividad con lo que se busco contrarrestar las actividades causantes de perdidas mediante mecanismos sustentables y aplicables en la construcción de vivienda de interés social.



## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El presente capítulo tiene por objetivo presentar las bases conceptuales necesarias para realizar la investigación titulada: Control de Calidad y Productividad en la Construcción del Programa Habitacional de Interés Social “Ciudad Alegría”. Para lograrlo se presentarán dos temas que reúnen aspectos importantes que se deberán considerar al momento de desarrollar la investigación, estos son: “Productividad en la Construcción” y “Control de Calidad del Hormigón”.

### 2.1. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

De acuerdo con la (Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción, 2001) en su artículo Índice de Productividad en la Construcción: Mito o Realidad, por productividad se deberá entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso la información.

Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra, (Allmon, 2000). Según (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004), Serpell define también a la productividad en la construcción como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”.



Por lo tanto, productividad es el resultado de la buena o mala interacción de los recursos utilizados (humanos, logísticos, tiempo) para lograr un producto o servicio, es decir que con un mínimo gasto de recursos obtenemos productos o servicios en cantidad y calidad, entonces la productividad será positiva para cualquier sector de la industria.

### **2.1.1. IMPACTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CONSTRUCCIÓN**

Desde siempre en todos los sectores de la industria se ha presentado la necesidad de mejorar la producción del bien o servicio a cargo, por lo que se busca de una manera interminable simplificar los procesos que conllevan elaborar un producto u ofrecer un servicio. Todo esto siempre buscando incrementar la calidad de sus productos, satisfacer las necesidades de los clientes, disminuir tiempos y costos para su producción.

El sector de la construcción no es la excepción, y en los últimos años se ha incursionado en la implementación y adaptación de filosofías de otras industrias para el mejoramiento de la productividad. La filosofía de “Lean Construction”, una de las más conocidas a nivel mundial, cuyas estrategias y principios se han adecuado a las características y exigencias de la industria de la construcción, con el fin de optimizar los procesos involucrados durante el desarrollo de un proyecto. El sector de la construcción, en la actualidad se ve en la necesidad de cambiar o mejorar las metodologías constructivas empleadas, con el fin de lograr un buen desempeño dentro de dicha industria, considerando una mejor calidad del producto final, aumento de utilidades, así como mejorar el entorno de trabajo del obrero y personal de apoyo. “Las compañías pueden desarrollar y distribuir productos con la mitad del esfuerzo, espacio, herramientas, tiempo y costo total” (Womack, Jones, & Ross, 1992).



La filosofía “Lean” plantea once principios que permiten diseñar, controlar e implementar adecuadamente los flujos de proceso e implícitamente define los problemas que se presentan en los mismos, de dichos principios se enumera a continuación los que mejor se adaptan a la presente investigación. (Koskela, September 1992):

1. Reducir las actividades que no agregan valor.
2. Incrementar el valor del producto final, considerando las necesidades y requerimientos del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir el tiempo de ciclo
5. Incrementar la transparencia del proceso.
6. Orientar el control en el proceso completo.
7. Implementar el mejoramiento continuo dentro del proceso.

Para la implementación de estos principios es necesario considerar el proceso de la producción en la construcción, que se muestra en la figura 2.1. Los procesos de construcción se desarrollan en un entorno dinámico, parte de este entorno es controlado por el sistema pero existen otros factores que están fuera de su control.

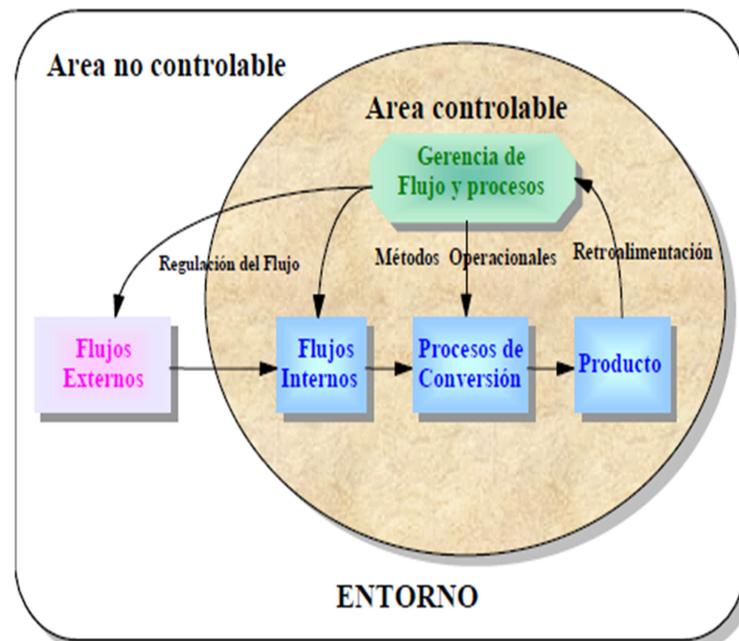


Figura 2.1: Modelo del proceso de producción en la construcción.

(Serpell, 1995)

### 2.1.2. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD.

Mejorar la productividad en la construcción se puede lograr siempre que se contrarreste las deficiencias organizacionales y operativas que se dan en todo proyecto de construcción. De la publicación de Khan (1993) se considera algunas estrategias que se adecuaron al presente proyecto y se detalla a continuación:

- Capacitación constante al equipo humano, previniendo posibles errores, como determinar soluciones con el menor impacto posible.
- Considerar que un ambiente de trabajo agradable estará relacionado directamente con el buen rendimiento de los obreros, calidad del producto



final, en consecuencia mayores utilidades, es decir una mejora inevitable de la productividad.

- Incentivar los buenos resultados en base a una mejora continua, consecuencia de la experiencia adquirida a través de la práctica, como también del intercambio de experiencias.
- Buscar dar responsabilidades a todos los miembros del equipo humano según sus aptitudes, logrando así su inserción efectiva al proyecto.
- Hacer uso efectivo de la logística disponible, como también asegurar la disponibilidad a tiempo del equipo o maquinaria requerida por el proyecto.

## **VENTAJAS DE UNA BUENA PRODUCTIVIDAD**

Independientemente del mecanismo o estrategia utilizada, conseguir una mejora de la productividad en un proyecto reflejará evidentes ventajas como las que a continuación se detalla:

- Notable aumento de la producción, mejorando la calidad del producto y disminuyendo los recursos utilizados al igual que los plazos.
- Mayor demanda del producto, consecuencia de clientes satisfechos.
- Solidez de la empresa en su medio debido a proveedores y clientes complacidos.
- Cantidades mínimas de desperdicios de materia prima, reflejado esto en un aumento de las utilidades.

### **2.1.3. MÉTODOS PARA EVALUAR Y CONTROLAR LA PRODUCTIVIDAD.**

De los métodos existentes para evaluar y controlar la productividad se considera el denominado "Medición de trabajo", ya que el análisis de resultados de este método permite investigar, reducir y finalmente eliminar el tiempo improductivo, es



decir, el tiempo durante el cual no se ejecuta el trabajo productivo. Este método comprende técnicas como: el estudio de métodos, estudio de tiempos, y el muestreo de actividades, siendo esta última técnica la utilizada en la presente investigación, debido a sus favorables características, mismas que se acoplan al presente estudio y resultados que se busca obtener. El muestreo de actividades o muestreo del trabajo consiste básicamente en un método para comprobar la productividad sin tener que esperar hasta que finalice una fase del trabajo o tener que seguir las operaciones de forma continua, esta técnica se la puede considerar también como una fotografía de las actividades que efectúan los obreros en el instante de la inspección al proyecto.

### **2.1.3.1. MUESTREO DE TRABAJO**

El muestreo de trabajo o muestreo de actividades consiste en una técnica que permite determinar, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de incidencia de determinada actividad. Una de las principales ventajas de este método es su sencillez, por lo que puede ser utilizado por personal no especializado para estimar la eficiencia productiva.

Esta técnica básicamente consiste en la observación de las actividades que se suscitan por parte de los obreros en determinado instante durante la visita a un proyecto, dicha observación se tiene que realizar en tal cantidad que permita obtener resultados confiables al estudio. En cada observación se registra lo que está ocurriendo en ese instante, y el porcentaje de observaciones registrado para una actividad particular es una medida del porcentaje de tiempo durante el cual esta actividad ocurre.



Intrínsecamente en la construcción, la medición de niveles de actividad (Sistema de Información de Niveles de Actividad = SINA), consiste específicamente en la clasificación de las categorías del trabajo, mediante herramientas sencillas se toman muestras aleatorias y representativas de las actividades que realizan las distintas cuadrillas en todo el proyecto, clasificándolas posteriormente en tres categorías: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC), y Trabajo No Contributorio (TNC). Cada una de estas categorías contendrá las principales actividades que se realizan por parte de los obreros como equipo técnico y que determinan el ritmo de avance del proyecto.

#### **2.1.4. PÉRDIDAS**

En la presente investigación se considera necesario hablar de pérdidas ya que estas serán siempre el reflejo de una productividad deficiente, es decir si se las cuantificara se podría correlacionar los resultados como parámetro de medida de la productividad; por ejemplo a mayor pérdida menor productividad, pero este no será el caso en la presente.

Según Imai (1998), en cada proceso se agrega valor al producto, y luego se envía al proceso siguiente, por lo tanto los recursos utilizados en cada proceso agregan valor o no lo hacen. Pérdida por lo tanto implica actividades que no añaden valor económico, he ahí la importancia de identificar las pérdidas tratando de buscar soluciones que permitan erradicarlas; a continuación en la Fig. 2.2, se presenta la clasificación y causas de dichas pérdidas.

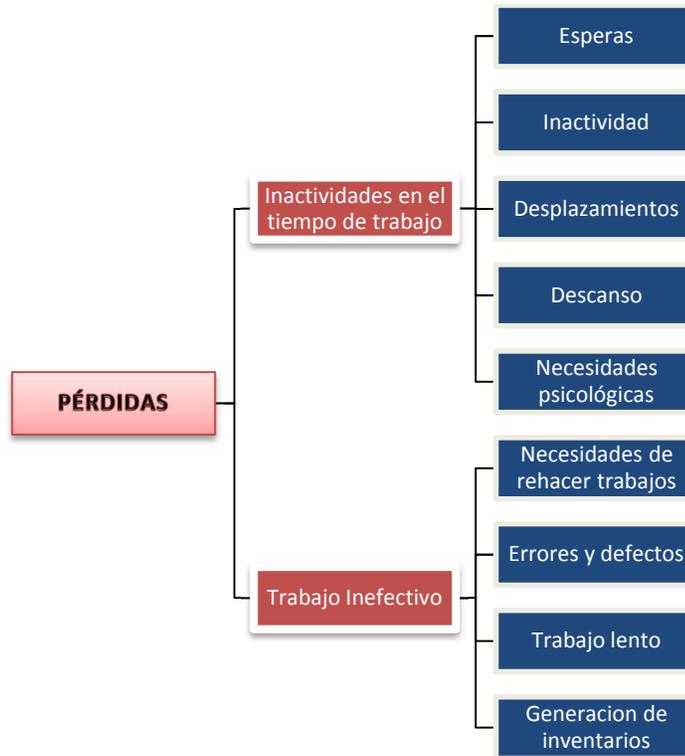


Figura 2.2: Categoría de Pérdidas. (Serpell, 1995)

De acuerdo con el modelo del proceso de producción en la construcción, existen dos áreas que afectan de una u otra forma el desarrollo de los proyectos, una controlable y una no controlable; en cada una de estas áreas se pueden encontrar diferentes causas que dan origen a los distintos tipos de pérdidas. Con base en esta apreciación las causas de las pérdidas están clasificadas en dos grupos: causas controlables y causas no controlables. En la Fig. 2.3, se presentan cada uno de estos grupos y la subdivisión de los mismos.



CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

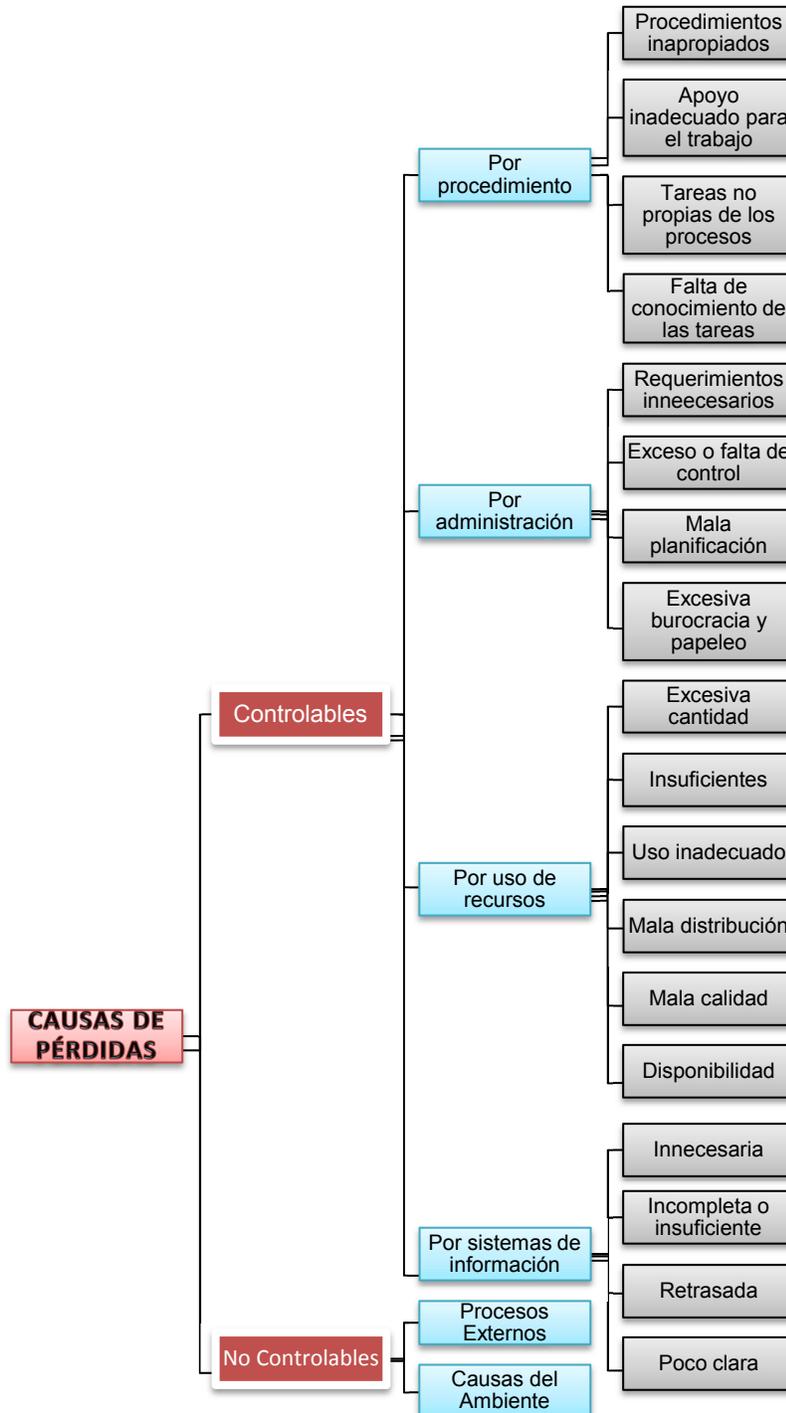


Figura 2.3: Clasificación de las Causas de Pérdida. (Alarcon, 1994)



### 2.1.5. MEDICIÓN DE NIVELES DE ACTIVIDAD EN OTROS PROYECTOS

En el presente estudio se utiliza como parámetros de correlación los resultados de estudios de productividad en la construcción obtenidos en otros proyectos, con mencionados resultados se procederá a relacionar los obtenidos en este estudio mediante un análisis comparativo, cuantitativo y cualitativamente. El resumen de los estudios utilizados se encuentran en la tabla 2.1 donde encontramos los niveles de actividad obtenidos en Chile, Medellín y Loja, en esta tabla encontramos los valores del trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC).

Tabla 2.1: Productividad en la construcción.

<b>NIVELES DE ACTIVIDAD</b>			
<b>PROYECTO</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>TNC</b>
CHILE	47%	28%	25%
MEDELLÍN	37%	36%	27%
LOJA	47%	35%	18%

Adaptado de: (Botero & Álvarez, 2003) y (Luna G, 2009)

### 2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO HABITACIONAL DE INTERES SOCIAL “CIUDAD ALEGRÍA” - ETAPA I.

El control de calidad del hormigón consiste en la búsqueda del cumplimiento de los requisitos del hormigón que se solicitan por el cliente, documentos contractuales o normas vigentes del sitio. Para lograr este control se utiliza un conjunto de operaciones, acciones y estrategias que permitan verificar y controlar



la calidad del hormigón requerida. Este control de calidad generalmente se da en obra con la ayuda de ensayos de laboratorio.

El control de calidad del hormigón en estado fresco consiste en la determinación o comprobación de las características mínimas que éste requiere para cumplir las necesidades de resistencia del elemento a constituir. Entre estas características se considera la comprobación de todos los elementos o materia prima que lo constituye tales como los agregados, cemento, agua de mezclado, aditivos e incluso herramientas y métodos utilizados para su fabricación.

En el hormigón endurecido la finalidad de su control radica en la comprobación de su resistencia característica a la compresión a los 28 días de edad para la cual se ha diseñado mediante cierta dosificación.

### **2.2.1. CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN**

El sector de la construcción ha experimentado, un creciente interés por la calidad, debido a que los clientes y usuarios exigen mayor calidad del hormigón puesto en obra, pues de la calidad de este elemento dependerá directamente la vida útil de la estructura a conformar, por lo que hoy en día el constructor capacitado ya no solo piensa en la trabajabilidad del hormigón sino también busca cumplir los parámetros de calidad requeridos para así de una manera segura y económica buscar garantizar cualquier proyecto.

### **2.2.2. CALIDAD DE LOS MATERIALES**

El concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneos y sus propiedades están sujetas a una gran cantidad de variables, las cuales dependen de los materiales que lo constituyen como de los procedimientos de producción, transporte y colocación del hormigón. Por esta razón, es muy importante la



elaboración y cumplimiento de un plan de control de calidad para el hormigón, como de los materiales que lo componen, esto con el fin de poder predecir las propiedades que tendrá el hormigón en estado endurecido, buscando garantizar que se cumpla con las especificaciones (necesidades) previamente definidas, al menor costo posible.

### **Cemento portland**

Los cementos portland son cementos hidráulicos, lo que significa que fraguan y se endurecen reaccionando químicamente con el agua, lo que da lugar a una reacción llamada hidratación donde el cemento despidе calor mientras se transforma en una masa parecida a una piedra, que aglutina las partículas del agregado, (ACI, 2003).

Los principales tipos de cementos portland son:

- Tipo I, cemento normal.
- Tipo II, moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo III, cemento de alta resistencia temprana.
- Tipo IV, bajo calor de hidratación.
- Tipo V, alta resistencia a los sulfatos.

El Tipo I, cemento normal, es el cemento más comúnmente utilizado en nuestro medio y el que se utilizó en el proyecto de interés.

En el presente proyecto, como parámetros a considerar en la calidad del cemento se encuentran su limpieza, adecuado almacenaje, grumos no excesivos, como finura adecuada.



## **Agregados**

Como agregados entenderemos a la grava (canto rodado o piedra triturada) y arena utilizados en la elaboración del hormigón. Estos materiales constituyen del 60 al 75 % del volumen absoluto (sólido) del concreto y representan del 70 al 80 % del peso.

Se considera agregado fino si todas las partículas son más pequeñas de 3/8" (9.5 mm), y agregado grueso si la mayor parte de las partículas son más grandes de 1/4" (6 mm). El hormigón que generalmente se hace sin agregado grueso se llama mortero, o lechada. Un concreto tipo convencional utilizado en la construcción de edificios, tiene un tamaño máximo del agregado de 3/4" a 1-1/2" (19 a 37.5 mm).

El manual del artesano (ACI, 2003), indica las propiedades más importantes de los agregados que afectan la calidad del concreto:

- Tamaño máximo.
- Granulometría
- Forma de las partículas.
- Dureza.
- Impurezas orgánicas.
- Contenido de sedimentos o arcillas.
- Cantidad de agregado fino y grueso en la mezcla.
- Humedad absorbida o en la superficie del agregado.

## **Agua de mezclado**

La calidad del agua es motivo de gran preocupación ya que cualquier impureza contenida en esta, ya sea en mínimas cantidades podría variar considerablemente el tiempo de fraguado como las propiedades del concreto a largo plazo. Una



práctica común para conseguir concreto de buena calidad que ofrece buenos resultados, consiste en utilizar cualquier agua natural o tratada que se considere apta para el consumo humano.

### **Aditivos**

Cualquier material añadido intencionalmente antes o durante el mezclado del concreto que sea distinto del cemento, agua, agregados y fibras de refuerzo, se llama aditivo. Entre los principales tipos de aditivos se tiene los siguientes, (ACI, 2003):

- Aditivos inclusores de aire.
- Aceleradores.
- Retardadores.
- Reductores de agua
- Reductores de agua de amplio espectro (superplastificadores)
- Aditivos diversos para propósitos, tales como colores, inhibidores de corrosión, auxiliares de bombeabilidad, etc.

### **2.2.3. PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS**

Las mezclas de concreto generalmente son proporcionadas (diseñadas) por los laboratorios que se especializan en pruebas y diseño del concreto, o también por un profesional capacitado para este tipo de diseños. El diseñador de una mezcla selecciona la cantidad ideal de cemento, agua, agregados y aditivos que se necesitan para producir una unidad de volumen (metro cubico) de concreto, con base a una combinación de experiencia y dosificaciones de prueba.



Un diseñador capacitado busca lograr cuatro objetivos (ACI International, 2003):

- El concreto endurecido debe tener la resistencia a la compresión, resistencia al desgaste, y la durabilidad requerida por las especificaciones del proyecto.
- El concreto fresco será lo suficientemente trabajable para el proyecto.
- La mezcla deberá ser económica.
- La contracción deberá ser mínima.

En todo proyecto la dosificación dada por el diseñador responsable del proyecto, o documentos contractuales, no podrá ser variada por el constructor sin previa autorización explícita que lo permita, por parte de quien este responsable del proyecto.

#### **2.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN**

Para determinar las características del hormigón se lo puede lograr solo mediante ensayos que permitan conocer sus propiedades en estado fresco, como también su resistencia y cualidades mediante ensayos en estado endurecido.

Los procedimientos para realizar los ensayos se encuentran estandarizados por ASTM International (American Society for Testing and Materials), lo que permitirá determinar las características del hormigón en obra es decir en estado fresco como también en estado endurecido; paralelamente a esto se ve necesario hacer un seguimiento del tipo de curado que se le da al hormigón basándose en el ACI 308.



## Ensayos de control para el hormigón

La realización de ensayos (pruebas experimentales) al hormigón para comprobar sus características o propiedades requeridas, es fundamental para garantizar que se logren los parámetros de calidad impuestos según el proyecto, así también los ensayos de control de calidad y aceptación son partes indispensables del proceso constructivo.

**Clasificación,** (Blog del Ingeniero Civil., 2011):

### 1) Según su naturaleza:

Destructivos: determinan la resistencia mediante la rotura de probetas o especímenes de hormigón.

No destructivos: determinan la calidad sin destruir la estructura del elemento.

### 2) Según su finalidad:

Ensayos previos: Generalmente se realizan antes de comenzar una obra permitiendo determinar la dosificación del material de acuerdo con los requerimientos de los elementos de hormigón a constituir

Ensayos característicos: comprueban que la resistencia y características del hormigón en obra se encuentran dentro de los límites establecidos en el proyecto.

Ensayos de control: estos permiten determinar el cumplimiento de la resistencia mínima requerida del hormigón endurecido.



Las normas estándar que se utilizaron en el proyecto y que proporciona ASTM International permiten determinar las características del hormigón tanto en estado fresco como endurecido. A continuación se detallan las principales normas que se utilizaron:

- ASTM C172.- Procedimientos para el muestreo del hormigón fresco.
- ASTM C143.- Método de asentamiento del cono de Abrams.
- ASTM C31.- Elaboración de probetas de ensayo.
- ASTM C39.- Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos.

En la tabla 2.2 se encuentra los asentamientos del hormigón fresco permitidos para cada tipo de consistencia, estos datos aunque no constan en la documentación contractual del contrato se tomaron en cuenta para el control del asentamiento del hormigón utilizado en el proyecto.

Tabla 2.2: Consistencia del hormigón fresco.

TIPO DE CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO CONO DE ABRAMS (CM)	TOLERANCIA (CM)	INTERVALO RESULTANTE (CM)
Seca	0-2	0	0-2
Plástica	3-5	±1	2-6
Blanda	6-9	±1	5-10
Fluida	10-15	±2	8-17
Líquida	16-20	±2	14-22

Fuente: Normativa Europea UNE 83-313-90 / UNE 83-300



### **2.2.5. CURADO DEL HORMIGÓN**

El curado del hormigón consiste en asegurar durante un tiempo adecuado una temperatura y contenido de humedad óptimo en el concreto recién colado, esto con la finalidad de lograr que se susciten los procesos químicos o hidratación en el hormigón, necesarios para alcanzar los parámetros de resistencia y durabilidad esperadas de los elementos constituidos. Cabe destacar que del correcto curado del hormigón dependerá la calidad del hormigón, por lo que este proceso es de vital importancia en el presente proyecto donde todos los elementos estructurales y arquitectónicos de las viviendas están hechos por hormigón.

#### **Métodos y materiales para el curado**

Existen diversos materiales, métodos y procedimientos para el curado del hormigón, todos con un mismo principio, el de garantizar en el concreto recién colado un contenido de humedad y temperatura satisfactorios que permitan desarrollar las propiedades deseadas.

Los dos sistemas generales para obtener un contenido satisfactorio de humedad son los siguientes (ENCALI EICE ESP, 2011):

1. La continua o frecuente aplicación de agua por anegamiento, aspersión, vapor o cubiertos de materiales saturados, como mantas de yute o algodón, alfombras, tierra, arena, aserrín, paja o heno.
2. Evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del concreto, mediante el empleo de materiales tales como las hojas de plástico o de papel impermeable, o bien mediante la aplicación de compuestos de curado formadores de membrana sobre el concreto recién colado.



El detalle de los métodos y procedimientos de curado del concreto lo podemos encontrar en detalle en la publicación ACI 308.1-98.

### **Curado en clima cálido**

En clima cálido el concreto se debe curar considerando lo previsto en el informe del comité ACI 305R-99 - Hot Weather Concreting, pues en estos climas donde se tiene una temperatura elevada, el curado y protección del concreto recién colado es de vital importancia ya que existirá un rápido secado del mismo. Cuando se emplee el curado con agua, éste debe ser continuo para evitar cambios de volumen debidos al humedecimiento y secado alternativos. A alta temperatura, la necesidad de un curado continuo es mayor durante los primeros días después del colado del concreto. Cuando se cuele, funde u hormigona en clima cálido y las condiciones favorables de humedad se mantienen continuamente, el concreto puede alcanzar un grado elevado de madurez en muy poco tiempo.

### **Requisitos mínimos de curado**

El curado del concreto exige mantener una humedad y temperatura adecuada durante un tiempo acorde. Al concreto hecho con cemento tipo I, es necesario mantenerlo a una temperatura superior a los 10°C y húmedo por lo menos durante los primeros 7 días después de colado, a diferencia de concretos hechos con cemento tipo III donde será necesario mantener las condiciones de temperatura y humedad durante mínimo 3 días, (American Concrete Institute, 2005).

### **Procedimiento de curado**

En condiciones normales de curado en clima cálido, este se lo debe efectuar por alguno de los sistemas descritos en informe del comité ACI 308 (American Concrete Institute, 1998) o combinación de ellos. Cuando se requiere un curado



adicional de las superficies inferiores, después de la remoción del encofrado, se deben aplicar compuestos líquidos para formar membrana de curado, o rociar con agua las superficies lo suficiente como para que se conserven continuamente húmedas. En las superficies verticales y en otras aun encofradas, después de que el concreto ha endurecido y antes de retirar el encofrado, se pueden aflojar los separadores y verter agua entre el encofrado y la superficie de concreto. Inmediatamente después del retiro del encofrado, las superficies se deben mantener mojadas continuamente mediante rociado de agua, o el empleo de materiales saturados de agua. Se pueden usar también compuestos líquidos para formar una membrana protectora, cuando lo permitan las especificaciones de la obra o cuando su utilización sea aprobada.

### **Consecuencias del inadecuado curado del hormigón.**

El inadecuado curado del hormigón o su deficiente proceso da como resultado un hormigón con características de calidad deficientes que se reflejan en una resistencia a la compresión menor a la que se diseñó, como también en el fisuramiento de las superficies conformadas, estos fisuramientos pueden ser de tipo capilar, es decir mínimas o superficiales, como también se pueden presentar fisuras mucho más considerables en su tamaño y profundidad.

#### **2.2.6. RESISTENCIA REQUERIDA DEL HORMIGÓN**

La resistencia a la compresión del hormigón característica a los 28 días, es la máxima resistencia medida en un espécimen, probeta o cilindro de concreto sometida a carga axial, expresada en el presente estudio en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\frac{kg}{cm^2}$ ) y designada con el símbolo  $f'_c$ . Se considera también como la principal medida de calidad del hormigón ya que la resistencia que éste alcance a determinada edad será indicativo de la buena o mala calidad



del mismo, puesto que existe una resistencia de diseño que se deberá cumplir para la aceptación de la obra.

La influencia de la edad de prueba del hormigón, está ligada fundamentalmente al tipo de cemento y al grado de maduración del hormigón. Si se deseara estimar la resistencia a otra edad distinta de la ensayada, habría que utilizar correlaciones específicas para cada cemento.

En la publicación “Análisis de resistencia a compresión de hormigones: Cemento Portland normal, IP 40, IP 30, IP 30”, hecha por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (U.A.G.R.M.), se encuentra que para estimar la resistencia a compresión del hormigón a diferentes edades se puede referenciar en: la tabla 2.3 que nos da Portland Cement Association, en los valores que propone el Comité Euro-Internacional del Hormigón (C.E.B.), valores propuestos por Petersons o también en base a las ecuaciones propuestas por el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.

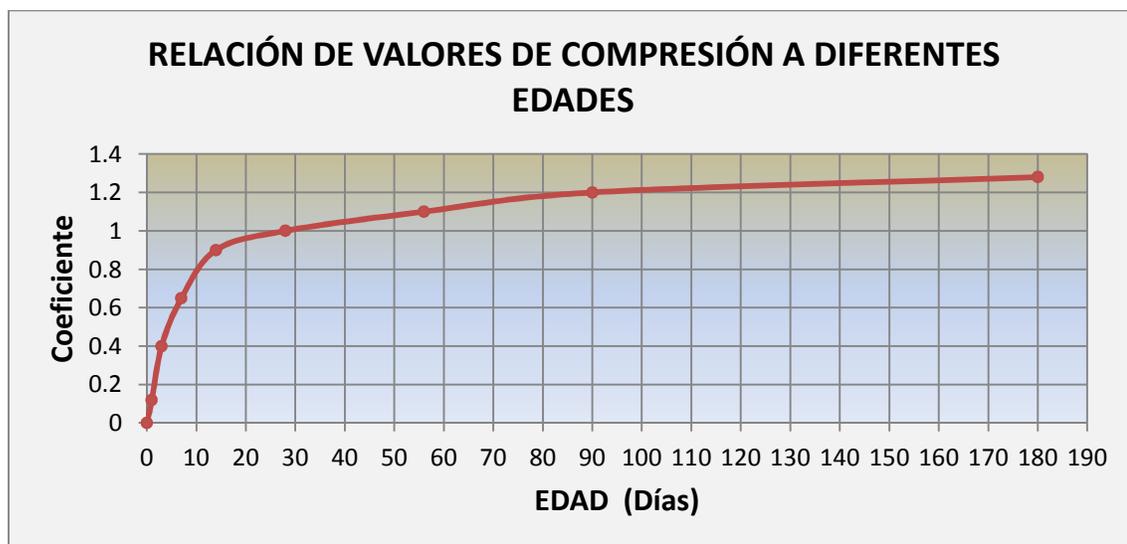
En la gráfica 2.1 se representa la tabla 2.3, obteniendo una curva característica de la resistencia a compresión a diferentes edades.



Tabla 2.3: Coeficientes de resistencia a la compresión para distintas edades.

INCREMENTO APROXIMADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON EL TIEMPO	
EDAD (DÍAS)	COEFICIENTE DE RESISTENCIA CON RESPECTO A LA EDAD DE 28 DÍAS
0	0
1	0.12
3	0.4
7	0.65
14	0.9
28	1
56	1.1
90	1.2
180	1.28

Fuente: Portland Cement Association, 2004



Gráfica 2.1: Resistencia a la compresión en cemento Portland Normal para diferentes edades.



El Comité Europeo del Hormigón (C.E.B.) 1990; da los valores de correlación que se representan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Coeficientes de resistencia a compresión para distintas edades según C.E.B.

EDAD DEL HORMIGÓN EN DÍAS	3	7	28	90	360
Cemento Portland Normal	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Cemento Portland de alta resistencia inicial	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

Se encontró también en la publicación hecha por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (U.A.G.R.M.), la relación de valores de compresión a diferentes edades propuesta por Petersons, tal como se resume a continuación en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Coeficientes de resistencia a compresión para distintas edades según Petersons.

EDAD DEL HORMIGÓN EN DÍAS	7	14	28	90	1 año	> 2 años
Cemento Normal	0,70	0,88	1,00	1,12	1,18	1,20
Cemento de alta resistencia inicial	0,80	0,92	1,00	1,10	1,15	1,15
Cemento de lento endurecimiento	-	0,70	1,00	1,40	1,60	1,70

El Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, da las siguientes ecuaciones para estimar la resistencia a la compresión a los 28 días de cilindros probados antes y después de esa edad.



- Resistencia a la compresión después de los 28 días.

$$f_{ct} = \frac{3.69 + k_{ct} f_{ct28}}{(1.4) k_{ct28}}$$

$$k_{ct28} = k_{ct} k_{ct}$$

Dónde:

$f_{ct}$  = Resistencia cilíndrica obtenida en laboratorio en la rotura después de 28 días.

$k_{ct}$  = Número de días mayor a 28.

$k_{ct28}$  = Resistencia cilíndrica a la rotura probable a los 28 días.

$k_{ct}$  = Factor para tiempo mayor a 28 días.

- Resistencia a la compresión antes de los 28 días.

$$f_{ct} = \frac{(1.35) f_{ct} + 10}{k_{ct} + 20}$$

$$k_{ct28} = \frac{k_{ct}}{k_{ct}}$$



Dónde:

$f'_{28}$  = Resistencia cilíndrica obtenida en laboratorio en la rotura antes de 28 días.

$n$  = Número de días menor a 28.

$f'_{28n}$  = Resistencia cilíndrica a la rotura probable a los 28 días.

$K$  = Factor para tiempo menor a 28 días.

Buscando evaluar los resultados obtenidos y en base a que las pruebas de los especímenes no se las realizó exactamente a los 28 días sino a distintas edades, se consideró necesario valerse de proyecciones para estimar la resistencia a la compresión a diferentes edades según las metodologías de los autores descritos.

Para identificar las variaciones de la estimación de  $f'c$  a diferentes edades según el Portland Cement Association, C.E.B., y Petersons se realizó un cálculo tipo para una resistencia requerida de  $f'_{28n} = 210 \sqrt{n} / \sqrt{28}$ , como se detalla en la tabla 2.6, en esta tabla  $f_{cj}/f_{c28}$  es la relación entre la resistencia que gana el hormigón a una edad diferente de los 28 días y la resistencia de diseño a los 28 días. Según esta tabla los  $f'c$  estimados a diferentes edades por Portland Cement Association, el C.E.B. y Petersons, son iguales para los dos primeros autores, aunque el C.E.B. no presenta un factor de correlación a los 14 días, los resultados según Peterson si presentan variaciones respecto a los otros.



Tabla 2.6: Resistencia a la compresión estimada a diferentes edades según varios autores.

Edad (Días)	PORTLAND CEMENT ASSOCIATION		COMITÉ EUROPEO DEL CEMENTO (C.E.B).		PETERSONS	
	Relación fcj/fc28	f'c estimada a los 28 días (Kg/cm2)	Relación fcj/fc28	f'c estimada a los 28 días (Kg/cm2)	Relación fcj/fc28	f'c estimada a los 28 días (Kg/cm2)
7	0,65	137	0,65	137	0,70	147
14	0,9	189	-	-	0,88	185
28	1	210	1	210	1	210
90	1,2	252	1,2	252	1,12	235

Para estimar la resistencia a la compresión de una muestra a los 28 días según el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (I.C.H.), se resuelve las ecuaciones correspondientes como se detalla a continuación:

- Para muestras ensayadas antes de los 28 días.

Para estimar la resistencia que habría tenido a los 28 días una muestra ensayada a 14 días de edad que arrojó un  $f'_{c14} = 186 \text{ Kg/cm}^2$  se tendría lo siguiente:

$$\alpha = \frac{(1.35) (14) + 10}{14 + 20} = 0.85$$

$$f'_{c28} = \frac{186}{0.85} = 218.8 \approx 219 \text{ Kg/cm}^2$$



- Para muestras ensayadas después de los 28 días.

Para estimar la resistencia que habría tenido a los 28 días una muestra ensayada a 45 días de edad que arrojó un  $f'_{c_{45}} = 298 \text{ kg/cm}^2$  se tendría lo siguiente:

$$k = \frac{3.69 + 45^{0.2}}{(1.4) 245^{0.2}} = 0.92$$

$$f'_{c_{28}} = (0.92)(298) = 274.16 \approx 274 \text{ kg/cm}^2$$



### **3. NIVELES DE ACTIVIDAD**

La medición de los niveles de actividad se constituye como una herramienta de eficacia comprobada para determinar las fuentes de pérdida dentro de un proyecto, lo que permite buscar soluciones eficaces a estas. La aplicación de esta herramienta se ha utilizado con éxito ya en otros proyectos tanto en Chile, Colombia y Ecuador, específicamente en la ciudad (Loja).

Para que un proyecto de construcción tenga la rentabilidad esperada, y cumpla con los objetivos constructivos planteados inicialmente, obliga al profesional a buscar soluciones para las fugas de recursos durante el desarrollo del proyecto, pues una actividad que no genera valor alguno es una pérdida, e incluso el tiempo remunerado sin aprovechar al máximo es una pérdida tangible.

#### **3.1. GENERALIDADES**

A la vivienda de interés social en nuestra ciudad durante estos últimos años se le ha dado la importancia que amerita de acuerdo con la demanda que tiene este tipo de vivienda, lo que facilita soluciones habitacionales a personas de bajos recursos económicos y con una capacidad de endeudamiento no muy elevada.

El primer proyecto de vivienda de interés social desarrollado en la ciudad de Loja fue el denominado “Ciudad Victoria” donde se entregaron 840 soluciones habitacionales, dicho proyecto generó confianza entre la población, entidades auspiciantes y financieras hacia este tipo de proyectos, dando paso en la



actualidad a otros grandes proyectos como “Lote Bonito” en Chonta Cruz con 282 soluciones, “Ciudad Alegría” con 953 y “La Cascarilla” que se espera brindará solución a 800 familias de escasos recursos. El proyecto habitacional de interés social en estudio “Ciudad Alegría”, es el segundo en desarrollarse en nuestra ciudad bajo la dirección de la empresa municipal VIVEM LOJA, buscando brindar 953 soluciones habitacionales, que comprende 617 viviendas unifamiliares de dos plantas y 336 departamentos.

Los detalles y financiamiento de las viviendas unifamiliares de dos plantas son los siguientes:

- **Área de terreno:** 90 m<sup>2</sup>
- **Área de construcción:** 92 m<sup>2</sup>
- **Precio de vivienda:** \$ 22.500,00
- **Entrada 30%:** \$ 6.750, 00
- **Bono de la vivienda 22,2 %:** \$ 5.000,00
- **Crédito Hipotecario:** \$ 10.750,00
- **Financiamiento del crédito:**
  - Para 6 años, pagos de \$204,00 mensuales.
  - Para 12 años, pagos de \$134,00 mensuales.

Los detalles y financiamiento de los departamentos son los siguientes:

- **Área de construcción:** 63 m<sup>2</sup>
- **Costo de vivienda:** \$ 15.000,00
- **Entrada 30%:** \$ 4.500,00
- **Bono de la vivienda 22,2%:** \$ 5.000,00
- **Crédito hipotecario:** \$ 5.500,00



- **Financiamiento del crédito:**
  - Para 6 años, pagos de \$105,00 mensuales.
  - Para 12 años, pagos de \$69,00 mensuales.

### 3.1.1. UBICACIÓN

El programa habitacional de interés social “Ciudad Alegría” se encuentra ubicado, en la zona sur de la ciudad de Loja, perteneciente a la parroquia de San Sebastián, frente a los predios de la Universidad Nacional de Loja.



Figura 3.1: Ubicación del programa habitacional “Ciudad Alegría”



### **3.1.2. BENEFICIARIOS**

Los beneficiarios de este programa habitacional en general son ciudadanos ecuatorianos pertenecientes a la clase media – baja, que cumpla con los siguientes requisitos (Empresa Municipal de Vivienda):

- Residir en el cantón Loja por el lapso no menor a los cuatro años con excepción de los migrantes.
- Que el núcleo familiar no posea bienes inmuebles dentro del cantón Loja.
- Poseer un núcleo familiar.

Además es de importancia conocer que las viviendas o lotes adquiridos dentro de cualquier proyecto de la Empresa Municipal de Vivienda (VIVEM LOJA) se constituirán como patrimonio familiar.

### **3.1.3. CONSTRUCTORES PARTICIPANTES**

Los contratos para la construcción de las viviendas unifamiliares de dos plantas en la etapa I del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, que comprende la construcción de 231 unidades habitacionales que fueron adjudicados a 19 contratistas los cuales cumplieron con los requisitos estipulados en los pliegos elaborados por la entidad contratante (VIVEM LOJA), mediante el proceso de evaluación de ofertas “cumple o no cumple” check list, a cada contratista se le adjudico la construcción de 10 y 15 unidades según sus capacidades para contratar, determinados por el cumplimiento de los requisitos estipulados en los documentos contractuales.



Los contratistas participantes son los siguientes:

Tabla 3.1: Contratistas participantes en el programa habitacional “Ciudad Alegría”.

CONTRATISTA No-	CONTRATISTA	UNIDADES ADJUDICADAS
1	Constructora Maldonado - Costa	15 unidades
2	Constructora Leonardo Zúñiga e Hijos	15 unidades
3	Ingeniero Pablo Alvarado	15 unidades
4	Arquitecto Galo Escaravay	15 unidades
5	Ingeniero Miguel A. Aldean	15 unidades
6	Constructora Cordero	15 unidades
7	Constructora Mora-Hidalgo	15 unidades
8	Ingeniera Vanessa Palacio	15 unidades
9	Arquitecto Guido Novillo	10 unidades
10	Ingeniero Tomas Aguirre	10 unidades
11	Arquitecto Mirian Macas	10 unidades
12	Ingeniero Víctor Montoya	10 unidades
13	Ingeniero Álvaro Carrión	10 unidades
14	Ingeniero Tony Cisneros	10 unidades
15	Constructora Shiriculapo	11 unidades
16	Constructora Alvarado González	10 unidades
17	Ingeniero Justo Ortega	10 unidades
18	Arquitecto Elhí Betancourt	10 unidades
19	Ingeniero René Punín	10 unidades

En el presente estudio se remitirá a la denominación correspondiente que se aprecia en la tabla 3.1 para referirse a los contratistas.



### **3.2. ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DE ACTIVIDAD EN EL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL “CIUDAD ALEGRÍA” – ETAPA I**

Para realizar la medición de actividades en el proyecto primeramente se consideró necesario hacer uso de toda la información concerniente al proyecto, con el fin de determinar las actividades de mayor frecuencia e incidencia durante el proceso de construcción, estas actividades se las atribuyo a las tres categorías principales que se consideran en la medición de actividades como herramienta de análisis. Estas categorías son: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC), dentro de estas categorías se encuentran todas las actividades que se consideraron necesarias.

A continuación se hace una descripción de las categorías consideradas con sus respectivas actividades que conciernen a cada una de ellas.

#### **Trabajo Productivo (TP)**

Actividades o acciones que realizan los obreros participantes en el proyecto para producir alguna unidad de construcción o rubro específico que demanda el proyecto. De todas las actividades existentes dentro de este concepto se han considerado las siguientes:

- 1. Armado de hierro (AH).**- Esta actividad comprende el armado del acero de refuerzo en todos los elementos estructurales principales como secundarios, incluyendo el armado de elementos de cimentación, vigas, columnas, losas, y todo elemento de la vivienda que requiera acero en su estructura.



2. **Hormigonado (H).**- El hormigonado se puede definir como la acción de colocar el hormigón en el sitio final donde el elemento de la estructura lo requiere, considerando dentro de esta actividad el vibrado y acabado del hormigón en el elemento que constituye.
3. **Instalaciones Eléctricas (IE).**- La instalación eléctrica consiste en la colocación de cajetines para tomacorrientes y puntos de iluminación tanto en losas como paredes, también la colocación de la manguera, cableado correspondiente y ubicación del tablero de control.
4. **Mampostería (M).**- Consiste en la colocación de mampostería de bloque de 0.10m., 0.15 m., 0.20 m. de acuerdo a lo especificado en los planos de detalle, también se considera dentro de esta actividad los terminados de los elementos que constituyen los mampuestos hasta que cumplan con los requerimientos finales, es decir esta actividad engloba todo lo que se considera como acabado del elemento ya sea enlucido, empaste y pintada en caso que así lo requieran las especificaciones.
5. **Excavación Manual (EM).**- Se entenderá por excavación manual en general, el excavar y quitar la tierra u otros materiales según las indicaciones de planos arquitectónicos o estructurales y de detalle, sin el uso de maquinaria, y para volúmenes de menor cuantía, que no se puedan ejecutar por medios mecánicos. Conformar espacios menores para alojar cimentaciones, hormigones, mamposterías, secciones correspondientes a sistemas eléctricos, hidráulicos o sanitarios, según planos del proyecto e indicaciones de fiscalización.
6. **Excavación a Maquina (EE).**- Esta actividad considera la limpieza de la capa vegetal y los movimientos de gran volumen, del suelo y otros materiales existentes en el mismo, mediante la utilización de maquinaria y equipos mecánicos. El objetivo será conformar espacios para terrazas, subsuelos, alojar cimentaciones, hormigones y similares, y las zanjas



correspondientes a sistemas eléctricos, hidráulicos o sanitarios, según las indicaciones de estudios de suelos, planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones.

7. **Compactación (C).**- Se refiere al conjunto de operaciones que requiere el relleno con material de suelo existente o de mejoramiento en las áreas sobre o bajo plintos, vigas de cimentación, cadenas, contra pisos y otros determinados en planos y/o requeridos en obra, hasta llegar a los niveles y cotas determinadas o requeridas. El material de relleno será colocado en capas horizontales de espesor no mayor a 20 cm, humedecidas u oreadas previamente para alcanzar el contenido óptimo de humedad siendo compactada con apisonadores mecánicos.
8. **Cubierta (CU).**- Esta actividad hace referencia a todas las acciones necesarias para la colocación de la cubierta de fibro-cemento según los requerimientos especificados en los pliegos, es decir esta actividad cubre acciones como soldar, pintar, mover y colocar la estructura metálica de la cubierta, planchas de fibrocemento, canales recolectores de aguas lluvias y accesorios necesarios.
9. **Instalación Hidro-sanitarias (IS).**- Consiste en la preparación y colocación de tubería de PVC según los requerimientos indicados en las especificaciones técnicas o planos ya sea para abastecimiento de agua potable como para recolección y evacuación de aguas servidas y pluviales.

### **Trabajo Contributorio (TC).**

Actividades o acciones que realizan los obreros participantes en el proyecto para colaborar a la producción de alguna unidad de construcción o rubro específico que



demanda el proyecto. De todas las actividades existentes dentro de este concepto se han considerado las siguientes:

1. **Transporte de Materiales (TM).**- Esta actividad corresponde al transporte o movimiento de un lugar a otro de materia prima dentro de la obra, productos y herramientas necesarias para elaborar o desarrollar cada una de las actividades que demandan los rubros especificados en los pliegos.
2. **Instrucciones (I).**- Consiste en la acción de dar o recibir instrucciones o indicaciones referentes a temas concernientes al desenvolvimiento de la obra por parte del contratista, maestro mayor o personal de fiscalización hacia cualquier trabajador o persona que aporte al desarrollo del proyecto ya sea física o técnicamente.
3. **Preparación de Equipo y Materiales (P).**- Esta actividad consiste en toda acción necesaria y realizada por los obreros previa a la elaboración del hormigón, mortero, lechadas, colocación de mampuestos, preparación de pintura entre otros. Hace también referencia a la preparación, limpieza de equipos tales como concretera, vibrador, compactador y herramientas menores antes y después de su utilización.
4. **Medición (ME).**- Comprende a la acción de medir en obra cualquier elemento o lugar antes y después de su construcción para constatar su cumplimiento con las dimensiones indicadas en los planos, especificaciones o disposiciones dadas por parte de fiscalización.
5. **Limpieza (L).**- Esta actividad se refiere a aquella limpieza realizada a los equipos antes y después de su utilización, como también a la limpieza que se realiza al lugar donde se pretende trabajar, también se considera el retiro de escombros y desalojo de los predios de la obra.
6. **Lectura de Planos (LP).**- Consiste en la lectura de planos por parte del personal que dirige y participa en la construcción de la obra, para



determinar el cumplimiento de lo ahí indicado, buscando minimizar los posible errores.

7. **Encofrado (EC).**- Es la actividad que comprende la elaboración y colocación del encofrado o moldes temporales ya sea metálico o de madera, en todos los elementos de la obra que lo requieran previa limpieza y aceite de los mismos.
8. **Desencofrado (DE).**- Actividad que comprende el retiro del encofrado o moldes temporales ya sea metálico o de madera, en todos los elementos de la obra luego de que estos hayan adquirido la resistencia mínima como para soportar las cargas externas y su peso propio sin sufrir daños considerables en su estructura.
9. **Otros (O).**- Esta actividad comprende a toda aquella acción por parte de los obreros que no incluye ninguna de las actividades contributivas antes mencionadas pero que es elemental para la elaboración de algún rubro o actividad que demanda el contrato.

### **Trabajo No Contributorio (TNC)**

Actividades o acciones que realizan los obreros participantes en el proyecto que no contribuyen ni producen valor alguno para el proyecto. De todas las actividades existentes dentro de este concepto se ha considerado las siguientes:

1. **Esperas (E).**- Comprende el tiempo que pierde cualquier miembro perteneciente al equipo humano de cada contratista, por motivos de espera de materiales, instrucciones, reparación de equipos, y otras actividades indeseadas que obliguen al personal a parar sus actividades.



2. **Ocio (OO).**- Comprende el tiempo que se dedica a actividades que no son ni productivas, ni contributivas para la construcción. Es un tiempo recreativo que se usa a discreción. Es diferente al tiempo dedicado por descanso necesario luego de realizar cierta actividad que demanda gran esfuerzo, es decir se considera como una distracción, pérdida de tiempo dentro del trabajo que no contribuye en nada al desarrollo del proyecto.
3. **Viajes o Traslados (V).**- Se considera al movimiento del personal (obreros), dentro o fuera de la obra sin un sentido lógico para la producción, también se puede definir el caminar de un lugar a otro sin ninguna finalidad que contribuya al desarrollo del proyecto.
4. **Necesidades Fisiológicas (NF).**- Se refiere a las necesidades básicas primarias del ser humano para poder vivir, tales como, agua, alimentación, y necesidades biológicas que no contribuyen de una manera directa a la producción dentro del proyecto.
5. **Trabajo Rehecho (TR).**- Se considera al trabajo necesario para reparar o modificar cierto elemento hecho en la obra que no cumple con los requerimientos o tolerancias estipulados en los pliegos.
6. **Descanso (D).**- Se considera al descanso necesario justificable por parte de los obreros, dentro de las horas de trabajo, generalmente luego de realizar cierta actividad que demandó gran esfuerzo.

### 3.2.1. ANÁLISIS POR CONTRATISTA

Según (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004) los valores óptimos para las categorías de trabajo en estudio se proponen según el resumen de la tabla 3.2 que detalla los resultados del estudio realizado en Chile en 1995 con valores óptimos y normales para el trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y



trabajo no contributivo (TNC), los mismos que determinan la productividad en el sector de la construcción, pues estos valores se convierten en una guía que permitirá evaluar los resultados del presente estudio.

Tabla 3.2: Tiempos de trabajos óptimos y normales.

CONDICIÓN	TP	TC	TNC	DETALLES
Óptimo	60%	25%	15%	Estudio Chile 1995
Normal	55%	25%	20%	Estudio Chile 1995

Fuente: Botero Botero & Álvarez Villa, 2004

Para la presente investigación se consideró necesario profundizar el análisis en los contratistas que lograron la máxima y mínima productividad según sus niveles de actividad obtenidos durante el desarrollo del proyecto. Para la elección de estos fue necesario hacer ciertas consideraciones que se describen a continuación:

- La productividad será directamente proporcional al TP más el valor del TC que corresponde al óptimo, es decir  $TP + 25\%$ , esto debido a que este 25% es inevitablemente necesario para lograr un TP óptimo, es decir genera valor de manera indirecta.
- El valor resultante del TNC como el exceso del TC respecto del valor óptimo según la tabla 3.2 se consideran como pérdidas directas en la construcción y cualquier proyecto.
- La productividad obtenida en cualquier proyecto o proceso será inversamente proporcional a las pérdidas suscitadas durante el mismo.



En la siguiente ecuación se expresa la productividad según las consideraciones que se hicieron anteriormente:

$$P = \frac{TP + 25\%}{TP + (TC - 25\%)}$$

Dónde:

P = coeficiente de productividad.

TP = trabajo productivo (%).

TC = trabajo contributorio (%).

TNC = trabajo no contributorio (%).

El resultado que se obtendrá de esta ecuación será un coeficiente de productividad “P” para cada caso según los niveles de actividad obtenidos, los valores de “P” estarán dentro del rango de 0 a 10, tomando en cuenta que mientras más se acerque “P” a 10 la productividad será mayor y mientras más se aleje será menor. Este factor será representativo de la productividad obtenida según los niveles de actividad para cada caso en específico y permitirá estimar la productividad de manera matemática según características propias de cada caso.

Según la tabla 3.2 y la ecuación del coeficiente de productividad “P” antes determinada se obtuvieron los coeficientes de productividad “P” para condiciones óptimas y normales, los mismos que se representan a continuación en la tabla 3.3.



Tabla 3.3: Coeficiente “P” para condiciones óptimas y normales.

CONDICIÓN	TP	TC	TNC	“P”
Optimo	60%	25%	15%	5,7
Normal	55%	25%	20%	4,0

Este proceso de estimación de la productividad global en una obra tiene un alto nivel de confiabilidad ya que se puede comparar con los valores del coeficiente “P” obtenidos a partir de los niveles de actividad óptimos y normales que arrojaron el estudio de Chile en 1995 (tabla 3.3.), niveles que sirven de referencia a la presente investigación como parámetro de control.

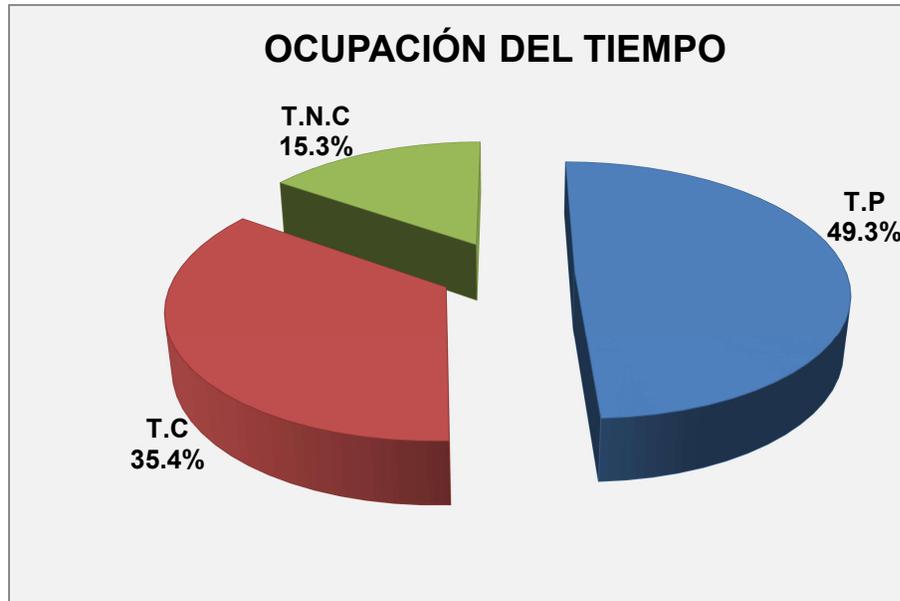
Representando en la ecuación del coeficiente de productividad “P”, los valores de los niveles de actividad de los 19 contratistas se obtuvo la tabla 3.4 como resumen de estos cálculos.

En consecuencia, según la tabla 3.4, la productividad más alta obtenida fue la del contratista 15, aunque esta no es la óptima ni normal. Para este contratista en la gráfica 3.1 se muestran los niveles de actividad obtenidos, con estos valores se puede determinar que el TNC obtenido es prácticamente el óptimo, considerando que el desfase de la productividad en este caso se deriva del exceso de actividades complementarias correspondientes a la categoría TC, esta categoría presenta un exceso de más del 10% la cual se refleja en la disminución del TP y por ende de la productividad. Todo esto fue obtenido con un promedio de 20 obreros durante el desarrollo del proyecto.



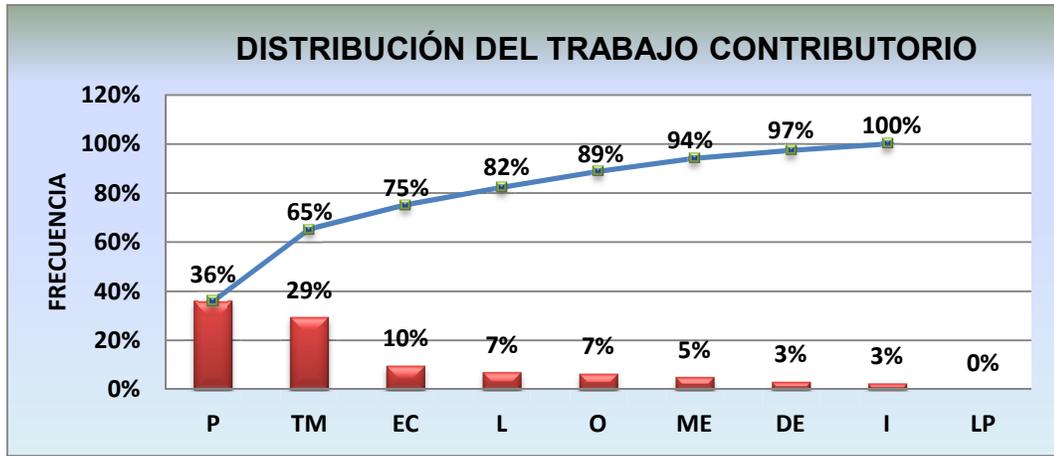
Tabla 3.4: Coeficiente "P" para los 19 contratistas.

	T.P	T.C	T.N.C	TNC+ (TC-25%)	TP + 25%	COEF. "P"
Contratista 1	42%	43%	15%	33%	67%	2,04
Contratista 2	27%	52%	20%	48%	52%	1,10
Contratista 3	41%	42%	17%	34%	66%	1,94
Contratista 4	43%	37%	19%	32%	68%	2,17
Contratista 5	42%	33%	25%	33%	67%	2,02
Contratista 6	40%	41%	19%	35%	65%	1,85
Contratista 7	46%	33%	21%	29%	71%	2,43
Contratista 8	31%	54%	15%	44%	56%	1,25
Contratista 9	46%	29%	25%	29%	71%	2,43
Contratista 10	36%	48%	16%	39%	61%	1,56
Contratista 11	37%	48%	14%	38%	62%	1,66
Contratista 12	49%	32%	18%	26%	74%	2,88
Contratista 13	44%	41%	14%	31%	69%	2,28
Contratista 14	42%	44%	14%	33%	67%	2,04
Contratista 15	49%	35%	15%	26%	74%	2,89
Contratista 16	33%	48%	18%	42%	58%	1,40
Contratista 17	36%	49%	16%	39%	61%	1,54
Contratista 18	35%	50%	15%	40%	60%	1,49
Contratista 19	31%	44%	25%	44%	56%	1,27
					<b>Máx. =</b>	2,89
					<b>Mín. =</b>	1,10
					<b>Media=</b>	1,91



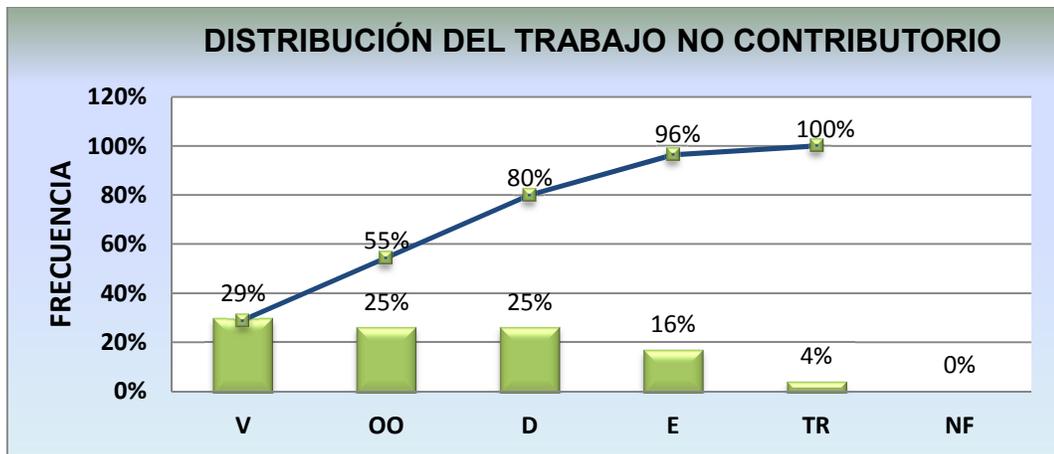
Gráfica 3.1: Distribución de trabajo del contratista 15.

En la gráfica 3.2 representativa del TC del contratista 15, se puede identificar las actividades de mayor incidencia durante el desarrollo del proyecto, dando como resultado la actividad de Preparación de equipos y materiales con 36% y la actividad de Transporte de materiales con 29%, juntas estas dos actividades suman un 65% del total de la frecuencia de actividades realizadas, por lo que se las puede considerar como las críticas para consecuentemente buscar optimizarlas ya que el desarrollo de las mismas implica la mayor cantidad de recurso humano que generó pérdidas.



Gráfica 3.2: Distribución del trabajo contributorio correspondiente al contratista 15.

Los valores que representan al TNC del contratista 15 se encuentran en la gráfica 3.3, en la cual se observa que la actividad de mayor frecuencia es los Viajes o traslados innecesarios con un 29%, seguido del Ocio y Descansos según se observa.



Gráfica 3.3: Distribución del trabajo no contributorio correspondiente al contratista 15.

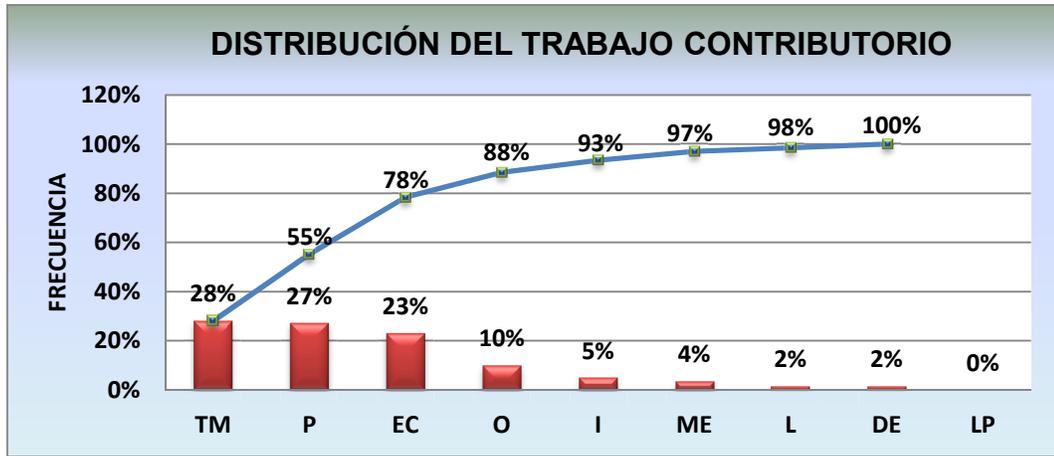


En la gráfica 3.4 se encuentra la distribución del trabajo correspondiente al contratista 2 quien obtuvo los niveles de productividad más bajos. Dichos niveles de productividad negativos se deben claramente al 52.4% correspondiente al T.C. que excede en un 27.4% del valor óptimo según la tabla 3.2 en este tipo de actividad, por lo que consecuentemente el TP presenta un valor de tan solo el 27.4% muy por debajo del valor óptimo.



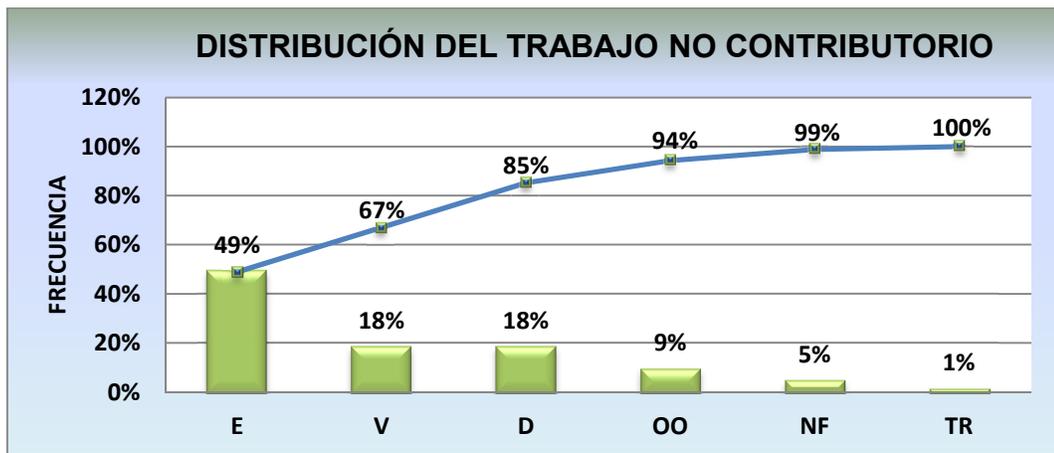
Gráfica 3.4: Distribución del trabajo correspondiente al contratista 2.

En la gráfica 3.5 que representa al TC del contratista 2 se identifica que las actividades más representativas de esta categoría son el Transporte de materiales con un 28%, la Preparación de equipos y materiales con 27% y el Encofrado con un 23%. Igual que en el caso del contratista 15 las actividades TM, P y EC son las que mayor recurso humano han demandado por lo que se las considera críticas, por ende clave para la optimización.



Gráfica 3.5: Distribución del trabajo contributorio correspondiente al contratista 2.

La 3.6, representa el TNC del contratista 2, aquí se observa que la actividad de mayor frecuencia es la Espera con un 49% del total.



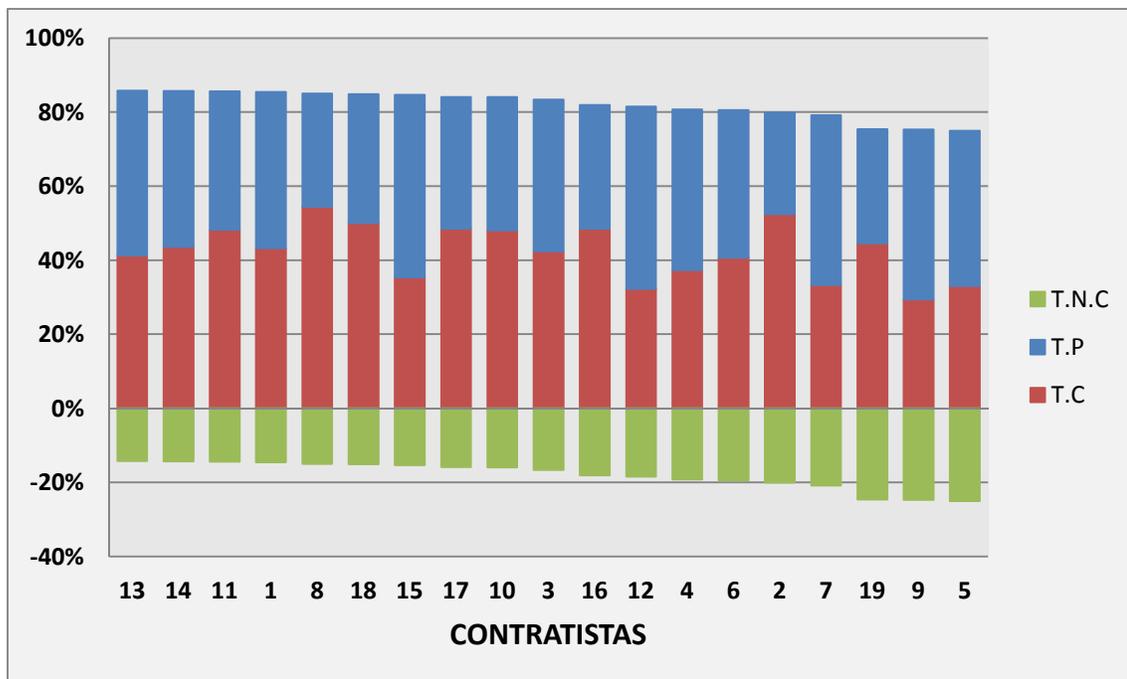
Gráfica 3.6: Distribución del trabajo no contributorio correspondiente al contratista 2.



### 3.2.2. ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO

En la gráfica 3.7 se representan los resultados de las mediciones de actividad realizado a los 19 contratistas participantes. Según esta gráfica y mediante un análisis comparativo de los resultados se determinó que 15 contratistas presentan valores arriba del 80% de actividades que aportan al proyecto con un promedio de del 84%, los otros 4 contratistas presentan valores inferiores al 80% con un promedio del 74%. En la parte inferior de la gráfica con valores negativos se ha representado las actividades que no aportan al proyecto (TNC).

En esta grafica se ordenó de forma descendente a los contratistas en función de los porcentajes positivos correspondientes a actividades que aportan al proyecto.



Gráfica 3.7: Niveles de actividad por contratista.



Una vez implementado el Sistema de Medición de Niveles de Actividad a los 19 contratistas participantes en el proyecto habitacional de interés social “Ciudad Alegría”- Etapa I, se procede a la gestión de los promedios generales del proyecto, es decir se realizó un promedio de los porcentajes obtenidos en las tres categorías de trabajo de los 19 contratistas para obtener porcentajes generales que identifiquen los niveles de actividad del proyecto.

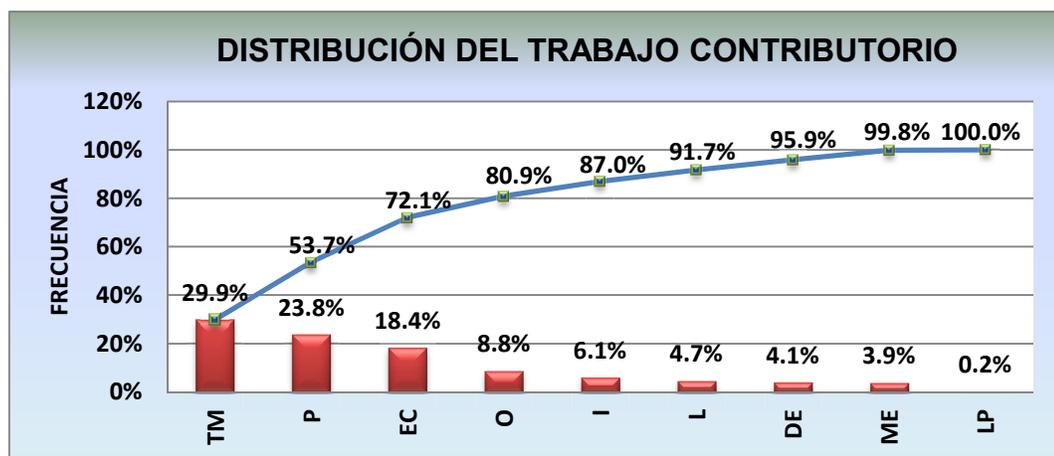
En la gráfica 3.8 correspondiente a la ocupación general del tiempo en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría” para las diferentes categorías de trabajo se identifican valores poco satisfactorios, tales como para el TP un 40%, valor que tiene un déficit del 20% respecto al óptimo según la tabla 3.2, razón por lo que la productividad se ve seriamente afectada. El problema de este valor bajo en el TP se deriva claramente de la excesiva frecuencia de las actividades que comprende la categoría TC, ya que esta tiene un porcentaje del 42% del total de las actividades es decir supera en un 17% al valor óptimo, por lo que está claro que en esta categoría de trabajo se empleó una mayor cantidad de recurso humano que afecta negativamente a la productividad del proyecto.

La categoría TNC obtuvo un valor del 18% excediéndose en un 3% del valor óptimo pero no excede el 20% que se determina como normal según la tabla 3.2, por lo que se puede determinar que el problema de la baja productividad no radica en las actividades parásito sino más bien en el exceso de actividades que se supone son complemento de las actividades que generan valor.



Gráfica 3.8: Distribución del trabajo en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

En la gráfica 3.9 se detalla las actividades que demandaron un mayor recurso humano dentro del TC considerado crítico por los altos valores obtenidos.



Gráfica 3.9: Distribución del trabajo contributorio en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”-Etapa I.



Estas actividades consideradas más influyentes son: el Transporte de materiales con un 29.9%, este valor se debe a la deficiente organización del responsable de la obra ya que se podría optimizar planeando las actividades adecuadamente, haciendo que los proveedores dejen los materiales lo más cerca posible del lugar donde se los va a utilizar, esto evitaría tener que transportar los materiales por largas distancias más de una vez dentro de la misma obra.

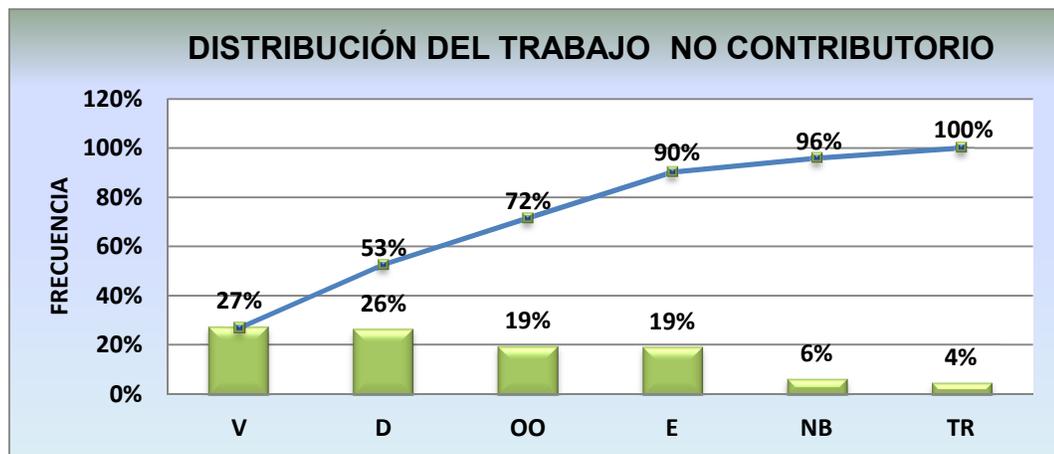
Otra actividad determinante es la Preparación de equipos y materiales con un 23.8%, actividad que se podría optimizar con el mantenimiento adecuado y a tiempo de la maquinaria, es decir justo luego de su utilización no en instantes antes, también la optimización de esta actividad se podría lograr innovando con nuevos materiales de construcción que permitan la utilización de los mismos sin que estos demanden mano de obra extra respecto a otros materiales de su misma línea.

El Encofrado con un 18.4% se considera como otra de las actividades que se necesita optimizar, el valor que esta actividad generó se podría disminuir partiendo de una planificación acertada de la fundición de los principales elementos estructurales, los mismos que demandan grandes cantidades de encofrado, pues si se lograra que la fundición de estos sean todos a la vez según su clase o por lotes previamente determinados se podría optimizar el recurso humano ya que en el presente proyecto la mayoría de encofrado era alquilado y en la colocación del mismo participaba personal de la empresa de alquiler, lo mismo que podría ser aprovechado por el constructor.

En la gráfica 3.10 se presenta el detalle de las actividades que no generan valor al proyecto, es decir las correspondientes al TNC, según esta gráfica las actividades de mayor frecuencia son los Viajes o traslados innecesarios (27%), los Descansos (26%), como también el Ocio y Esperas (19%), estas actividades están



directamente relacionadas con el control y planificación por parte del contratista, como también con la actitud de los obreros, debido a esto es de vital importancia la presencia del contratista o residente de obra, como también la capacitación de los obreros y de ser necesario la implementación de un sistema de incentivos.



Gráfica 3.10: Distribución del trabajo no contributivo en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

En la tabla 3.5 se puede encontrar resultados de estudios anteriores en Chile, Medellín y Loja, de esta última se encuentran resultados del estudio en el 2009 como del actual, según los valores que presenta esta tabla claramente se ven los problemas que tiene el sector de la construcción en estos países igual que en el nuestro.

Específicamente en la ciudad de Loja se encuentran valores no satisfactorios ya que estos tienen un gran déficit respecto de los valores normales y aún más de los óptimos, todo esto se refleja directamente en pérdidas para el constructor por lo que la búsqueda y aplicación de herramientas que mejoren la productividad es un parámetro determinante para alcanzar la rentabilidad en cualquier proyecto civil.



Mucho más alarmante es que en nuestro medio a lo anterior no se le brinda la importancia que amerita ya que el constructor local en su mayoría, no maneja adecuadamente el recurso humano y logística que dispone, simplemente sigue la línea convencional de un constructor empírico, esperando que una óptima productividad se dé por la culminación y aceptación de la obra.

Tabla 3.5: Tiempos de trabajos óptimos y normales.

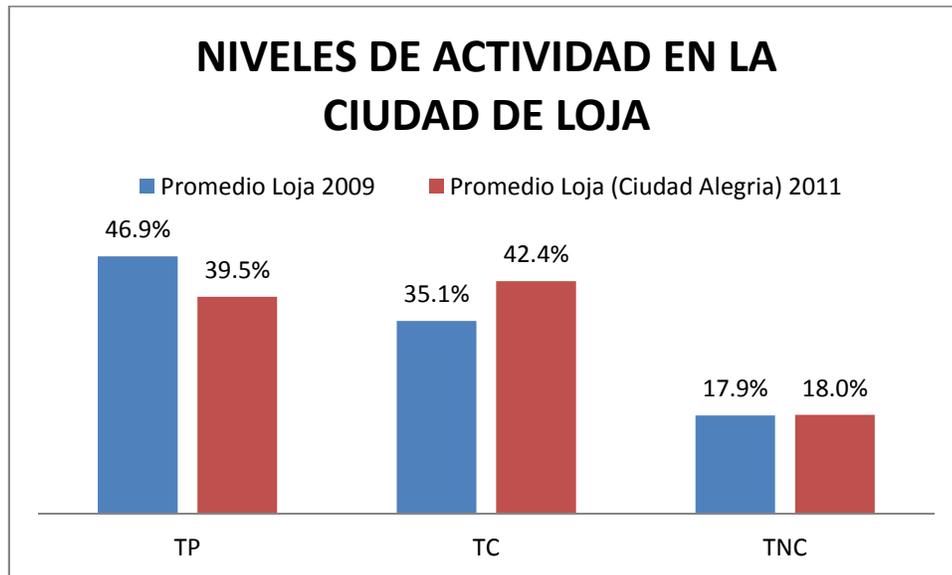
LUGAR	TP	TC	TNC	DETALLES
Promedio Loja (Ciudad Alegría)	39,5%	42,4%	18,0%	Estudio Loja 2011
Óptimo	60%	25%	15%	Estudio Chile 1995
Normal	55%	25%	20%	Estudio Chile 1995
Promedio Loja	46,9%	35,1%	17,9%	Estudio Loja 2009
Promedio Medellín	47,2%	37,5%	15,2%	Estudio Colombia 2003
Promedio Chile	47%	28%	25%	Estudio Chile 1995

En la anterior tabla también se encuentra la variación entre los estudios realizados en la ciudad de Loja en el 2009 y 2011 (Ciudad Alegría), aquí fácilmente se puede apreciar que el TNC no ha sufrido una variación significativa, se podría decir que el porcentaje de esta actividad que no aporta a la productividad ha permanecido constante en el tiempo con valores conservadores que están dentro de lo normal para el sector de la construcción.

Según la gráfica 3.11, el TP hasta el 2011 ha sufrido un descenso del 7.4% respecto al estudio del 2009, claramente lo anterior es el resultado del aumento de las actividades que contempla el TC con un incremento análogo del 7.3%, lo que hace que el problema de la baja productividad sea mucho más grave ya que como se nota en el 2011 las actividades del TP son menores que las del TC con una diferencia de casi el 3%, como se puede contemplar en la ciudad de Loja la



productividad mantiene una tendencia a bajar lo que no tendrá solución sin la implantación adecuada de un sistema basado en herramientas que permita mitigar las pérdidas de productividad en este sector.



Gráfica 3.11: Variación de los niveles de actividad en la ciudad de Loja.



## 4. CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN

El control de calidad del hormigón dentro de cualquier obra civil se constituye como una base fundamental para asegurar el óptimo desempeño de la estructura según las características constructivas y de funcionamiento de la misma. En el caso de un proyecto de interés social como lo es el programa habitacional “*Ciudad Alegría*” el control de calidad es de vital importancia ya que este tipo de proyectos cuenta con capitales relativamente limitados, lo que genera un peligro potencial dentro del proyecto, ya que el constructor buscará asegurar la rentabilidad de su obra por lo que en muchos casos será posible que con este objetivo; más recursos limitados y una deficiente organización caiga en malos procesos constructivos como en la utilización de materiales no adecuados con el fin abaratar costos. En lo mencionado anteriormente radica la importancia de un minucioso control de calidad, tanto de los procesos constructivos como de los materiales utilizados dentro de un proyecto de interés social.

### 4.1. GENERALIDADES

Para el desarrollo de la presente investigación se trabajó en el control de calidad del hormigón en estado fresco (en obra) y en estado endurecido (laboratorio). En estado fresco fue necesaria la aplicación del ensayo de asentamiento según el método del cono de Abrams basado norma ASTM C143 previo el correcto muestreo según la norma ASTM C172, también mediante inspección en campo se realizó el control de la dosificación, aditivos utilizados, calidad de los agregados,



agua utilizada en la mezcla, proceso de amasado, correcta colocación y curado del hormigón.

El control del hormigón en estado endurecido se realizó mediante la obtención de probetas según procedimientos estandarizados que detalla la norma ASTM C31 para su posterior prueba de la resistencia a la compresión según la norma ASTM C39, la obtención de las probetas se las realizó de manera aleatorio entre los contratistas participantes, según cada elemento estructural, basándose en el principio del muestreo aleatorio simple.

En este capítulo también se hará referencia a las metodologías, tecnologías y procesos constructivos empleados en el proyecto habitacional de interés social “Ciudad Alegría”. Cabe destacar que existe gran variabilidad dentro del proyecto en general ya que cada contratista en su mayoría tenían proveedores diferentes para los materiales que se utilizaron en obra, por lo que se vio necesario realizar el control a cada contratista, buscando obtener parámetros característicos que generalicen el proyecto.

## **4.2. CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS**

La utilización de materiales de óptima calidad para la fabricación del hormigón garantiza la fiabilidad y cumplimiento de los objetivos planteados dentro de cualquier proyecto civil, como lo es la capacidad que tendrá la estructura para resistir las sollicitaciones producidas por las cargas aplicadas sobre esta, al igual que obtener estructuras durables en el tiempo, capaces de resistir durante el periodo de vida útil para las que han sido proyectadas.



A continuación se detallaran los principales aspectos que se han considerado para llevar a cabo el control de calidad de cada uno de los materiales utilizados en la fabricación del hormigón.

#### **4.2.1 CALIDAD DE LOS AGREGADOS**

Se ha considerado necesario el control de las principales características físicas de los agregados utilizados, buscando así que cumplan con los requerimientos que hacen las especificaciones técnicas o pliegos del contrato. Para lograr lo anterior fue necesario valerse de inspecciones sin previo aviso, justo momentos antes del fundido de los principales elementos estructurales o en su defecto durante el proceso de hormigonado, para constatar así las características de los materiales a utilizarse. Los parámetros que se consideraron en cada inspección para comprobar la calidad de los agregados fueron el constatar el cumplimiento su tamaño máximo y su limpieza mediante un proceso “cumple o no cumple”, ayudados de herramientas de medida y constatación visual.

##### **Agregado grueso**

Para determinar las características mínimas necesarias del agregado grueso (grava) los pliegos emitidos por la entidad contratante, en este caso la Empresa Municipal VIVEM LOJA indican de manera textual en el numeral 3.2 lo siguiente:

“Los agregados gruesos para el hormigón serán formados por roca triturada, andesítica, constituida por partículas duras, resistentes y libres de cualquier elemento orgánico o laminar, así como de material cubierto de arcilla.

El agregado grueso deber cumplir con las exigencias de durabilidad, resistencia, granulometría, desgaste y desintegración según las normas ASTM. La dimensión máxima de agregado será de 4 cm para elementos estructurales en cimentación y de 2.5 cm para elementos en la superestructura, columnas, vigas muros y losas. Todo material inconveniente será removido y rechazado por el Fiscalizador” (Empresa Municipal de Vivienda "VIVEM LOJA", 2010).



## **Agregado fino**

La determinación de las características del agregado fino (arena) se lo realizó mediante el mismo proceso utilizado con el agregado grueso, basándose en el numeral 3.1 de los pliegos del contrato que estipulan lo siguiente:

“Los agregados finos para el hormigón serán formados por arena azul de mina o arena de ripio constituido por granos exento de impurezas, esquistos, pizarras, materia orgánica y otras sustancias extrañas.

Deberán cumplir con las reglamentaciones sobre durabilidad, resistencia, granulometría y colorimetría, según disposiciones INEN CO-0203-401.

Todo material fino que no satisfaga los requerimientos mínimos será rechazado por el fiscalizador.” (Empresa Municipal de Vivienda "VIVEM LOJA", 2010).

En la tabla 4.1 se aprecian los resultados de las características que presentaron los agregados según como lo demandan los pliegos. La segunda, cuarta, sexta y octava columna indican si en la mayoría de inspecciones los parámetros que representan según la primera fila se cumplieron, por lo contrario la tercera, quinta, séptima y novena columna representan las veces que no se ha cumplido en las inspecciones las características mínimas de calidad que exigen los pliegos.



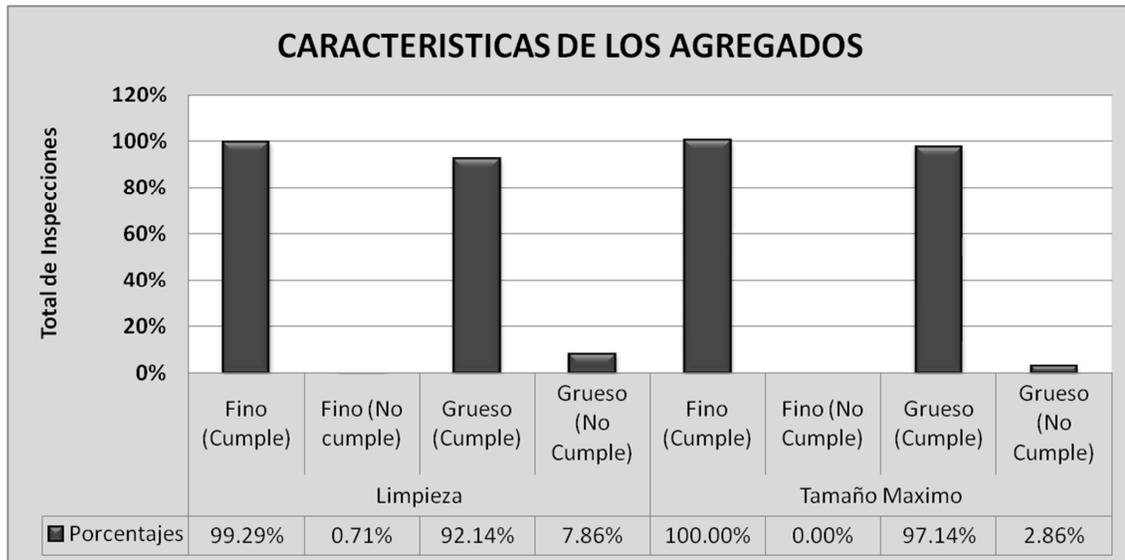
Tabla 4.1: Características de los agregados según cada contratista.

CONTRATISTA	CALIDAD DE LOS AGREGADOS							
	LIMPIEZA				TAMAÑO MÁXIMO			
	FINO	NO CUMPLE	GRUESO	NO CUMPLE	FINO	NO CUMPLE	GRUESO	NO CUMPLE
1	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
2	SI	0	SI	1	SI	0	SI	0
3	SI	0	SI	1	SI	0	SI	0
4	SI	0	SI	1	SI	0	SI	1
5	SI	0	SI	1	SI	0	SI	0
6	SI	1	SI	0	SI	0	SI	0
7	SI	0	SI	1	SI	0	SI	1
8	SI	0	SI	0	SI	0	SI	1
9	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
10	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
11	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
12	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
13	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
14	SI	0	SI	1	SI	0	SI	0
15	SI	0	SI	1	SI	0	SI	0
16	SI	0	SI	1	SI	0	SI	0
17	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
18	SI	0	SI	2	SI	0	SI	0
19	SI	0	SI	1	SI	0	SI	1

En la gráfica 4.1 se muestra las características físicas de los agregados utilizados en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, aquí se distinguen las variaciones de los agregados, donde se aprecia claramente que la falta de limpieza del agregado grueso es lo que presenta una mayor incidencia con un 7,86%, seguido del 2.86% de agregado grueso que no cumple con el tamaño requerido según la especificaciones, estos valores representan el total de datos obtenidos en las 140 inspecciones realizadas en obra que no satisfacen las características idóneas de



los agregados, aunque claramente se ve que los agregados cumplen en todos los casos con más del 90% de características óptimas.



Gráfica 4.1: Características físicas de los agregados en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

Otro aspecto importante no satisfactorio presente de manera general en todo el proyecto, es la falta de importancia que se le dio al correcto almacenamiento de los agregados, es decir el proveedor dejaba los agregados en un sitio que previamente no fue adecuado por el constructor y luego de esto tampoco se lo protegía por lo que era inevitable su contaminación por agentes extraños. Lo anterior es de vital importancia para proteger las buenas características de los agregados.

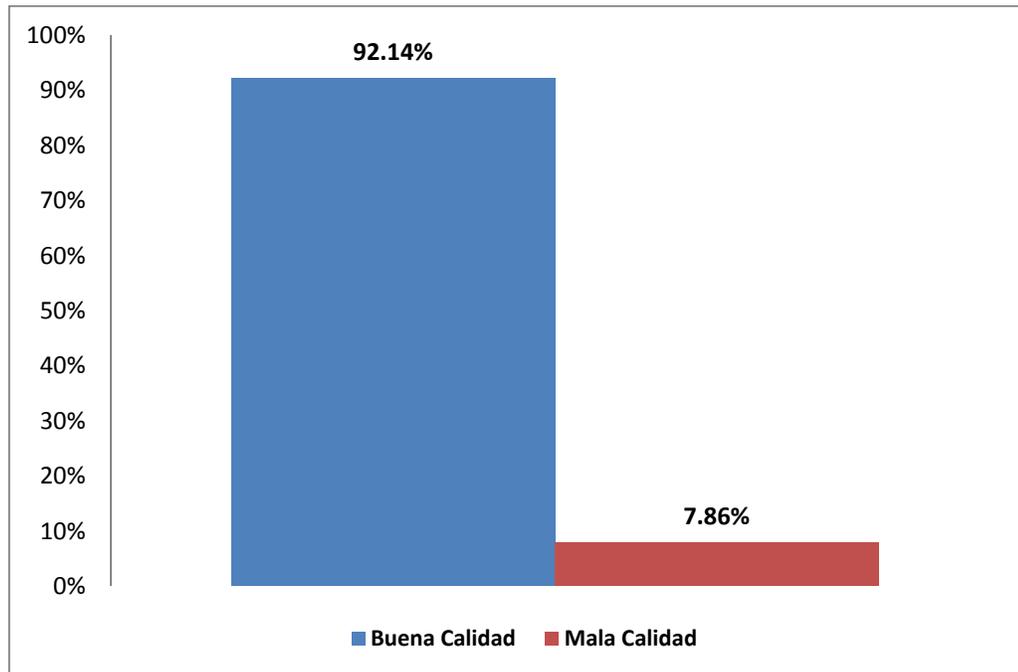


#### **4.2.2 CALIDAD DEL AGUA DE MEZCLADO**

El control de la calidad del agua utilizada en la fabricación del hormigón que se empleó en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, se dio a través de las 140 inspecciones realizadas de manera aleatoria a los 19 contratistas participantes, durante la ejecución del proyecto. Como base de las características que debía cumplir el agua sirvió lo expuesto en los pliegos en su numeral 3.3 donde se expone que:

“El agua para su uso en el hormigón será limpia, proveniente del servicio público de la ciudad, libre de impurezas, aceites, sales y materia orgánica.”. (Empresa Municipal de Vivienda "VIVEM LOJA", 2010)

La gráfica 4.2 corresponde a la variación general de la calidad del agua utilizada en la fabricación del hormigón, en esta se identifica que el 92.14% del agua utilizada cumplió con los parámetros de calidad y que el 7.86% del total de agua utilizada no cumplió con las características de calidad que exigían los pliegos, es decir existieron lotes de agua que presentaban impurezas que en la mayoría de veces surgían debido a que los tanques donde la almacenaban no le daban un mantenimiento periódico por lo que se acumulaba en su interior restos de arcillas como materiales extraños, esto se pudo determinar a través de la turbiedad que presentaba el agua en el momento de la inspección. Este problema fue muy común entre los contratistas participantes, por lo general un albañil mal capacitado por el constructor responsable, no le da la debida importancia a la calidad del agua a emplearse en la mezcla, ni mucho menos al mantenimiento periódico de los depósitos. La periódica limpieza de los depósitos del agua es de vital importancia ya que garantizará la no acumulación de sedimentos en su fondo como también la eliminación de materiales extraños dentro de su cuerpo.



Gráfica 4.2: Calidad del agua de mezclado utilizada en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

El problema de la mala calidad del agua utilizada en la fabricación del hormigón se detectó en una considerable parte de los contratistas participantes; pues de los 19 contratistas participantes 8 de ellos que representan el 42% del total de participantes se les encontró al menos una vez utilizando agua de mala calidad. La mala calidad del agua de mezclado afecta notablemente a la calidad del hormigón ya que las impurezas excesivas en el agua no solo pueden afectar el tiempo de fraguado y a la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del acero, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.



### **4.2.3 USO DE ADITIVOS**

El uso de aditivos en el proyecto se dio según el criterio de cada constructor y en la marca comercial de su elección, por lo que el control a la calidad de este se basó en la comprobación de la dosificación según datos del fabricante, variando estos según su tipo y marca con dosificaciones desde 200 mL a 400 mL por saco de cemento.

El aditivo más utilizado fue aquel que cumplió con las características de acelerante plastificante de alto rango, empleado principalmente en los elementos estructurales que demandaban un desencofrado y resistencia a cargas propias como externas lo más pronto posible, así entonces en el caso de cimientos, columnas, gradas y losas. En cuanto al uso y calidad de los aditivos no se encontró inconveniente alguno ya que el constructor se rigió a la dosificación recomendada por el fabricante.

### **4.2.4 CALIDAD DEL CEMENTO**

En la construcción del proyecto habitacional de interés social “Ciudad Alegría”- etapa I, se utilizó cemento hidráulico portland Tipo I según la norma ASTM C 150 “Especificación Estándar para el Cemento Portland”, o tipo GU según la norma NTE INEN 2 380:2010 en presentación de bolsas de 50 kg, el mismo que según las características técnicas del fabricante cumple con los requerimientos de calidad solicitados por la norma ecuatoriana NTE INEN 2 380:2010. De la norma mencionada se ha extraído la tabla 4.2 donde se puede apreciar los límites que el cemento cumple como requisitos para su comercialización.



Tabla 4.2: Requisitos físicos normalizados del cemento.

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Finura	INEN 196	A	A	A	A	A	A
Cambio de longitud por autoclave, % máx.	INEN 200	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fraguado, método de Vicat <sup>B</sup>							
Inicial, no menos de, minutos	INEN 158	45	45	45	45	45	45
Inicial, no más de, minutos		420	420	420	420	420	420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	INEN 195	c	c	c	c	c	c
Resistencia a la compresión, mínimo Mpa <sup>D</sup>							
1 día	INEN 488	-	10	-	-	-	-
3 días		13	17	11	11	5	-
7 días		20	-	18	18	11	11
28 días		28	-	-	25	-	21
Calor de hidratación							
7 días, máx., KJ/Kg (Kcal/Kg)	INEN 199	-	-	-	-	290 (70)	250 (60)
28 días, máx., KJ/Kg (Kcal/Kg)		-	-	-	-	-	290 (70)
Expansión en barra de mortero							
14 días, % máx.	NTE INEN 2 529	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
Expansión por sulfatos (resistencia a sulfatos) <sup>E</sup>							
6 meses, % máx.	INEN 2 503	-	-	0.10	0.05	-	-
1 año, % máx.		-	-	-	0.10	-	-

A  
El porcentaje retenido en el tamiz de 45µm (No. 325) por vía húmeda y el área de la superficie específica determinada en el equipo de permeabilidad al aire en m<sup>2</sup>/kg, ambos deben ser reportados en todos los certificados de resultados requeridos al fabricante.

B  
El tiempo de fraguado se refiere al tiempo de fraguado inicial en la NTE INEN 158

C  
Se debe reportar el contenido de aire en todos los certificados de resultados de ensayos requeridos al fabricante. Un valor dado en el mortero no garantiza necesariamente que el contenido de aire deseado se obtenga en el hormigón

D  
Los cementos pueden ser enviados antes que estén disponibles los datos de ensayo de mayor edad. En tales casos, el valor del ensayo puede dejarse en blanco. Alternativamente, el fabricante puede proveer valores estimativos basados en datos históricos de producción. El reporte debe indicar si se proporciona tales estimaciones.

E  
En los ensayos de cementos HS, no se requieren los ensayos a un año cuando el cemento cumple con el límite a 6 meses, no debe ser rechazado menos que tampoco cumpla el límite a un año.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010



El almacenamiento y transporte del cemento dentro de la obra no fue problema ya que se lo realizó de acuerdo con las necesidades para resguardar sus características físicas y químicas, por lo que la calidad del cemento cumple con las expectativas.

Cabe destacar que uno de los contratistas participantes para la fundición de las losas, utilizó hormigón premezclado en una planta local que garantiza las óptimas características de los materiales utilizados en la fabricación de su hormigón.

### **4.3. CONTROL DEL PROPORCIONAMIENTO**

En el proyecto en estudio se utilizó hormigón hidráulico para conformar la estructura, el mismo que debía cumplir con características de calidad y consistencia adecuada para tener una buena trabajabilidad y durabilidad del hormigón, respetando en todos los casos el proporcionamiento permitido en dependencia de la resistencia requerida por el hormigón según el tipo de elemento a conformar, es decir regirse a un diseño o dosificación previamente aprobada por fiscalización.

En el proyecto se utilizaron dos dosificaciones tipo para lograr la resistencia a la compresión deseada, estas dosificaciones que se le exigía al contratista para fabricar el hormigón fueron las que se detallan en la tabla 4.3. Para la fabricación de hormigón de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$  se exigía que la mezcla contenga un saco de cemento de 50kg, tres parihuelas de agregado fino (arena) y cuatro de agregado grueso (grava); para el caso de hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  se exigía que la mezcla contenga un saco de cemento de 50kg, tres parihuelas de arena y tres de grava.



Es importante indicar que para dosificar se utilizó como medida para los agregados parihuelas metálicas estándar en el medio de 40 x 40 x 20 cm, con capacidad de 0.32 m<sup>3</sup>, para el cemento la funda de 50kg en que se comercializa y para el agua un recipiente con medida en litros.

Tabla 4.3: Dosificación tipo según resistencia requerida.

RESISTENCIA REQUERIDA A LOS 28 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> )	DOSIFICACIÓN Grava : arena : cemento
180	4 : 3 : 1
210	3 : 3 : 1

Fuente: Empresa Municipal de Vivienda "VIVEM LOJA", 2010

Para la consolidación de la mezcla y formación del hormigón, los materiales mencionados en las cantidades determinadas se debían mezclar con 28 litros de agua en el caso del hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , y con 32 litros de agua en el caso del hormigón de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ , estas cantidades de agua suficientes para lograr la mezcla de los agregados como hidratación del cemento.

La utilización de estos dos tipos de hormigones estaba determinada por el elemento a constituir, tal es el caso que para los elementos de la súper estructura (columnas, muros, vigas y losas) se utilizaría hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , y para elementos menores (replanto, dinteles, mesones, contra pisos etc.) hormigón de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ .

De todos los contratistas participantes se encontró que tres de ellos estaban utilizando dosificaciones que no correspondían a las aprobadas por fiscalización, estas variaciones se dieron en la fabricación del hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , pues en dos casos la dosificación había variado a la proporción de 3.5: 2.5:1; es



decir se disminuía media parihuela de arena y se aumentaba media de grava, en el otro caso la proporción fue de 3: 2: 1 con lo que se disminuía una parihuela de arena. Así también en la mayoría de contratistas se detectó variaciones en cuanto a la cantidad de agua utilizada en el mezclado, estas variaciones consistían en la utilización de cantidades superiores a las especificadas.

#### **4.4. CONTROL DEL ASENTAMIENTO**

El control del asentamiento se lo realizó siguiendo el procedimiento estándar que detalla la norma ASTM C143, con el fin de evaluar el grado de consistencia del hormigón fresco, consecuencia de la relación agua/cemento (a/c) utilizada. El parámetro es clave para determinar la calidad del hormigón ya que permite evaluar la compacidad y durabilidad del mismo.

Según los pliegos precontractuales del contrato a los cuales se debían regir los contratistas y el equipo profesional de fiscalización el asentamiento característico del hormigón fresco debe comprenderse dentro de los límites que correspondan a un hormigón de consistencia plástica o blanda pero no fluida a menos que se utilice aditivo plastificante, no se permitía en ningún caso la utilización de hormigón de consistencia seca, esto es para todos los elementos independientemente de la resistencia requerida.

Según la tabla 2.2 los valores de asentamiento del hormigón se debieron encontrar dentro de un rango de 3 hasta 10 cm (sin aditivo), determinado mediante la prueba del cono de Abrams. La obligación de fiscalización de controlar las consistencias especificadas fue de vital importancia ya que estas son producto de la relación a/c utilizada en la proporción de la mezcla.

En el caso del presente estudio se realizaron pruebas de asentamiento al hormigón para cada contratista durante la ejecución del proyecto. En el anexo II se



han resumido los resultados de los ensayos de asentamiento para los casos de hormigón con aditivo y sin aditivo, los resultados se presentan como un promedio del total de ensayos de asentamientos hechos a cada contratista.

No se ha realizado un análisis detallado de los resultados correspondientes a ensayos de asentamiento, ya que no se dispone de una muestra representativa que sirva como base, aunque cabe destacar que los asentamientos que se encuentran en el anexo II son datos promedios que representan consistencias que se dieron en algún momento, en todos los casos encontrados de consistencias fuera de los rangos permitidos se buscó corregirlos mediante el control por parte del equipo de fiscalización, por lo tanto estas consistencias no son representativas del hormigón que cada contratista utilizó durante todo el proyecto, sino más bien dan conocimiento de las malas y buenas prácticas que se dieron en algún momento en el proyecto. En el anexo II, encontraremos también gráficas que nos permiten visualizar la variación de los asentamientos del hormigón con y sin el uso de aditivos, respecto de los límites establecidos en los pliegos.

Es necesario saber que los contratistas participantes no dieron la importancia que amerita el control del asentamiento del hormigón, pues ninguno contó con los equipos necesarios para constatar la consistencia del hormigón, en todos los casos se supuso una consistencia adecuada empíricamente por parte de los obreros y técnicos responsables de la obra.

Durante el desarrollo del proyecto se encontraron variaciones de las consistencias del hormigón con uso de aditivo y sin la utilización del mismo, esto principalmente se dio por la ausencia del residente de obra durante la fabricación del hormigón, pues los obreros dan mayor importancia a la búsqueda de una mejor trabajabilidad del hormigón agregando agua sin medida alguna ya que para ellos es mucho más fácil trabajar con una mezcla fluida o líquida, sin tomar en cuenta que existe una dosificación a seguir, estas malas prácticas constructivas acarrearán una serie de



inconvenientes ya que se relacionan directamente con la calidad del hormigón. Conocido es que un exceso de agua en la mezcla generará un hormigón de características deficientes .

La variación injustificada de la consistencia del hormigón se puede evitar con la presencia del residente de obra al momento de la dosificación o fabricación del hormigón, como con la capacitación del personal, dicha capacitación necesaria es la clave para obtener altos rendimientos por parte del equipo participante, así también seguramente evitaría malos procesos constructivos que al final sin duda generan pérdidas al constructor.

#### **4.5. CONTROL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Durante la ejecución del proyecto se le exigió al constructor la elaboración de probetas de hormigón con muestras representativas del lote fabricado, o elementos fundidos según las características que se especifican en el numeral siete de los pliegos, donde básicamente se pide tomar muestras al azar de tal manera que sean representativos, como mínimo deberán tomarse 3 cilindros por día o por frente de hormigonado, cumpliendo con los requerimientos de la norma ASTM C31. Basado en esto se realizó la obtención de muestras donde cada muestra comprendía dos especímenes que representarían las características del hormigón que constituyo cierto elemento de la estructura.

Para determinar la calidad del hormigón se consideró la resistencia promedio de las muestras correspondientes a dosificaciones  $f'_{ci} = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_{ci} = 180 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a la compresión de las probetas se la obtuvo luego de practicar el ensayo que detalla la norma ASTM C39 en un laboratorio privado, autorizado por fiscalización para realizar la prueba mencionada a los especímenes obtenidos del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”.



Analizando las diferentes metodologías descritas en el capítulo tres, que permiten estimar resultados de resistencia a la compresión, se tiene que el I.C.H. gracias a sus ecuaciones matemáticas presenta la ventaja de estimar la resistencia a la compresión del hormigón a 28 días respecto de cualquier edad a que la muestra fue probada, lo que se acopla a los datos disponibles en el presente estudio, razón por la cual se eligió este método para analizar los resultados que se tiene.

Se utilizaron resultados de los ensayos de resistencia a la compresión correspondientes al proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, de una resistencia requerida de  $f'_{c_{28}} = 210 \text{ kg/cm}^2$  (212 muestras), para elementos que conforman la súper estructura de las viviendas y  $f'_{c_{28}} = 180 \text{ kg/cm}^2$  (18 muestras) para el contrapiso, lo que da un total de 230 muestras analizadas. Estos resultados obtenidos se los compara con la resistencia que según el I.C.H. habrían tenido al ser ensayados a 28 días.

En las siguientes tablas correspondientes al numeral 4.5 del presente capítulo se tienen cuatro columnas, donde la primera enumera las muestras obtenidas, la segunda muestra la edad en que las muestras fueron ensayadas, en la tercera se tiene la resistencia promedio de las muestras (mínimo dos probetas), en la cuarta se expresa la resistencia que las muestras tendrían según el I.C.H. si se las hubiesen probado a edad de 28 días y en la quinta columna se tiene la variación positiva o negativa entre la resistencia requerida a los 28 días y la que se proyecta según el I.C.H.

En la tabla 4.4, donde se encuentran los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en muestras de hormigón correspondientes a los cimientos, se tiene que 18 de las muestras ensayadas no cumplirían con la resistencia requerida si hubiesen sido probadas a los 28 días.



Tabla 4.4: Análisis del hormigón utilizado en cimientos del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

CIMIENTOS				
MUESTRA	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	RESISTENCIA PROMEDIO DE MUESTRA (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c ESTIMADA A LOS 28 DÍAS I.C.H	VARIACIÓN RESPECTO A f'c =210 Kg/cm <sup>2</sup>
1	2	108	187	-23
2	6	198	284	74
3	6	146	210	0
4	7	246	342	132
5	7	140	195	-15
6	8	162	218	8
7	9	144	189	-21
8	9	144	189	-21
9	9	174	228	18
10	10	143	183	-27
11	10	143	183	-27
12	10	145	185	-25
13	11	218	272	62
14	12	230	280	70
15	13	184	220	10
16	13	276	331	121
17	13	184	220	10
18	13	184	220	10
19	13	177	213	3
20	13	184	220	10
21	15	238	275	65
22	15	189	219	9
23	15	178	206	-4
24	15	178	206	-4
25	16	182	207	-3
26	16	175	200	-10
27	16	182	207	-3
28	16	182	207	-3
29	16	182	207	-3
30	17	192	216	6
31	17	214	240	30
32	18	228	253	43
33	19	285	312	102
34	20	225	243	33
35	20	174	188	-22
36	21	228	244	34
37	21	238	254	44



CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

38	22	269	284	74
39	22	303	321	111
40	23	266	279	69
41	23	305	320	110
42	23	281	294	84
43	24	277	288	78
44	24	253	263	53
45	25	196	202	-8
46	25	236	243	33
47	26	269	274	64
48	27	274	277	67
49	28	220	220	10
50	29	279	277	67
51	30	242	239	29
52	31	246	241	31
53	31	272	267	57
54	32	294	287	77
55	33	246	239	29
56	33	254	246	36
57	33	268	260	50
58	34	274	265	55
59	34	279	269	59
60	35	248	238	28
61	36	279	267	57
62	38	248	235	25
63	45	298	275	65
64	84	238	203	-7
65	90	391	330	120
66	110	214	177	-33

En la gráfica 4.3 se expresa de manera porcentual y resumida los resultados de la tabla 4.4, es decir el 27% del total de muestras ensayadas correspondientes a cimientos no cumplirían con la resistencia requerida a los 28 días.



Gráfica 4.3: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a cimientos.

En la tabla 4.5 donde se encuentran los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en muestras de hormigón correspondientes a cadenas, se tiene que 3 de las muestras ensayadas no cumplirían con la resistencia requerida si hubiesen sido probadas a los 28 días.

Tabla 4.5: Análisis del hormigón utilizado en cadenas del proyecto habitacional “Ciudad Alegría” - Etapa I.

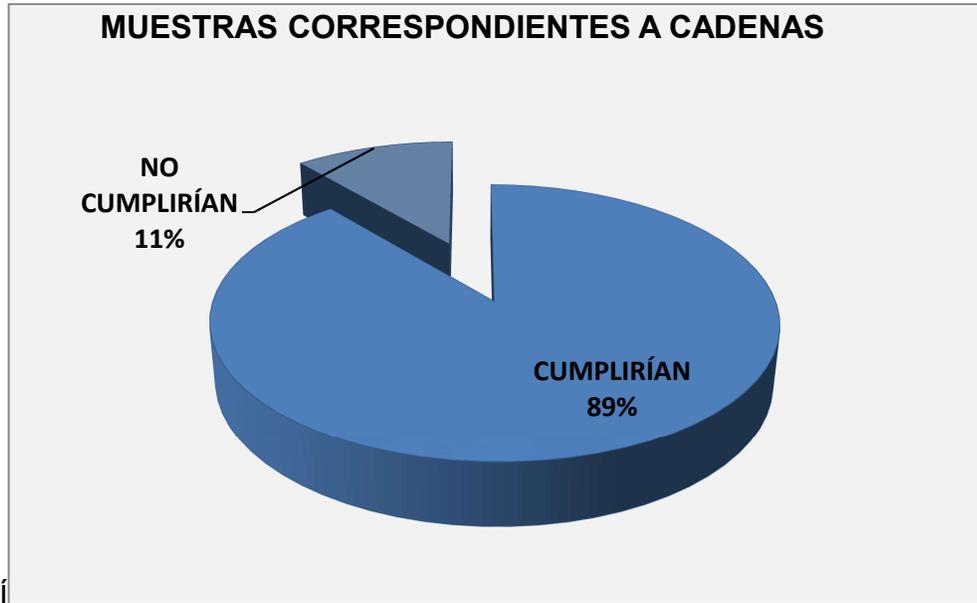
CADENAS				
MUESTRA	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	RESISTENCIA PROMEDIO DE MUESTRA (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c ESTIMADA A LOS 28 DÍAS I.C.H	VARIACIÓN RESPECTO A f'c =210 Kg/cm <sup>2</sup>
1	6	185	266	56
2	7	183	254	44
3	8	178	240	30
4	9	216	283	73
5	9	216	283	73
6	11	175	218	8



CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

7	11	150	188	-22
8	12	177	216	6
9	13	226	271	61
10	17	193	217	7
11	21	314	336	126
12	23	283	296	86
13	24	236	245	35
14	26	268	273	63
15	28	218	218	8
16	28	278	278	68
17	30	216	213	3
18	30	232	229	19
19	30	291	287	77
20	35	256	246	36
21	42	339	316	106
22	48	284	260	50
23	51	315	285	75
24	77	223	192	-18
25	87	365	310	100
26	87	331	281	71
27	105	212	177	-33

En la gráfica 4.4 se expresa de manera porcentual y resumida los resultados de la tabla 4.5, es decir el 11% del total de muestras ensayadas correspondientes a cadenas no cumplirían con la resistencia requerida a los 28 días.



Gráfica 4.4: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a cadenas.

En la tabla 4.6 donde se encuentran los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en muestras de hormigón correspondientes a columnas, se tiene que 9 de las muestras ensayadas no cumplirían con la resistencia requerida si hubiesen sido probadas a los 28 días.

Tabla 4.6: Análisis del hormigón utilizado en columnas del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

COLUMNAS				
MUESTRA	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	RESISTENCIA PROMEDIO DE MUESTRA (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c ESTIMADA A LOS 28 DÍAS I.C.H	VARIACIÓN RESPECTO A f'c =210 Kg/cm <sup>2</sup>
1	2	225	390	180
2	3	79	129	-81
3	7	274	380	170
4	7	180	250	40
5	8	172	231	21
6	8	186	251	41



**CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA**

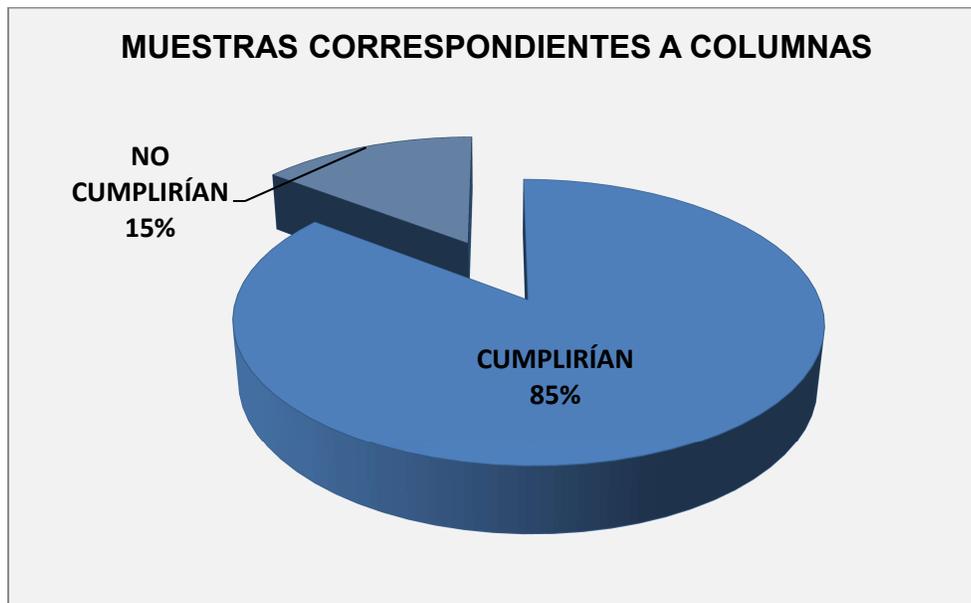
7	8	149	201	-9
8	10	194	248	38
9	10	218	278	68
10	11	213	265	55
11	11	220	275	65
12	11	154	192	-18
13	14	174	204	-6
14	14	186	219	9
15	16	242	276	66
16	16	183	209	-1
17	16	200	227	17
18	17	317	356	146
19	17	243	272	62
20	19	260	285	75
21	19	240	263	53
22	20	274	297	87
23	20	282	305	95
24	21	210	224	14
25	21	262	280	70
26	22	219	231	21
27	23	210	220	10
28	24	326	339	129
29	24	279	290	80
30	24	217	226	16
31	26	265	270	60
32	27	225	228	18
33	28	237	237	27
34	28	215	215	5
35	28	212	212	2
36	29	266	264	54
37	31	284	279	69
38	31	254	250	40
39	31	233	229	19
40	31	314	308	98
41	32	252	246	36
42	33	223	217	7
43	33	250	243	33
44	34	313	302	92
45	34	248	239	29
46	37	235	223	13
47	37	328	312	102
48	37	238	227	17
49	39	228	215	5
50	41	234	219	9
51	42	178	166	-44
52	43	164	152	-58
53	44	237	220	10



CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

54	47	231	212	2
55	54	314	282	72
56	57	240	214	4
57	59	286	254	44
58	66	318	279	69
59	71	302	262	52
60	84	362	309	99
61	88	223	189	-21
62	103	217	181	-29

En la gráfica 4.5 se expresa de manera porcentual y resumida los resultados de la tabla 4.6, es decir el 15% del total de muestras ensayadas correspondientes a columnas no cumplirían con la resistencia requerida a los 28 días.



Gráfica 4.5: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a columnas.

En la tabla 4.7 donde se encuentra los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en muestras de hormigón correspondientes a losas, se tiene que 3 de



las muestras ensayadas no cumplirían con la resistencia requerida si hubiesen sido probadas a los 28 días.

Tabla 4.7: Análisis del hormigón utilizado en losas del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

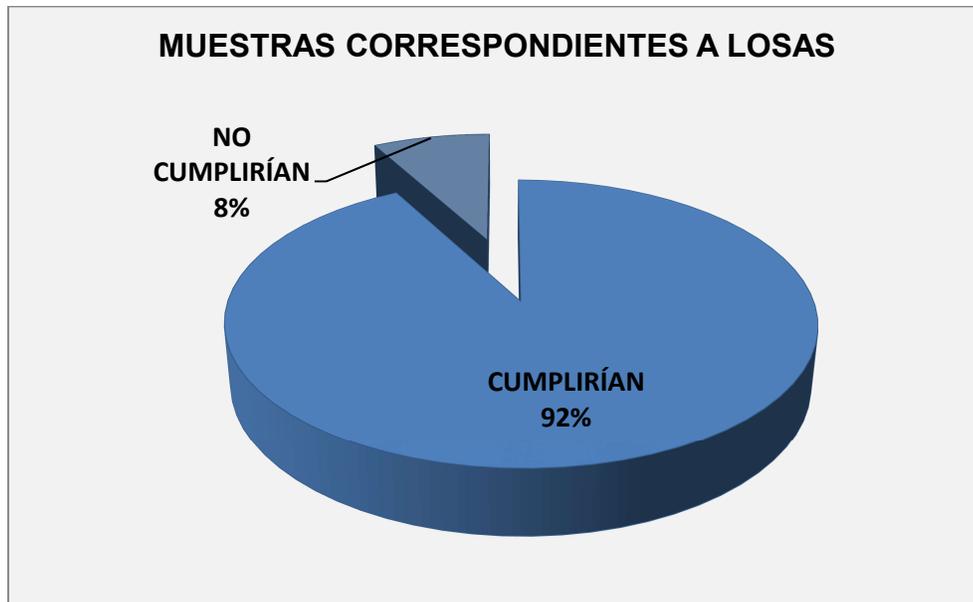
LOSAS				
MUESTRA	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	RESISTENCIA PROMEDIO DE MUESTRA (Kg/cm2)	f'c ESTIMADA A LOS 28 DÍAS I.C.H	VARIACIÓN RESPECTO A f'c =210 Kg/cm2
1	5	226	338	128
2	6	224	322	112
3	6	256	368	158
4	6	225	324	114
5	6	191	274	64
6	7	251	349	139
7	9	226	295	85
8	10	300	383	173
9	10	312	398	188
10	10	310	396	186
11	14	229	269	59
12	14	333	391	181
13	14	327	384	174
14	14	344	405	195
15	15	288	333	123
16	16	283	322	112
17	17	269	302	92
18	18	213	235	25
19	19	322	352	142
20	19	266	291	81
21	20	259	280	70
22	21	247	265	55
23	22	241	255	45
24	22	230	244	34
25	23	198	207	-3
26	24	241	250	40
27	24	308	320	110
28	25	291	299	89
29	25	241	247	37
30	27	264	267	57
31	29	236	235	25
32	31	253	249	39
33	32	302	295	85



CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

34	35	238	229	19
35	37	265	252	42
36	44	307	284	74
37	47	219	201	-9
38	91	220	186	-24

En la gráfica 4.6 se expresa de manera porcentual y resumida los resultados de la tabla 4.7, es decir el 8% del total de muestras ensayadas correspondientes a losas no cumplirían con la resistencia requerida a los 28 días.



Gráfica 4.6: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a losas.

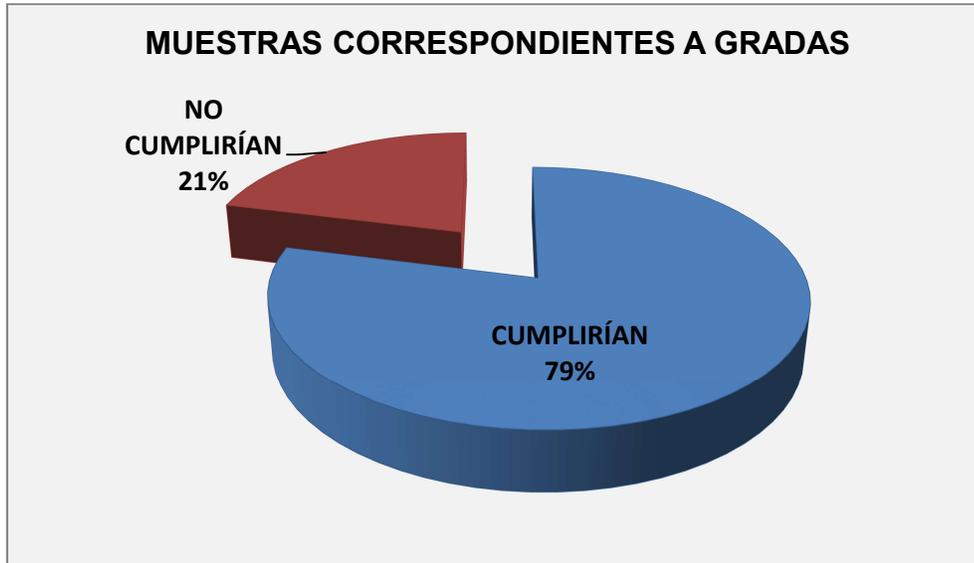
En la tabla 4.8 donde se encuentra los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en muestras de hormigón correspondientes a gradas, se tiene que 4 de las muestras ensayadas no cumplirían con la resistencia requerida si hubiesen sido probadas a los 28 días.



Tabla 4.8: Análisis del hormigón utilizado en gradas del proyecto habitacional “Ciudad Alegría” - Etapa I.

GRADAS				
MUESTRA	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	RESISTENCIA PROMEDIO DE MUESTRA (Kg/cm2)	f'c ESTIMADA A LOS 28 DÍAS I.C.H	VARIACIÓN RESPECTO A f'c =210 Kg/cm2
1	3	212	347	137
2	4	111	173	-37
3	4	98	152	-58
4	11	158	197	-13
5	13	217	260	50
6	16	191	217	7
7	17	265	297	87
8	17	266	298	88
9	18	193	214	4
10	20	211	228	18
11	21	191	204	-6
12	21	238	254	44
13	23	218	229	19
14	32	299	292	82
15	33	243	236	26
16	33	271	263	53
17	46	312	287	77
18	52	262	236	26
19	55	264	236	26

En la gráfica 4.7 se expresa de manera porcentual y resumida los resultados de la tabla 4.8, es decir el 8% del total de muestras ensayadas correspondientes a losas no cumplirían con la resistencia requerida a los 28 días.



Gráfica 4.7: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a gradas.

En la tabla 4.9 donde se encuentra los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en muestras de hormigón correspondientes al contrapiso, se tiene que 1 de las muestras ensayadas no cumplirían con la resistencia requerida si hubiesen sido probadas a los 28 días.

Tabla 4.9: Análisis del hormigón utilizado en contra pisos del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”- Etapa I.

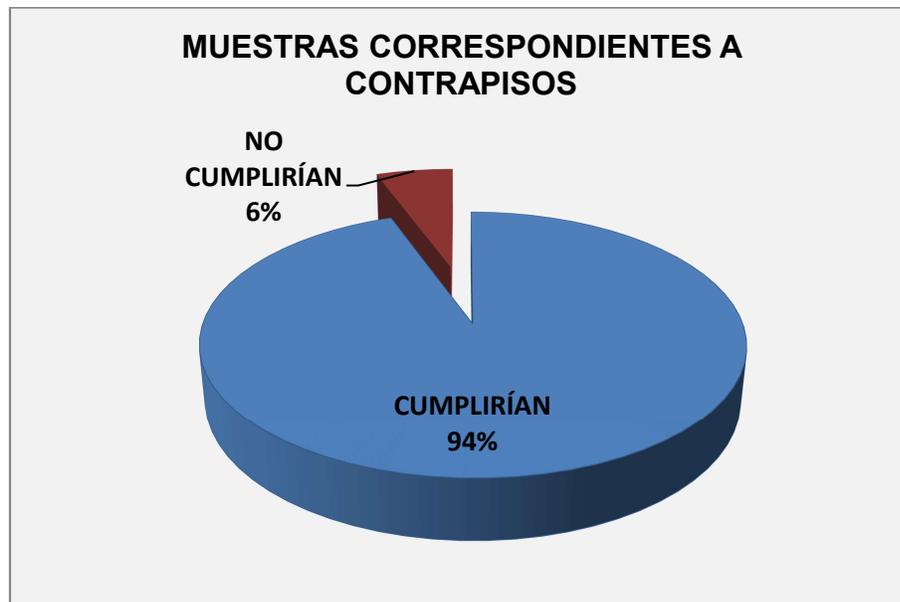
CONTRAPISO				
MUESTRA	EDAD DE PRUEBA (DÍAS)	RESISTENCIA PROMEDIO DE MUESTRA (Kg/cm2)	f'c ESTIMADA A LOS 28 DÍAS I.C.H	VARIACIÓN RESPECTO A f'c =180 Kg/cm2
1	4	120	188	8
2	8	201	270	90
3	8	207	278	98
4	10	176	224	44
5	10	251	321	141
6	11	139	173	-7
7	15	156	181	1
8	22	170	180	0



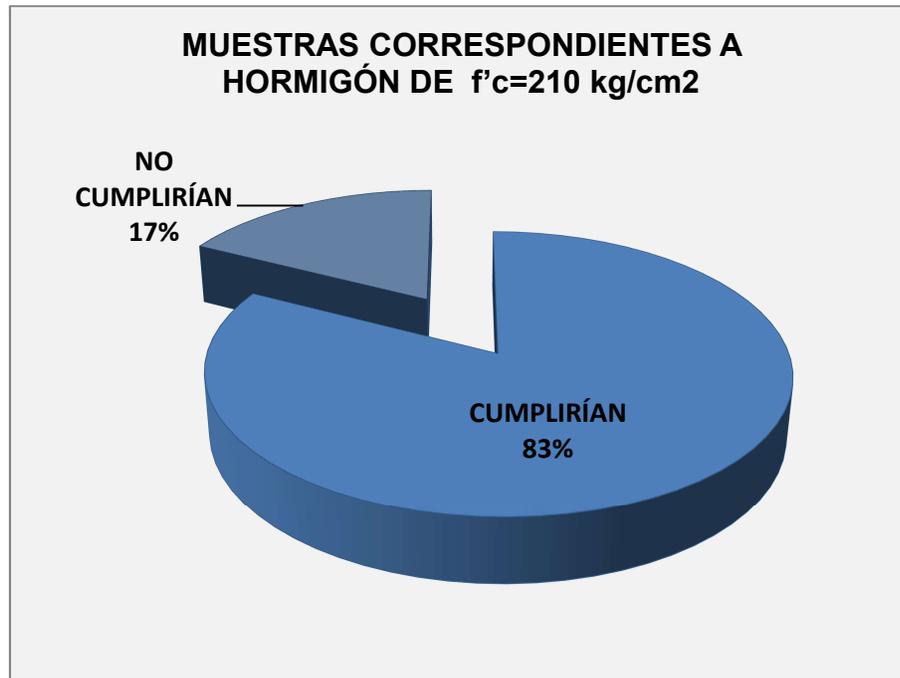
CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

9	22	189	200	20
10	28	241	241	61
11	29	244	243	63
12	30	185	183	3
13	35	281	270	90
14	37	231	220	40
15	39	251	237	57
16	39	205	193	13
17	68	227	198	18
18	104	218	182	2

En la gráfica 4.8 se expresa de manera porcentual y resumida los resultados de la tabla 4.9, es decir el 6% del total de muestras ensayadas correspondientes a losas no cumplirían con la resistencia requerida a los 28 días.



Gráfica 4.8: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a contra pisos.



Gráfica 4.9: Resistencia estimada a los 28 días en muestras correspondientes a hormigón de  $f'_{c_{28}} = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Generalizando los resultados de resistencia obtenida, independientemente del elemento que constituyeron, considerando únicamente la resistencia requerida a los 28 días, se tiene los valores que se expresan en la gráfica 4.9 representativos del hormigón de  $f'_{c_{28}} = 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizado en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría”. En la gráfica 4.9 se puede observar que el 17% del total de muestras ensayadas representativas del hormigón de  $f'_{c_{28}} = 210 \text{ kg/cm}^2$ , no cumpliría con la resistencia requerida a los 28 días, en contraparte del 83% que si cumpliría con los requerimientos de resistencia a mencionada edad.

#### 4.6. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS

En este apartado se hará referencia a los métodos o procesos constructivos empleados en la construcción del proyecto habitacional “Ciudad Alegría”, también



se hará una breve descripción de las tecnologías y equipos utilizados por los constructores participantes.

La utilización de equipos y herramientas en buen estado, se considera una garantía para minimizar accidentes laborales como también evitar la pérdida de tiempo dentro de los diferentes procesos constructivos, lo que directamente contribuye al resguardo o aumento de la productividad. Esto va directamente de la mano con una buena planificación por parte del residente de obra que tiene como una de sus funciones el anticiparse a las actividades diarias cerciorando el equipo a utilizar, materiales, recurso humano entre otros.

Para el presente estudio se ha considerado necesario realizar un control y análisis de los principales ítems que abarcan la mayor parte de los procesos constructivos necesarios para la construcción de una vivienda.

A continuación se da una lista de los principales parámetros considerados durante el desarrollo del proyecto:

- Hormigón fabricado in situ o premezclado.- Los contratistas tuvieron opción de elegir entre estas dos maneras de obtener el hormigón.
- Tipo de encofrado.- El tipo de encofrado fue metálico, de madera o combinado.
- Equipo mínimo utilizado.- Según los pliegos se consideró como equipo mínimo una concreteira, un vibrador de hormigón y un vibro apisonador, todos en buen estado.
- Tipo de curado del hormigón.- El tipo de curado recomendado según los pliegos es el rociado o humedecimiento con agua y mediante membrana.



Se realizó un resumen por cada contratista con las metodologías utilizadas y resultados del control de calidad del hormigón, el detalle de este resumen se lo encuentra en el anexo III. En la tabla 4.10, encontramos de manera abreviada los parámetros que se consideró en mencionado resumen con una estimación representada mediante tres niveles que son “Bueno, Deficiente y Malo”, a excepción del lugar de fabricación del hormigón para el cual se consideró si fue in situ o premezclado y del tipo de encofrado utilizado en el cual se reconoció si fue de madera, metálico o combinado.

La valoración de los parámetros considerados se basó en los resultados del control de calidad del hormigón y metodologías utilizadas, hechos en el capítulo 4 y resumidos en el anexo III. El análisis del hormigón se lo dividió en uno por cada material necesario para su elaboración, a excepción del cemento al cual no se le encontró deficiencia en su calidad y uso.



Tabla 4.10: Análisis de metodologías utilizadas en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría – Etapa I”.

CONTRATISTA	USO DE ADITIVO	FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN	TIPO DE ENCOFRADO	EQUIPO MÍNIMO	MÉTODO DE CURADO
1		IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
2	NO UTILIZA	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
3	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
4	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
5	BUENO	IN SITU	COMBINADO	INCOMPLETO	ROCIADO
6	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
7	BUENO	PREMEZCLADO	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
8	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
9	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
10	BUENO	IN SITU	COMBINADO	INCOMPLETO	ROCIADO
11	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
12	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
13	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
14	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
15	BUENO	IN SITU	COMBINADO	COMPLETO	ROCIADO
16	BUENO	IN SITU	COMBINADO	INCOMPLETO	ROCIADO
17	BUENO	IN SITU	COMBINADO	INCOMPLETO	ROCIADO
18	BUENO	IN SITU	COMBINADO	INCOMPLETO	ROCIADO
19	BUENO	IN SITU	COMBINADO	INCOMPLETO	ROCIADO



CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

Tabla 4.11: Análisis del control de calidad realizado en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría-Etapa I”.

CONTRATISTA	AGREGADOS		AGUA	DOSIFICACIÓN
	GRUESO	FINO		
1	BUENO	BUENO	BUENO	DEFICIENTE
2	DEFICIENTE	BUENO	BUENO	BUENO
3	DEFICIENTE	BUENO	BUENO	BUENO
4	DEFICIENTE	BUENO	BUENO	BUENO
5	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO
6	BUENO	DEFICIENTE	MALO	BUENO
7	DEFICIENTE	BUENO	BUENO	BUENO
8	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO
9	BUENO	BUENO	BUENO	DEFICIENTE
10	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
11	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
12	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
13	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
14	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO
15	DEFICIENTE	BUENO	BUENO	BUENO
16	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO
17	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO
18	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO
19	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE	BUENO



### **Comentarios:**

Luego de analizar los métodos constructivos empleados por cada contratista, se puede generalizar a todo el proyecto según la frecuencia de cada metodología. Entonces de manera general en el proyecto habitacional “Ciudad Alegría” etapa I, se trabajó con un hormigón de consistencia plástica – fluida, con uso de aditivo acelerante plastificante, la fabricación del hormigón in situ en un 95%, a excepción del contratista 7 que utilizó hormigón premezclado en sus losas. El agregado utilizado en la mezcla en su mayoría cumplió con los requerimientos de los pliegos a excepción de ciertos lotes que presentaron variación en cuanto a la limpieza del agregado grueso como tamaño máximo no acorde del mismo. De igual manera, el agua empleada en la fabricación del hormigón en su mayor parte cumplió con los requerimientos de limpieza, a excepción de ciertos lotes donde no se había dado el mantenimiento a los depósitos.

La dosificación del hormigón fue cumplida según se solicitó y controló, con variaciones que no perjudican a la obra pero si al constructor, esto generalmente se dió por la ausencia del residente de obra al momento de fabricar el hormigón.

El tipo de encofrado utilizado de manera general fue combinado, es decir metálico con madera, por ejemplo en las losas su mayor parte el apuntalamiento fue metálico con paneles de madera, en columnas se utilizó encofrado metálico y en cimientos encofrado de madera.

La utilización del equipo mínimo no se respetó en ciertos contratistas los cuales no contaban en especial con el vibrador para el hormigón, también se detectaron equipos deteriorados por el uso, lo cual no permitía su correcto funcionamiento, retardando y en ciertos casos parando el proceso constructivo.

El método de curado del hormigón más utilizado en el proyecto fue bueno, consistió en el humedecimiento con agua a las superficies del hormigón, aunque el



curado en sí no se cumplió a cabalidad, es decir, no se dió en todos los elementos estructurales como lo demanda los pliegos, por lo que se presentó un notable fisuramiento en ellos. En consecuencia, claro está que existió conocimiento por parte de los contratistas de la necesidad del curado del hormigón como de su correcto proceso, pero no recibió la importancia que amerita para la obtención de un hormigón de calidad.



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

#### **Productividad:**

- En el proyecto habitacional de interés social “Ciudad Alegría”-Etapa I, los niveles de actividad alcanzados se encuentran fuera de los rangos correspondientes a valores óptimos y normales, lo que afecta de forma negativa al desempeño del proyecto.
- La productividad del sector de la construcción en la ciudad de Loja tiende a bajar, pues desde el 2009 hasta el 2011 ha sufrido un notable descenso, lo que implica pérdidas en este sector.
- El transporte de materiales dentro de la obra, la preparación de equipos y materiales así como la actividad de encofrar son las actividades más incidentes en la baja productividad obtenida.

#### **Control de calidad:**

- Los materiales utilizados para la fabricación del hormigón a excepción del cemento presentaron deficiencias en cuanto a su limpieza, almacenamiento y dosificación.
- Con la utilización de los métodos constructivos convencionales del medio, la resistencia a la compresión requerida por el hormigón de  $f'_{c_{28}} = 210\text{kg/cm}^2$ , cumpliría en más del 80%.
- Variaciones en la dosificación del hormigón, como malos procesos constructivos en su mayoría se dieron en ausencia del residente de obra,



por lo que se determina que las pérdidas se generan principalmente por la deficiente administración del contratista.

- Contratistas y obreros no dieron la importancia que amerita el curado del hormigón, de igual manera no conocen el proceso necesario para clasificar la consistencia del hormigón en obra.

## 5.2. RECOMENDACIONES

### **Productividad:**

- El aumento de la productividad sin duda se daría si se optimizan las actividades más incidentes como lo son el transporte de materiales dentro de la obra, la preparación de equipos y materiales así como el encofrado.
- Planificar entre constructor, proveedor y obrero el lugar último donde se utilizará la materia prima tratante, para colocarla lo más cerca posible a este sitio.
- Dar un mantenimiento periódico o renovar el equipo mínimo utilizado, evitara detenciones innecesarias durante el desarrollo de los procesos constructivos.
- Planificar y realizar el encofrado de los principales elementos de la estructura en lotes según su tipología, mejorará el rendimiento de la mano de obra y tiempo que demanda esta actividad.
- Implementar herramientas como las que ofrece la filosofía de Lean Construction, para buscar corregir los bajos niveles de productividad del sector de la construcción encontrados en nuestra ciudad.



### **Control de calidad:**

- Facilitar la presencia de un técnico responsable (residente de obra), en todo momento durante la construcción de las viviendas.
- Almacenar correctamente los agregados a utilizar en la fabricación del hormigón, así como realizar un mantenimiento periódico de los depósitos del agua.
- Aumentar el control por parte del constructor y fiscalización, del proporcionamiento utilizado en la fabricación del hormigón, lo que garantizará la buena calidad del mismo.
- Dar el correcto curado por lo menos a todos los elementos estructurales de las viviendas conformados por hormigón.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Alarcon, L. F. (1994). Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. *Second Annual Conference of the international Group for Lean Construction*. Pontificia universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Allmon, E. (2000). U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970–1998. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126, 97-104.
- American Concrete Institute. (Abril de 1998). *Standard Specification for curing Concrete (ACI 308.1-98)*.
- American Concrete Institute. (1999). *Hot Weather Concreting*. Farmington Hills, Michigan 48333-9094.
- American Concrete Institute. (2003). Manual del Artesano. En *Certificación del ACI* (págs. 18-21). Instituto Norte Americano del concreto Farmington Hills, Michigan.
- American Concrete Institute. (julio de 2005). ACI 318S-05. En *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S-05)* (pág. 76; 5.11).
- Botero Botero, L. F., & Álvarez Villa, M. E. (Octubre - Diciembre de 2004). Guia de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). *Universidad EAFIT, Vol. 40, número 136*, 50-64.
- Botero, L. F., & Álvarez, M. E. (2003). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Revista Universidad EAFIT*, 130, 65-78.
- Comité Euro-Internacional del Hormigón (CEB). (1990). Código modelo CEB-FIP 1990 para homigón estructural.
- Empresa Municipal de Vivienda "VIVEM LOJA". (2010). *Pliegos para la construcción de casas de dos plantas tipo en la urbanización "Ciudad Alegría"*. Loja: Ilustre Municipio del Cantón Loja.
- Empresa Municipal de Vivienda. (s.f.). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja*. Recuperado el 17 de 09 de 2011, de [www.loja.gob.ec](http://www.loja.gob.ec)



- ENCALI EICE ESP. (22 de 02 de 2011). Norma Técnica de Acueducto y Alcantarillado. *NCO-SE-AA-039\_ Instalación de Concreto*.
- Garzon Gordillo, M. L. (2001). *Políticas de Productividad para Compañías Constructoras de Vivienda de Interes Social*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Howell, G. A. (1999). What is lean Construction? *Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Berkeley.
- Imai, M. (1998). *Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo*. MacGraw Hill.
- INEC. (2011). *Instituto nacional de estadísticas y censos*. Recuperado el 24 de 11 de 2011, de <http://www.inec.gov.ec/>
- Instituto de Investigaciones Tecnológicas (U.A.G.R.M.) . (Diciembre de 2009). *“Análisis de resistencia a compresión de hormigones: Cemento Portland normal, IP 40, IP 30, IP 30”* . Santa Cruz, Bolivia.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (s.f.). *Diseño de Pavimentos de Hormigón*. Santiago.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana NTN INEN 2 380:2010 (Primera revisión). *Cemento Hidráulico. Requisitos de desempeño para Cementos Hidráulicos*. Quito: 1era. Edición.
- Jiménez Montoya, P., García Meseguer, A., & Morán Cabré, F. (1987). *Hormigón Armado Tomo I*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- “Índice de productividad en la construcción: ¿Mito o realidad? (Junio 2001). *Revista Bit*, 6-9.
- Khan, M. ((New York), 1993). Methods of motivating for increased productivity”. *Journal of construction engineering and management*, 148-156.
- Koskela, L. (CIFE Technical Report # 72, September 1992). *Application of The New Production Philosophy to Construction*. Inglaterra: Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Luna G, R. (2009). *“Identificación de fuentes de perdida en la construcción de edificaciones para vivienda en la ciudad de Loja mediante el empleo del sistema de información de niveles de actividad”*. Loja: Escuela de Ingeniería Civil, UTPL.
- Niebel, B. (2001). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México: Alfaomega.



Normativa Europea UNE 83-313-90 / UNE 83-300. (s.f.).

<http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/MedidaConsistenciaHORMIGON.ConoABRAMS.pdf>.

Portland Cement Association. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Limusa.

Revuelta Crespo, D., & Gutiérrez Jiménez, J. P. (2008). *Estimación de la Resistencia a Compresión del Hormigon Mediante el Muestreo, Extracción y Rotura de Probetas Testigo*. Madrid, España.

Serpell, A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*. Santiago: Ediciones P. Universidad Católica de Chile.

Serpell, A., & Alarcón, L. (1994). *Planificación y Control de Proyectos, 1ra ed.* Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Serpell, A., & Venturi, A. (1995). Characterization of waste in building construction projects. *Third Annual Conference of the international Group for Lean Construction*. University of New Mexico, Albuquerque.

Spiegel, M. R. (1979). *Teoría y problemas de probabilidad y estadística*. México: Mc Graw Hill.

Vrijhoef, R., & Koskela, L. (1999). *Roles of Supply Chain Management in Construction*. Berkeley, CA, USA: University of California.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross. (1992). *The Machine that Changed the World. Editions Rawson Associates, Macmillan Publishing Company*. Canada: Collier Macmillan.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

---

CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

# ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

---

CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

# ANEXO I





### FORMATO UTILIZADO PARA EL CONTROL DEL CURADO EN EL HORMIGÓN

<b>CONTROL DE CURADO DE ELEMENTOS</b>		
<b>PROYECTO: Programa habitacional "Ciudad Alegría"</b>		
CONTRATISTA:		OBSERVADOR:
Manzana:	N° de casa:	FECHA:
N° de trabajadores:		Hora de inicio: Hora de fin:
Dosificación:		
<b>DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO</b>		
Elemento	Especificación	Observaciones
Columnas <input type="checkbox"/>		
Contrapiso <input type="checkbox"/>		
Losa <input type="checkbox"/>		
Otros <input type="checkbox"/>		
<b>MÉTODO DE CURADO</b>		
Método empleado		Observaciones
Curado por humedecimiento con agua	<input type="checkbox"/>	
Curado por membrana	<input type="checkbox"/>	
Costales, mantas de algodón y alfombras	<input type="checkbox"/>	
Curado con tierra	<input type="checkbox"/>	
Arena y aserrín	<input type="checkbox"/>	
Paja o heno	<input type="checkbox"/>	
Otro	<input type="checkbox"/>	
<b>PERIODICIDAD DEL CURADO</b>		
Fechas	Duración	Observaciones



FORMATO UTILIZADO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL HORMGÓN

<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  <i>La Universidad Católica de Loja</i></p> <p><b><u>CONTROL DE CALIDAD</u></b></p> <p><b>PROYECTO: Programa habitacional "Ciudad Alegría"</b></p>			
<b>CONTROL DE CALIDAD DEL H° - Viviendas</b>			
Contratista: _____		Observador: _____	
Manzana: _____		N° de casas: _____	
		N° de trabajadores: _____	
<b>Método de fundición:</b> _____		FECHA: _____	
Hormigonado in situ	<input type="checkbox"/>	Hora de inicio: _____	Hora de fin: _____
Premezclado	<input type="checkbox"/>	Dosificación: _____	
<b>Elemento de fundición:</b>	<b>Especificación</b>	<b>Área/Volumen de fundición</b>	<b>Observaciones</b>
Columnas <input type="checkbox"/>			
Contrapiso <input type="checkbox"/>			
Losa <input type="checkbox"/>			
Otros <input type="checkbox"/>			
<b>Control de Materiales:</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Tam. Max.</b>	<b>Observaciones</b>
Arido grueso :	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	_____
Arido fino:	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	_____
Uso de Aditivos:	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Tipo y Marca de aditivo: _____	
Cant. de aditivo/m3: _____	Agua limpia		SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Tipo de cemento: _____		N° de sacos: _____	
Observación: _____			
<b>Control de Equipo:</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Estado/Condición</b>	<b>Observaciones</b>	



<b>CONTROL DE CALIDAD</b>							
<b>PROYECTO: Programa habitacional "Ciudad Alegría"</b>							
<b>MUESTRAS DE CILINDROS</b>							
<b>REVENIMIENTO (ASTM C 143) Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C 39-66)</b>							
N° Cilindro	Revenimiento (cm)	FECHAS		Edad de la prueba	Diametro (cm)	Carga máx. (Kg)	f'c (Kg/m <sup>2</sup> )
		Elaboración	Ruptura				
1							
2							
3							
Observaciones:							
MÉTODO DE CURADO: _____							
Periodicidad/Intervalo de curado:							
<b>ENCOFRADO</b>							
Elemento:	PERTENENCIA		MATERIAL		LIMPIEZA EN DEENCOF.		
	Propio	Alquilado	Madera	Metálico	Inmed.	Desp.	
Columnas <input type="checkbox"/>							
Cadenas <input type="checkbox"/>							
Vigas <input type="checkbox"/>							
Losa <input type="checkbox"/>							
OBSERVACIONES:							



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

---

CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

# ANEXO II



**CONSISTENCIA CARACTERÍSTICA PARA CADA CONTRATISTA.**

CONTRATISTA	ASENTAMIENTO SIN ADITIVO (cm)	ASENTAMIENTO CON ADITIVO (cm)
1	12,5	-
2	5,25	-
3	-	11,66
4	8,75	6,5
5	19,5	3
6	5,5	4,58
7	11	15,37
8	7	4,5
9	-	9,33
10	5,5	7
11	6	5,5
12	9,5	3
13	10	11,66
14	-	12
15	-	10
16	-	8,2
17	-	5,2
18	7	15,3
19	10,5	6,4



**CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN SIN USO DE ADITIVO.**



**CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN CON USO DE ADITIVO.**





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

---

CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
PROGRAMA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL CIUDAD ALEGRÍA

# ANEXO III



## **METODOLOGÍAS UTILIZADAS Y RESULTADOS DEL CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN**

### Contratista 1

- En los controles realizados el contratista no utilizo ningún tipo de aditivo.
- Utiliza agregados que cumplen con la limpieza y tamaño máximo requerido.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encontró aparentemente limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada presento variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encuentra en buen estado de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.

### Contratista 2

- En los controles realizados el contratista no utilizo ningún tipo de aditivo.
- Utiliza agregados que cumplen con el tamaño máximo requerido, pero tiene una limpieza deficiente en el agregado grueso.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encontró aparentemente limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.



- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encuentra en buen estado de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.

### Contratista 3

- En los controles realizados el contratista utilizó un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregados que cumplen con el tamaño máximo requerido, pero tiene una limpieza deficiente el agregado grueso.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encontró aparentemente limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encuentra en buen estado de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.



#### Contratista 4

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requerida, pero el agregado grueso presenta deficiencia en su tamaño máximo.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encontró aparentemente limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encuentra en buen estado de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.

#### Contratista 5

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requerida, pero el agregado grueso se encuentra deficiente en su limpieza.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.



- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encuentra en estado defectuoso de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.

#### Contratista 6

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino cumple con el tamaño máximo pero en ciertas ocasiones presenta deficiencia en su limpieza, el agregado grueso cumple con los requerimientos.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en la mayoría de ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 a 4 veces por día.



### Contratista 7

- En los controles de calidades realizados, el contratista informa que la dosificación utilizada por el proveedor del hormigón incluye aditivo acelerante plastificante en cantidades adecuadas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requerida, el agregado grueso no cumple en ciertas ocasiones con estos parámetros.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia en la mayoría de ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ a excepción del utilizado para conformar las losas que fue premezclado, obtenido de una planta de hormigón premezclado local.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen estado de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.

### Contratista 8

- En los controles realizados el contratista utilizó un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requerida, el agregado grueso en ciertas ocasiones no cumple el tamaño máximo requerido.



- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ, es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.

#### Contratista 9

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino y grueso que cumplen con el tamaño máximo y limpieza requerida.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ, es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada presenta variaciones de su composición en ciertas ocasiones.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.



- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 4 a 5 veces por día.

### Contratista 10

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino y grueso que cumplen con el tamaño máximo y limpieza requerida.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ, es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones de su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista no posee el equipo mínimo solicitado, pues al momento de fundir las gradas de la mayoría de casas no tenía el vibrador.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.

### Contratista 11

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino y grueso que cumplen con el tamaño máximo y limpieza requeridos.



- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia en la mayoría de ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.

### Contratista 12

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino y grueso que cumplen con el tamaño máximo y limpieza requeridos.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia en la mayoría de ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.



### Contratista 13

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino y grueso que cumplen con el tamaño máximo y limpieza requeridos.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia en la mayoría de ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.

### Contratista 14

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requeridos, el agregado grueso presenta impurezas.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.



- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.

### Contratista 15

- En los controles de calidades realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requeridos, el agregado grueso presenta impurezas.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón se encuentra limpia.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y gradas, encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.



### Contratista 16

- En los controles de calidades realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino que cumple con el tamaño máximo y limpieza requeridos, el agregado grueso presenta impurezas.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas, encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en un estado regular de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.

### Contratista 17

- En los controles de calidades realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino cumple con el tamaño máximo y limpieza requeridos, el agregado grueso presenta impurezas.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.



- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento pero no en su totalidad.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.

### Contratista 18

- En los controles realizados el contratista utilizo un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200 ml y 400 ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino cumple con el tamaño máximo y limpieza requeridos, el agregado grueso presenta impurezas.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en buen de funcionamiento pero no en su totalidad.
- El método de curado empleado es de roseado con agua.



### Contratista 19

- En los controles realizados el contratista utilizó un aditivo plastificante acelerante en una cantidad de 200 ml y 400 ml por funda de cemento, en elementos como losas y columnas.
- Utiliza agregado fino cumple con el tamaño máximo y limpieza requeridos, el agregado grueso presenta impurezas y mala gradación ciertas veces.
- El agua utilizada para elaborar el hormigón no se encuentra limpia en ciertas ocasiones.
- El método de fabricación del hormigón empleado para todos los elementos de la obra fue in situ es decir fabricado en obra.
- La dosificación utilizada no presenta variaciones en su composición.
- Utiliza encofrado metálico para losas, columnas y encofrado de madera para el resto de elementos como contra pisos, gradas, cadenas, etc.
- El contratista posee el equipo mínimo solicitado, el mismo que se encontró en un estado regular de funcionamiento.
- El método de curado empleado es de roseado con agua con una periodicidad de 3 veces por día.