



**SISTEMATIZACIÓN DE UN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO
REFORZADO EN EDIFICIOS BAJOS DE LA GRAN MISIÓN VIVIENDA
VENEZUELA.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: Krisbel Colmenares

ASESOR: MSc. Ing. Guillermo Bonilla

Octubre de 2018

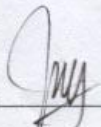
SISTEMATIZACIÓN DE UN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD DE
CONCRETO REFORZADO EN EDIFICIOS BAJOS DE LA GRAN MISIÓN
VIVIENDA VENEZUELA.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo
ha evaluado su contenido con el resultado:

Veinte (20) Puntos.

JURADO EXAMINADOR

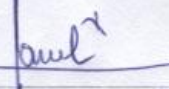
Firma:



Firma:



Firma:



Nombre:

Julio Martínez

Nombre:

Guillermo Bonilla

Nombre:

Vincenzo Bruschi

Realizado por:
Profesor Guía:

Fecha



Colmenares A., Krisbel R.
Msc. Ing. Guillermo Bonilla.

Octubre 2018

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a Dios, quien me dio la oportunidad de concebir y desarrollar el trabajo especial de grado, guiándome y acompañándome durante todo el proceso.

A mis padres, César Colmenares y Grisela Arratia, quienes con su apoyo, amor y comprensión me aconsejaron y guiaron durante los momentos más difíciles, hasta celebrar los logros obtenidos.

A mi hermano Raniel Colmenares, quien desde la distancia me dio su apoyo e incentivó a trabajar duro y dar lo mejor de mí.

También quiero agradecer a todos los profesores que sirvieron de guía para ser mejor estudiante y mejor persona, ayudándome a sacar mi mayor potencial y demostrando que con esfuerzo cualquier objetivo se puede lograr.

Y por último pero no menos importante a mis compañeros de clases, con quienes compartí todos estos años de estudio; reí, lloré y celebré cada meta lograda.



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**SISTEMATIZACIÓN DE UN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO
REFORZADO EN EDIFICIOS BAJOS DE LA GRAN MISIÓN VIVIENDA
VENEZUELA**

Autor: Krisbel Colmenares

Asesor: MSc. Ing. Guillermo Bonilla

Fecha: Octubre 2018

RESUMEN

En su forma más sencilla toda construcción pasa por las etapas de documentación, planificación y ejecución; muchos no saben que el control de calidad del concreto nace desde la documentación y culmina después de la ejecución, ya que es de vital importancia para cualquier obra civil que utilice una mezcla de concreto, llevar todos los registros de controles de la capacidad que desarrolle la misma desde la concepción proyecto. En Venezuela tanto entes públicos, como privados, no están llevando a cabo los registros de estos controles, por lo que la finalidad del trabajo es ofrecer una herramienta que sirva de ejemplo para que se tomen en cuenta estos controles dentro de las previsiones de cualquier contratación. La calidad del concreto depende de muchos factores, como es verificar la calidad de cada uno de los materiales que llegan a obra, debido que hasta el más mínimo detalle puede afectar el desarrollo de la misma, afectando también al costo y al tiempo.

Palabras Clave: Sistema tipo túnel, calidad del concreto, ensayos, cilindros de concreto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Alcance y Limitaciones	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases Legales asociadas a la calidad de construcción	6
2.2.1. Norma Covenin 1753-2006.....	6
2.2.2. Norma Covenin 1976-2003.....	10
2.2.3. Norma Covenin 277-2003.....	14
2.3. Fundamentos Teóricos.....	20
2.3.1. Diagrama de Gantt.....	20
2.3.3. Sistemas industrializados.....	25
2.3.4. Calidad	27
CAPÍTULO III.....	30
3.1. Tipo de investigación.....	30
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.3. Descripción de proyecto utilizado	31
3.4. Proceso de ejecución de obra.....	31

3.5.	Proceso constructivo. Parámetros generales.....	32
3.6.	Escenarios de proceso constructivo	33
3.6.1.	Escenarios.....	34
3.6.2.	Cuantificaciones.....	38
3.6.3.	Ensayos	41
CAPÍTULO IV		42
4.1.	Fundación.....	42
4.2.	Edificios	43
4.2.1.	Escenario 1	43
4.2.2.	Escenario 2	47
4.2.3.	Escenario 3	50
4.2.4.	Escenario 4	55
4.2.5.	Escenario 5	58
4.2.6.	Escenario 6	59
4.2.7.	Escenario 7	61
4.2.8.	Escenario 8	62
4.3.	Plan de control de calidad del concreto	64
4.3.1.	Ensayos	64
4.3.2.	Sistematización de ensayos para el control de calidad en placas de fundación	72
4.3.3.	Sistematización de ensayos para control de calidad de concreto en edificios	75
CONCLUSION		94
RECOMENDACIONES		96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límite de sustancias nocivas.	16
Tabla 2. Límites de los porcentajes en peso que pasan los dos (2) cedazos de aberturas cuadradas.	18
Tabla 3. Porcentaje máximo referido al peso total de la muestra.	19
Tabla 4. Actividades ejecutadas por la torre grúa.	34
Tabla 5. Esquema de escenarios.	35
Tabla 6. Volumen acumulado de concreto en 5 niveles.	39
Tabla 7. Volumen acumulado de concreto en 10 edificios.	40
Tabla 8. Volumen acumulado de concreto en fundaciones.	42
Tabla 9. Rendimiento de los materiales utilizados en las fundaciones.	43
Tabla 10. Actividades ejecutadas en el escenario 1.	44
Tabla 11. Tiempo de ejecución de escenario 1.	45
Tabla 12. Rendimiento de los materiales del escenario 1.	46
Tabla 13. Actividades del escenario 2.	47
Tabla 14. Tiempo de ejecución del escenario 2.	49
Tabla 15. Rendimiento de los materiales del escenario 2.	50
Tabla 16. Actividades del escenario 3.	51
Tabla 17. Tiempo de ejecución del escenario 3.	53
Tabla 18. Rendimiento de los materiales del escenario 3.	54
Tabla 19. Actividades del escenario 4.	55
Tabla 20. Tiempo de ejecución del escenario 4.	56
Tabla 21. Rendimiento de los materiales del escenario 4.	57
Tabla 22. Tiempo de ejecución del escenario 5.	58
Tabla 23. Rendimiento de los materiales del escenario 5.	59
Tabla 24. Tiempo de ejecución del escenario 6.	60
Tabla 25. Rendimiento de los materiales del escenario 6.	60
Tabla 26. Tiempo de ejecución del escenario 7.	61
Tabla 27. Rendimiento de los materiales del escenario 7.	62
Tabla 28. Tiempo de ejecución del escenario 8.	63
Tabla 29. Rendimientos de los materiales del escenario 8.	63
Tabla 30. Volumen acumulado en la vialidad.	64
Tabla 31. Cantidad de material usado en la vialidad.	64
Tabla 32. Resultados del concreto en sitio para fundaciones.	74
Tabla 33. Resultados del concreto premezclado para las fundaciones.	75
Tabla 34. Resultados del concreto en sitio para el escenario 1.	84
Tabla 35. Resultados del concreto en sitio para el escenario 2.	84

Tabla 36. Resultados del concreto en sitio para el escenario 3.	85
Tabla 37. Resultados del concreto en sitio para el escenario 4.	85
Tabla 38. Resultados del concreto en sitio para el escenario 5.	86
Tabla 39. Resultados del concreto en sitio para el escenario 6.	86
Tabla 40. Resultados del concreto en sitio para el escenario 7.	86
Tabla 41. Resultados del concreto en sitio para el escenario 8.	87
Tabla 42. Resultados del concreto premezclado para el escenario 1.	88
Tabla 43. Resultados del concreto premezclado para el escenario 2.	88
Tabla 44. Resultados del concreto premezclado para el escenario 3.	89
Tabla 45. Resultados del concreto premezclado para el escenario 4.	89
Tabla 46. Resultados del concreto premezclado para el escenario 5.	90
Tabla 47. Resultados del concreto premezclado para el escenario 6.	90
Tabla 48. Resultados para el concreto premezclado para el escenario 7.	90
Tabla 49. Resultados del concreto premezclado para el escenario 8.	91
Tabla 50. Comparación de los 8 escenarios para el concreto en sitio.	91
Tabla 51. Comparación de los 8 escenarios para concreto premezclado.	92
Tabla 52. Resultados para concreto en sitio de la vialidad.	93
Tabla 53. Resultados para concreto premezclado en la vialidad.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las bases legales que sustenta el Trabajo de Grado. Fuente: Propia.....	6
Figura 2. Ejemplo de una representación gráfica del Diagrama de Gantt. Fuente: es.smartsheet.com.....	21
Figura 3. Ejemplo de malla para el proyecto de Reliable Construction Co. Fuente: Hillier, F. y Lieberman, G. Introduction to Operations Research. (p. 10-5).....	23
Figura 4. Encofrado tipo túnel. Fuente: Outinord.	26
Figura 5. Encofrado de formaletas del sistema Manoportable. Fuente: Forsa.	27
Figura 6. Foto del modelo de urbanismo utilizado. Fuente: Propia	31
Figura 7. Esquema de ejecución de obra. Fuente: Propia.	32
Figura 8. Esquema de escenarios 1 y 3. Fuente: Propia.	36
Figura 9. Cambio de dirección de la torre grúa. Fuente: Propia	36
Figura 10. Esquema de los escenarios 2 y 4. Fuente: Propia.	37
Figura 11. Esquema de escenarios 5 y 7. Fuente: Propia.	37
Figura 12. Esquema de los escenarios 6 y 8. Fuente: Propia.	38
Figura 13. Vista en planta y vista 3D del edificio modelo. Fuente: Propia.	39
Figura 14. Edificio con esquema de colores por nivel (vaciado con tolva). Fuente: Propia.	44
Figura 15. Esquema de colores por nivel (vaciado por bombeo). Fuente: Propia	52
Figura 16. Planificación de calidad del concreto para las fundaciones.....	73
Figura 17. Planificación para el edificio 1 del escenario 1.	76
Figura 18. Planificación de los edificios 1 y 2 del escenario 2.	77
Figura 19. Planificación del edificio 1 del escenario 3.	78
Figura 20. Planificación de los edificios 1 y 2 de escenario 4.	79
Figura 21. Planificación de los edificios 1 y 6 del escenario 5.	80
Figura 22. Planificación de los edificios 1, 2, 9 y 10 del escenario 6.	81
Figura 23. Planificación de los edificios 1 y 10 del escenario 7.	82
Figura 24. Planificación de los edificios 1,2, 9 y 10 del escenario 8.	83

INTRODUCCIÓN

La calidad del concreto estructural depende de muchas variables entre las cuales destacan la calidad por separado de los materiales que integran la mezcla, por esto es importante que en una construcción sean aplicados controles que evalúen las características de la misma y para las Normas referidas a control de calidad resultan de necesaria aplicación, dado que dichas Normas determinan los estándares y procedimientos que deben ser seguidos.

En realidad el objeto de controlar la calidad, se encuentra asociado a la esperanza que lo construido presente un desempeño adecuado durante su período de vida útil; lo que abarca desde la durabilidad adecuada hasta la confiabilidad estructural que los métodos de diseño contemplan en sus formulaciones.

Ahora bien, los controles de la calidad del concreto se hacen mediante ensayos normalizados, ya sea en sitio o en laboratorio; donde se especifican la toma de muestra, el método o técnica aplicada dependiendo de la propiedad que se quiera evaluar y reporte de los resultados obtenidos. Sin embargo, cuando se refiere la calidad del concreto, muchos suelen asociar este término a resistencia de cilindros, que si bien es importante porque determinan la capacidad mecánica de la estructura; en realidad también se hace necesario considerar la evaluación del resto de componentes como cemento, granulometría y disgregabilidad de los agregados y resistencia a la tracción del acero de refuerzo, entre otros.

Hacer estos ensayos es importante ya que permiten detectar fallas a tiempo, con una alta posibilidad de corrección, evitando afectar la duración de la obra; dentro de este contexto, hay que recordar que CALIDAD – COSTO – TIEMPO son tres parámetros que constituyen los vértices de un triángulo que se deforma en su totalidad al alterar algunos de ellos.

Acciones de urgencia han hecho que el objeto de este trabajo sea adaptar la planificación de ejecución a la planificación de los controles en obra, con finalidad de que sirva de referencia a los entes privados y públicos sobre cómo debe hacerse el sistema, y en especial al Ministerios del

Poder Popular para Vivienda y Hábitat para que sirva de referencia a los constructores e incluso sea considerado en los contratos la necesidad de la planificación de los ensayos a ejecutar.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En observaciones realizadas en el laboratorio de materiales se ha comprobado que las construcciones se están llevando a cabo con poco control en su calidad de ejecución, esto incluye todo tipo de proyectos, pero específicamente en el caso de las viviendas esta situación puede resultar más grave debido a la necesidad de asegurar o mantener la confiabilidad prevista en los proyectos; dentro de este contexto el trabajo utiliza como referencia un proyecto desarrollado por el Estado a través del Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat, ubicado en Fila de Mariches para desarrollar las actividades de planificación y control requeridas para su ejecución, de este manera se espera busca ofrecer una herramienta adecuada que permita considerar la calidad del concreto dentro de las previsiones de las contrataciones.

1.2. Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Sistematizar un plan de control de calidad de concreto reforzado de edificios bajos de la Gran Misión Vivienda Venezuela.

Objetivos Específicos

- Análisis de requerimientos de control de calidad con base a 12 encofrados.
- Análisis de requerimientos de control de calidad con base a 24 encofrados.
- Análisis de requerimientos de control de calidad con base a 48 encofrados.

1.3. Justificación

Actualmente en el país, tanto en instituciones públicas como privadas no se están desarrollando los planes de control de calidad del concreto, siendo el desarrollo de este trabajo un ejemplo de cómo se deben aplicar los requerimientos de controles de calidad en obra.

1.4. Alcance y Limitaciones

El estudio estará orientado a edificaciones multifamiliares bajas de hasta 5 niveles, construidas mediante sistemas semi industrializados con concreto reforzado,

Debido al tipo de sistema constructivo, fue analizado el mismo desarrollo frente a distintos escenarios de ejecución en varias condiciones, permitiendo establecer criterios para los diferentes procesos.

La estructura es del tipo muro de corte con dinteles dúctiles, estas edificaciones son comúnmente usadas en el país ya que permite ejecutar un mayor número de proyectos en un tiempo más corto, por eso son de suma importancia para establecer un modelo que ayude a desarrollar el plan.

Cabe mencionar que aunque la edificación es de concreto reforzado con acero, el trabajo fue orientado a desarrollar en su mayoría un ejemplo de control de calidad del concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Referente al tipo de estructura a evaluar ejecutada con sistemas semi industrializados, utilizado para la construcción de edificios bajos, se encuentran varios trabajos de investigación que sirven como guía para estudiar los procesos constructivos de estas edificaciones, como lo es el trabajo de Rondón, Andrés (2011), en Venezuela, egresado de la Universidad Católica Andrés Bello, desarrolló una investigación llamada **Sistema Estructural Tipo Túnel: Análisis de Su Comportamiento Bajo Acciones Sísmicas**; que además de hablar de los sistemas industrializados y las actividades ejecutadas para llevar a cabo en la construcción, hace un análisis sísmico en estructuras de 4 niveles, conveniente para cualquier edificio de este tipo en el país.

Siguiendo en el mismo contexto del sistema tipo túnel, existe un trabajo acerca de estos edificios y el control de calidad del concreto en la construcción; esta investigación fue hecha por Seija y Coll (2003), egresados de la Universidad Metropolitana, que junto con el profesor Mario Paparoni desarrollaron un manual llamado **Manual de Ejecución de Edificaciones Tipo Túnel**, donde especifican todo lo relacionado con el control de calidad de concreto de estos edificios, siguiendo lo estipulado por las Normas Venezolanas; también desarrollaron material referente al acero de refuerzo utilizado en este sistema constructivo, y los elementos estructurales que lo componen.

Es de interés para desarrollar este trabajo, otro manual acerca de construcciones de viviendas de interés social con este tipo de sistema en Bogotá; Colombia, fue desarrollado por Romero y Motta (2016); se llama **Manual de Construcción para Viviendas de Interés Social con Sistemas Industrializados, en Sistemas Tipo Manoportable y Túnel**; donde además de describir como es el proceso de construcción de estos edificios, también discuten el control de calidad del concreto, con las directrices propuestas en su país; sirve como comparación a las Normas Venezolanas.

2.2. Bases Legales asociadas a la calidad de construcción

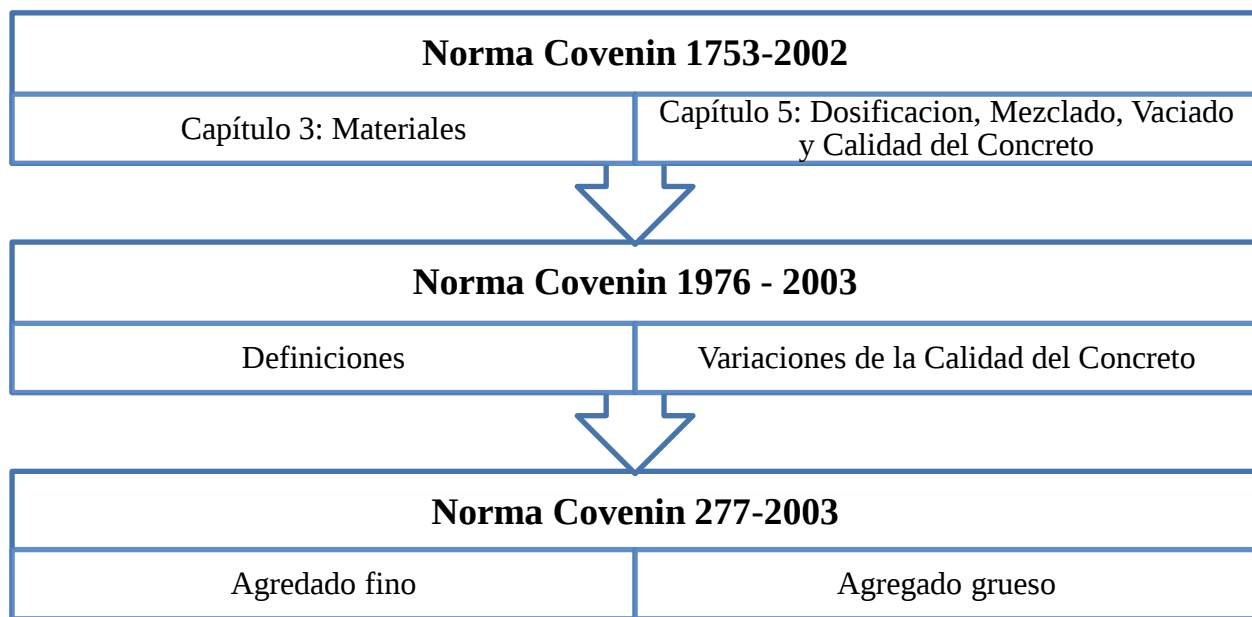


Figura 1. Esquema de las bases legales que sustenta el Trabajo de Grado. Fuente: Propia.

2.2.1. Norma Covenin 1753-2006.

Esta Norma establece los requisitos para el proyecto y la ejecución de edificaciones de concreto estructural que se proyecten o construyan en el país. Contiene todos los aspectos relativos al proyecto, desde la construcción hasta la reparación, pasando por evaluación e inspección, entre otros; los capítulos que describen las propiedades de los materiales y aseguramiento de su calidad son:

Capítulo 3: Materiales

a- Calidad de los materiales

Los Ingenieros residente e inspector de la obra deben asegurar la calidad de los materiales a ser usados.

Tendrán el derecho de ordenar ensayos para comprobar que satisfacen las calidades especificadas en esta Norma. El registro completo de estos ensayos debe encontrarse disponible para su inspección durante la marcha de los trabajos entregados formalmente al propietario para su custodia, conservación, presentación y traspaso en las ocasiones pertinentes.

Los requisitos de calidad y resistencia para el concreto, se dan en los Capítulos 4 y 5, así como en la Sección 18.2.1.

Normas de ensayo

b- Cementos

El cemento debe cumplir con una de las siguientes normas de calidad:

- a. Norma Venezolana 28. *Cemento Portland. Requisitos.*
- b. Norma Venezolana 935. *Cemento Portland - Escoria. Requisitos*

El cemento empleado en la obra debe corresponder con aquel sobre el cual fue basada la selección de las proporciones para las mezclas del concreto con arreglo a lo establecido en el Artículo 5.3 y Sección 3.1.2.

Para la fabricación de concreto, no debe hacerse uso de los denominados cementos de mampostería.

c- Acero de refuerzo

Mallas de alambres electrosoldados

Evaluación y aceptación del acero de refuerzo

Se deben tomar y ensayar muestras representativas de los aceros de refuerzo utilizados en obra, con la frecuencia y alcance indicados en las Normas Venezolanas 316, 505 y 1022.

Los ensayos deben demostrar inequívocamente, que el acero utilizado cumple con las normas y especificaciones indicadas en los planos según el Artículo 1.5. A la Memoria de Cálculo se anexará copia de los ensayos y certificaciones.

Capítulo 5: Dosificación, Mezclado, Vaciado y Calidad del Concreto.

a- Resistencia promedio a la compresión

Para la determinación de f'_c , se entiende como ensayo de resistencia el promedio de las resistencias de al menos dos cilindros hechos de la misma muestra, ensayados a los 28 días o a la edad de ensayo especificada de acuerdo con la Norma Venezolana 338 (Véase la Sección 5.9.2). El concreto debe producirse minimizando la frecuencia de resistencias por debajo de f'_c , con arreglo a los criterios de aceptación de la Subsección 5.9.2.3.

Edad de ensayo

A menos que se especifique otra cosa, f'_c se basará en ensayos a los 28 días. Para concretos que requieren una resistencia f'_c determinada con otra edad, esta se indicará en los planos y especificaciones.

Frecuencia de los ensayos

Cada ensayo de resistencia debe satisfacer la Sección 5.2.1 y su frecuencia será la siguiente:

- a) Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto vaciado, deben tomarse no menos de una vez por día, ni menos de una vez cada 100 m³ de concreto vaciado, ni menos de una vez por cada 400 m² de superficie de losas, placas o muros.
- b) Cuando la cantidad total del concreto en una obra dada es tal, que la frecuencia especificada de las pruebas requeridas proporcione menos de cinco muestras para una clase de concreto dada, deben hacerse ensayos de por lo menos cinco unidades de mezcla producidas seleccionadas al azar, o de cada unidad de mezcla producida cuando sean menos de cinco.

- c) Cuando la cantidad total de una clase de concreto es menor que 30 m³, el número de pruebas de resistencia puede reducirse a juicio del Ingeniero inspector, si este considera que existe una evidencia adecuada de que la resistencia es satisfactoria. Lo anterior no aplica cuando se trata de columnas u otros miembros que cumplen una función fundamental en la estabilidad de la estructura.

b- Ensayos de probetas curadas en el laboratorio

Toma de muestras

Las muestras para los ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con las Normas Venezolana 344 y 1976.

Elaboración y curado de cilindros

Los cilindros para los ensayos de resistencia deben moldearse y curarse en el laboratorio y ensayarse de acuerdo con la Norma Venezolana 338.

Criterios de aceptación

La resistencia del concreto se considerará satisfactoria cuando se cumplan, simultáneamente, los dos criterios siguientes:

- a) Ningún resultado individual, promedio de al menos dos cilindros, está por debajo de f'_c en más de: 35 kgf/cm² cuando $f'_c \leq 350$ kgf/cm², o de 0,1 $f'_c > 350$ kgf/cm².
- b) El promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos iguala o excede el valor f'_c especificado.

Cuando no se satisface alguno de los dos requerimientos anteriores, de inmediato se adoptarán medidas para aumentar el promedio de los resultados de ensayos posteriores. Además, cuando no se satisfacen los requerimientos del punto (a.), se deben considerar las disposiciones de la Sección 5.9.4.

c- Ensayos de probetas curadas en obras

Elaboración

Las probetas curadas en obra deben ser hechas al mismo tiempo y de las mismas muestras de concreto que las probetas curadas en el laboratorio.

Control de curado

El Ingeniero inspector, podrá solicitar pruebas de resistencia de las probetas curadas bajo las condiciones de la obra. Para reproducir las condiciones de curado en la obra, las probetas deben permanecer constantemente a la sombra, controlando y registrando periódicamente el ambiente y su temperatura, los cuales son datos indispensables para la interpretación de los resultados.

Las probetas curadas en obra la deben tratarse según las condiciones establecidas en la Norma Venezolana 338.

Criterio de evaluación

Cuando la resistencia de los cilindros curados en la obra, a la edad especificada para medir f'_c , que el 85% de la correspondiente a los cilindros gemelos curados en el laboratorio, deben mejorarse los procedimientos de protección y curado del concreto. El límite del 85% puede omitirse cuando la resistencia de los cilindros curados en obra excede f'_c en más de 35 kgf/cm

2.2.2. Norma Covenin 1976-2003

Establece los procedimientos de base estadística que ayuden a planificar la ejecución de ensayos de resistencia del concreto, también contiene todo lo que respecta al control de calidad; los apartados de interés son:

a- Definiciones

Ensayo

Ensayo y prueba son sinónimos; es el acto de someter a un espécimen, probeta o parte de un material a una serie de análisis que permitan conocer sus características o propiedades.

Por lo tanto es apropiado hablar del resultado del ensayo de espécimen, de la muestra o de la muestra compuesta.

Ensayo destructivo

Es aquel que destruye la muestra al ser ensayada.

Exactitud

Es la fidelidad de la medida cuando se compara con la obtenida por otros laboratorios.

Muestra

Es una porción que se le toma a una unidad de producción.

Muestra compuesta

Es la que se obtiene al mezclar dos o más muestras simples.

Porción

Parte de un material que se toma para ser ensayado, arena, cemento, aditivo, etc.

Precisión

Es la regularidad con que se repite el resultado de la medición efectuada. Para poder determinar la precisión cuando se efectúan ensayos destructivos es necesaria la toma de dos o más especímenes.

Probeta

Parte de una porción de lo que se va a analizar o ensayar, que puede tener forma de un prisma, un cilindro, un cubo, etc.

Réplica

Es repetir el ensayo para asegurar que el valor obtenido es correcto. En el caso de que el material que sea analizado por un ensayo destructivo, es necesario tomar dos o más especímenes idénticos.

Unidad de producción

Es lo que se produce de una sola vez. Ejemplos: el concreto que produce una mezcladora o dosificadora cada vez que efectúa la operación o la cantidad de concreto transportado por un camión mezclador.

b- Variaciones de la Calidad del Concreto

Ensayo

Cuando los ensayos se hacen de forma adecuada, siguiendo estrictamente los correspondientes requisitos, las variaciones debidas a ellos son de una magnitud bastante menor que las debidas a las reales alteraciones de calidad del concreto. Por el contrario, cuando los ensayos se hacen de forma inadecuada o descuidada en alguna de sus partes, las variaciones que se producen pueden llegar a superar ampliamente a las debidas al material que quedaran así enmascaradas haciendo que resulte inoperante cualquier plan de control. Los ensayos mal hechos pueden indicar niveles de calidad y variabilidad del concreto que no existen.

Para un control adecuado, es por lo tanto necesaria la ejecución apropiada de los ensayos, poniendo especial cuidado en las principales causas de su variación, las cuales se señalan en la Tabla 2.

Muestreo

La frecuencia de la toma de muestras de concreto para su ensayo, debe ser tal que no queden partes del material cuya calidad no se conozca. Para esto no es necesario desde luego, el ensayar todas y cada una de las partes del material, debido a la forma que tienen de distribuirse las resistencias; por otro lado sin embargo, la necesidad de conocer los

parámetros de la distribución y la posibilidad de que se produzcan mezclas esporádicas de mala calidad (fuera de la distribución), obligan a una cierta frecuencia de muestreo.

No es posible dar reglas de validez general que cuantifiquen de manera precisa esta frecuencia. Ello se debe a las numerosas variables diferentes que intervienen en el problema. Sin embargo a título de guía se pueden tomar como suficientes para el control rutinario de cada clase de concreto, las siguientes:

- a) Una muestra por cada 14 unidades de producción.
- b) Una muestra por cada 50 m² de superficie de obra de concreto.
- c) Una muestras por cada día de trabajo.
- d) Seis muestras en total (para toda la obra).

De estos cuatro criterios se aplicará el que para el tipo de concreto de que se trate, exija un mayor número de muestras.

Independientemente de esto se debe estar preparado para la toma y ensayo de muestras de mezclas que por cualquier motivo parezcan anormales o sospechosas. Estas muestras no se considerarán para el ulterior análisis estadístico pero sí se les aplicarán los criterios de aceptación y rechazo del punto 7.6.

Edad de ensayo

En nuestro medio la resistencia que se especifica habitualmente, es la de 28 días de edad; sin embargo pueden ser especificadas resistencias a otras edades, o puede ser conveniente conocerlas aunque no sean de especificación.

Las resistencias a edades menores de 28 días, son útiles en cuanto que permiten inferir prematuramente, con mayor o menor precisión, las que tendrá el material a la edad normativa. La relación de proporcionalidad entre ambas edades, sólo puede ser conocida con seguridad, mediante ensayos hechos con los mismos materiales y en las mismas condiciones de trabajo; cualquier cambio puede invalidar los factores de cálculo. Esto es

especialmente válido para establecer las relaciones entre las resistencias obtenidas en ensayos acelerados de cualquier tipo y las resistencias normativas.

Las resistencias a edades tempranas deben ser objeto de especificación en ciertos tipos de construcción para los cuales son más críticas que las resistencias a 28 días; incluso estas últimas pueden carecer de interés por ser seguro que se obtendrán si se cumplen las tempranas (según las leyes generales de comportamiento del concreto); así sucede con los concretos para los sistemas de paredes estructurales (túnel y otros) en los que el uso económico de encofrados obliga a desencofrar a las pocas horas del vaciado, a veces hasta 8 o 12 horas solamente. También para los prefabricados en general es crítico el uso del molde, así como la posibilidad de traslado del elemento; cuando son pretensados es decisivo además, el momento del corte del cable.

En todos estos casos el calculista o el especialista correspondiente, deben establecer las resistencias necesarias para efectuar las operaciones críticas y a ellas habrá que atenerse para el control del concreto, mediante la determinación de las resistencias del material que se coloca a las edades involucradas.

También a edades más largas de los 28 días, puede ser necesario o interesante conocer la capacidad resistente de algunos concretos. Así sucede con los que no van a recibir carga inmediata, especialmente si se hacen de forma que desarrollen sus resistencias con relativa lentitud. El ejemplo más evidente son los concretos masivos para presas hidráulicas, para los cuales es más crítico el desarrollo de calor que el de las resistencias, por lo que se suelen utilizar concretos de muy lento desarrollo. En estos casos se suelen usar como edad normativa la de 90 días y a veces la de 180 días.

2.2.3. Norma Covenin 277-2003

Contempla los requisitos mínimos que deben cumplir los agregados finos y gruesos utilizados en el concreto; los apartados de interés son:

a- Requisitos

Agregado fino

Impurezas orgánicas

El agregado fino debe estar libre de cantidades nocivas de impurezas orgánicas y al ser ensayada según la Norma Venezolana COVENIN 256 no debe producir un color más oscuro que el N° 3 del patrón Gardner.

Un agregado fino que no pase este ensayo puede ser utilizado:

- a) Siempre y cuando la decoloración se deba principalmente a pequeñas cantidades de carbón o lignito.
- b) Cuando al ensayar un mortero elaborado a base del agregado no tratado, según la Norma Venezolana COVENIN 275, desarrolle una resistencia media a la compresión, a los 7 días y 28 días, no menor que el 95% de la desarrollada por un mortero similar hecho con otra porción de la misma muestra lavada en una solución al 3% de hidróxido de sodio, cada resistencia media debe obtenerse en un número no menor de seis (6) probetas.

Tabla 1. Límite de sustancias nocivas.

Material	Máximo porcentaje en peso de muestra total	Método de ensayo
Partículas desmenuzables	1,00	COVENIN 257
Material más fino que el cedazo COVENIN #200 (75 μ m)		
- concretos sujetos a la abrasión*	3,00	COVENIN 258
- otros tipos de concreto*	5,00	
Carbón y lignito		
- donde sea importante la apariencia de la superficie del concreto.	0,50	COVENIN 260
- todos los demás concretos	1,00	
Cloruros**	0,10	COVENIN 261
Sulfatos***	1,00	

* Si el material más fino que el cedazo COVENIN #200 (75 μ m) se compone de polvo de piedra que esté libre de arcilla o esquisto, estos límites se pueden aumentar al 13% a 15%, véase Nota 3.

** Esta condición debe cumplirse estrictamente en concretos armados.

*** La máxima cantidad permisible de sulfatos en una arena expresada con SO₄ y referida al agregado seco no será mayor de 1,00%. Se acepta como condición equivalente, que la cantidad de sulfatos expresados como SO₄ no sea mayor de 1,2 g/l de la muestra, sin que el volumen máximo de estas impurezas sobrepase de 0,5 cm³.

Disgregabilidad

El agregado fino sometido a cinco (5) ciclos de ensayos de disgregabilidad, según la Norma Venezolana COVENIN 271, debe tener una pérdida no mayor del 10% cuando se use sulfato de sodio o 15% si se usa sulfato de magnesio.

Agregado grueso

Granulometría

La granulometría determinada según la Norma Venezolana COVENIN 255 debe estar comprendida entre los límites que se indican en la Tabla 3.

El agregado grueso, ensayado según la Norma Venezolana COVENIN 264 no debe presentar más del 25% en peso de granos, con formas tales que el cociente entre la dimensión máxima y la dimensión mínima sea mayor que tres (3).

Sustancias nocivas

La cantidad de sustancias nocivas, no debe exceder los límites indicados en la Tabla 4.

Disgregabilidad

El agregado grueso sometido a cinco (5) ciclos de ensayo de disgregabilidad según la Norma Venezolana COVENIN 271, debe tener una pérdida no mayor del 12% cuando se usa sulfato de sodio o 18% cuando se usa sulfato de magnesio.

Desgaste

El agregado grueso ensayado según la Norma Venezolana COVENIN 266 y 267, según sea el caso, debe presentar un desgaste menor o igual al 40%.

Inspección Y Recepción.

Este capítulo está redactado con el criterio de ofrecer una guía al consumidor, en la comercialización de lotes aislados. A menos que exista acuerdo previo entre productor y consumidor, la inspección y recepción se debe realizar de acuerdo con lo indicado a continuación:

Tamaño de la muestra

El tamaño de las muestras de ensayo debe ser el especificado en el capítulo 5 de la Norma Venezolana COVENIN 255 tanto para agregados finos, como agregados gruesos.

Toma de muestras

En montones y pilas

Para el caso donde el lote de comercialización se extraiga de un material almacenado en montones y pilas, la toma de muestras se debe realizar de la siguiente manera:

Se toman tres (3) muestras de ensayo de acuerdo con lo especificado en el punto 5.1, por cada 100 m³ o fracción de material, tomadas de la siguiente manera:

- Se introduce una tabla de madera o una lámina metálica paralela a la base del montón o pila del material, a una altura de un metro, medido desde la base de la misma y con una profundidad de 30 cm.

Tabla 2. Límites de los porcentajes en peso que pasan los dos (2) cedazos de aberturas cuadradas.

Piedra picada ó grava COVENIN	75 mm (3")	64,0 mm (2 1/2")	50,8 mm (2")	38,1 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,51 mm (3/8")	6,35 mm (1/4")	4,76 mm (N° 4)	2,38 mm (N° 8)	1,19 mm (N° 16)	595 µm (N° 30)	297 µm (N° 50)
N° 0	-	-	-	-	-	100	100	85	60	40	20	10	5	-
							a	a	a	a	a	a	a	
							60	50	25	15	5	0	0	
N° 1	-	-	-	100	100	90	45	20	7	-	-	-	-	-
					a	a	a	a	a					
					90	50	15	0	0					
N° 2			100	90	70	30	10	5	-	-	-	-	-	-
			a	a	a	a	a	a						
			95	75	35	5	0	0						
N° 3	100	100	95	60	10	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		a	a	a	a	a								
		90	65	20	0	0								

Tabla 3. Porcentaje máximo referido al peso total de la muestra.

Material	Porcentaje máximo referido al peso total de la muestra	Método de ensayo
Partículas desmenuzables	0,25	COVENIN 257
Partículas blandas	5,0	COVENIN 265
Material más fino que el cedazo COVENIN #200 (75 μ m)	1,0**	COVENIN 258
Carbón y lignito: donde la apariencia de la superficie del concreto sea importante: Todos los demás concretos:	0,5 1,0	COVENIN 260

* Esta condición sólo se verifica en aquellos casos donde existan dudas en cuanto a la dureza del material.

** En el caso de agregados triturados, si el material más fino que el cedazo COVENIN #200 (75 μ m) se compone de polvo de fractura esencialmente libre de arcilla o esquisto, este porcentaje puede aumentarse a 1,5.

- Se eliminan 5 cm de la superficie del montón o pila debajo de la tabla de madera, (véase Nota 5). En el área ya preparada, introduzca una pala, unos 20 cm debajo de la tabla y saque el material.

Nota 5. Corrientemente, la superficie del montón o de la pila de agregados finos contiene material seco, más suelto y más sujeto a variaciones de granulometría.

- Se repite el procedimiento cerca de la mitad de la altura del montón o pila y cerca de la cumbre de la misma.

Estas muestras deben ser ensayadas individualmente, de acuerdo con lo especificado en la presente Norma Venezolana.

En depósitos (silos)

En el caso en el cual, el lote de comercialización se extraiga de un material almacenado en depósitos (silos), la toma de muestras se debe realizar de la siguiente manera:

Se toma una muestra de ensayo, de acuerdo con lo especificado en el punto 4.1 por cada 100 m o fracción de material, tomada de la siguiente manera:

- Se toma la muestra de la sección completa de la boca de descarga, después de dejar correr aproximadamente 1 m³ de material.

En unidad de transporte

En el caso en el cual, el lote de comercialización se coloque directamente en unidades de transporte, la toma de muestras se debe realizar de la siguiente manera:

Se toma una muestra de ensayo, de acuerdo con lo especificado en el punto 4.2 por cada unidad de transporte.

Criterios de aceptación y rechazo

En caso de que una de las muestras de ensayo no cumpla lo especificado en esta Norma, se debe proceder a un muestreo doble y si una de las muestras del muestreo falla, se debe rechazar el lote.

Para el ensayo de granulometría, se deben tomar todas las muestras del lote, menos para los demás ensayos que se debe tomar una sola.

2.3. Fundamentos Teóricos

2.3.1. Diagrama de Gantt

Es una representación gráfica que fue desarrollada por el ingeniero Henry L. Gantt en 1918, como una técnica de planificación y ejecución de proyectos; no es más que un diagrama de barras donde se representa el calendario de un proyecto, mostrando cada tarea o actividad como una barra horizontal, cuya longitud es proporcional a su duración. Las barras aparecen una a continuación de la otra en un diagrama de tiempos definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va ejecutar: hora, día, semana, etc.

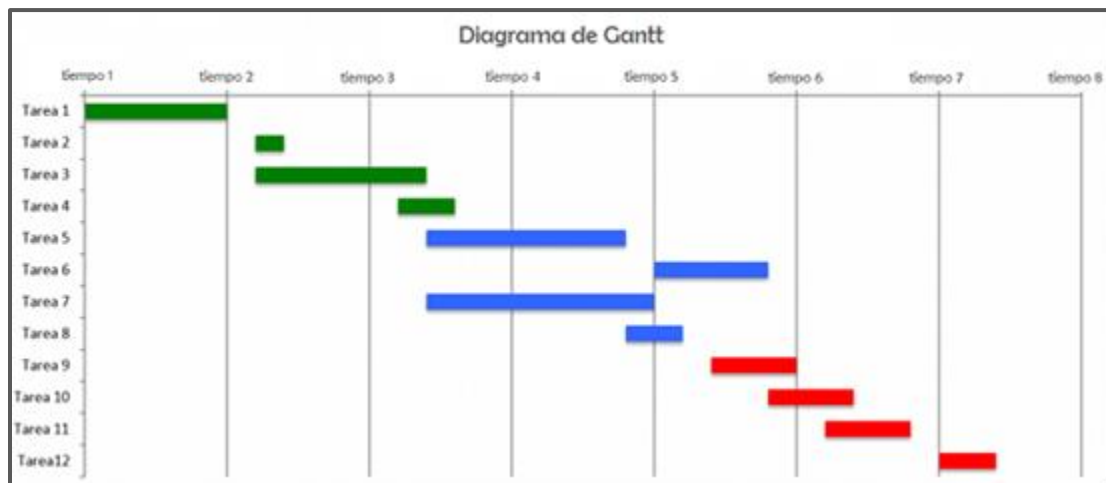


Figura 2. Ejemplo de una representación gráfica del Diagrama de Gantt. Fuente: es.smartsheet.com

Usos y aplicaciones de los diagramas

En la gerencia de proyectos se puede aplicar la técnica de los diagramas de Gantt para:

- Presentar una descripción grafica de las actividades del proyecto.
- Planificar las actividades del proyecto,
- Comunicar las actividades del proyecto.
- Coordinar y manejar las actividades del proyecto.
- Supervisar el avance de las actividades del proyecto.

El diagrama de Gantt es de fácil uso ya que su trazado requiere un nivel mínimo de planificación, es decir, es necesario que haya un plan que ha de representarse de forma gráfica.

2.3.2. Métodos de Ruta Crítica

Se trata de un grupo de principios, métodos y técnicas para un planteamiento efectivo de trabajo orientado hacia un objetivo, optimizar el desarrollo y la ejecución de un proyecto complejo mediante el análisis previo de todas y cada una de las múltiples actividades o tareas que se deben ejecutar.

Tiene como finalidad conocer el tiempo de ejecución del proyecto y de todas las actividades que lo integran; mejorar u optimizar la ejecución del proyecto y el empleo de los medios disponibles, así como criterios de incorporación de nuevos recursos; y por último el control de la ejecución de la obra.

Método PERT

El fundamento del método PERT lo constituye el grafo o red, siendo sus elementos básicos las actividades o tareas, y los eventos.

Actividad: es un elemento que consume tiempo y fuerza e indica el trabajo necesario para avanzar en un proyecto (actividad real), o también podría representar simplemente la independencia para lo cual no necesito consumir tiempo ni esfuerzo (actividad ficticia).

Las actividades o tareas se simbolizan en el grafo mediante una línea o flecha, cuya longitud no tiene ninguna relación con la duración de la misma; sólo sirven para indicar la sucesión de los eventos.

Evento: también se denomina suceso o nodo, representa un punto distinguible en el tiempo que coincide con el inicio y/o final de una actividad específica. Los eventos se simbolizan en el grafo por un número que representa un estado o posición en la ejecución de un proyecto, por consiguiente no consume tiempo ni recursos.

Malla: es un diagrama de flujo (simbolizado por flechas y círculos) compuesto por las actividades y los eventos que deben cumplirse para lograr los objetivos del proyecto, mostrando su secuencia de realización, interdependencia e interrelaciones, según se planearon.

Camino Crítico

Es la secuencia de actividades dentro de una red que tienen una ruta con cero holgura; estas actividades influyen en la fecha de finalización de un proyecto, ya que un retraso en su terminación conlleva consigo un retraso en el trabajo total.

Este camino crítico es en duración el más largo a través de la red, y para desarrollar su dirección y sentido se deben conocer las siguientes definiciones:

Actividades críticas: son aquellas actividades cuya holgura total es nula; son las fundamentales en la que ha de actuar la dirección y se deben ejecutar sucesivamente y sin intermitencia.

Holgura: es la diferencia entre el tiempo más corto esperado y el último asignado para la realización de una actividad. Representa la flexibilidad de un evento, al indicar el lapso en el cual puede ubicarse una actividad, sin influir en la fecha de cumplimiento.

Holgura total: es la diferencia que existe entre el tiempo disponible y el tiempo necesario para realizar una actividad.

Holgura libre: es la diferencia en la fecha de terminación esperada para una actividad en particular.

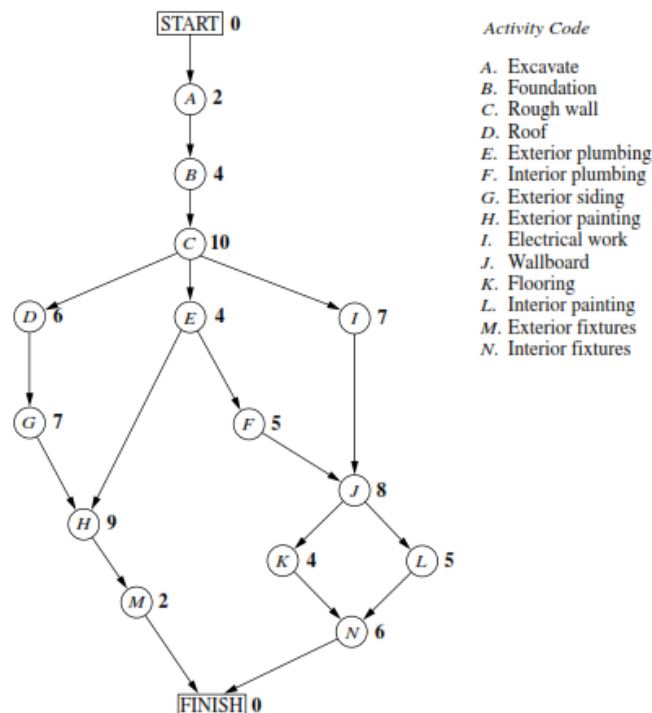


Figura 3. Ejemplo de malla para el proyecto de Reliable Construction Co. Fuente: Hillier, F. y Lieberman, G. Introduction to Operations Research. (p. 10-5)

Para aplicar el método PERT ha de conocerse perfectamente el conjunto de actividades que integran la ejecución del proyecto, destacando para cada una de ellas fundamentalmente los siguientes aspectos:

- 1) Su concepto y naturaleza, es decir, en qué consisten, quien las realiza y qué medios se emplean en su ejecución.
- 2) Su posición en el proyecto, con indicación de las actividades de las que inmediatamente dependen, y de aquellas otras a las que ésta condiciona.
- 3) Su duración, el tiempo de ejecución de cada una.

Dentro de este contexto, uno de los objetivos de este método es ver hasta qué punto una actividad puede retrasarse sin influenciar en la realización de la siguiente y sin influenciar en la duración total del proyecto.

Para alcanzar esto se debe tomar en cuenta dos (2) aspectos:

- 1) La duración de cada actividad que finaliza o nace del suceso en estudio.
- 2) El momento de efectivización del evento o suceso, es decir el tiempo que realmente necesita ese evento para culminar las actividades, siendo que cada actividad que llegue hacia este suceso está comprendida por diferentes tiempos esperados.

A efecto de obtener estos tiempos de cada evento se debe tener en cuenta que el tiempo establecido para cada actividad es un tiempo probabilístico y se trabaja en escenarios entre más probables y menos probables.

El análisis del método PERT revela la existencia de un camino crítico que define el método que recibe la denominación de CPM; existe, pues una estrecha relación entre el método PERT y CPM, ya que en definitiva son dos técnicas que permiten planificar, programar, ejecutar y controlar las diversas actividades de un proyecto, y que deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

Método del Camino o Ruta Crítica (CPM)

El análisis del método PERT revela la existencia de un camino crítico que define el método que recibe la denominación de CPM; existe, pues una estrecha relación entre el método PERT y CPM, ya que en definitiva son dos técnicas que permiten planificar, programar, ejecutar y controlar las diversas actividades de un proyecto, y que deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

El método CPM permite conocer las actividades que determinan la duración de un proyecto, sobre las cuales es necesario ejercer un mayor control para tratar de acortar su duración.

El método de CPM puede ser dividido en 3 pasos:

- 1) Construcción de una red.
- 2) Desarrollo de la información esencial más útil para propósito de control; se determinan cuales operaciones son críticas, es decir aquellas actividades que definen la duración del proyecto y su holgura.
- 3) Consideración de la posibilidad de introducción de variaciones en el tiempo de realización de actividades y datos sobre el costo.

El método de PERT y CPM comprenden una sola técnica, su diferencia está en la manera en que se realizan los estimados de tiempo. PERT supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable descrita por una distribución de probabilidad mientras que CPM presume una compensación entre el tiempo y el costo.

2.3.3. Sistemas industrializados

Un sistema industrializado: “es un esquema de construcción que mediante la adecuada plantación de tareas y presupuestos, y una selección de equipos y materiales puede generar elevados rendimientos en obra y optimizar los recursos, sin afectar las condiciones económicas y la generación de empleo” (Lascarro, 2003.p.1).

Los sistemas industrializados son aquellos métodos que se utilizan mediante producción en serie de elementos estructurales como las placas y muros, aportando mayores rendimientos en tiempos de ejecución.

Una forma de industrialización de los sistemas constructivos se basa en la utilización de formaletas, encofrados, entre otros, adaptados para la construcción en serie de unidades habitacionales tipo, logrando dar una vida útil al equipo utilizado.

Sistema Estructural Tipo Túnel

Denominado sistema de muros de corte y dinteles, es un sistema industrializado de vaciado en sitio, basado en la utilización de encofrados metálicos en forma de “U” invertida, que permite realizar estructuras formadas por paredes estructurales y losas macizas de tal forma que el vaciado se realice monolíticamente. El encofrado tiene la resistencia necesaria para no tener deformaciones por cargas del concreto recién vaciado. El sistema tipo túnel utiliza actividades repetitivas y producción masiva.

Estos encofrados están conformados por tres caras como mínimo, dos verticales para el vaciado de muros y una horizontal para el vaciado de losas; y generalmente este equipo se maneja en un 95% por medio del uso de la grúa, debido a la magnitud de su peso y tamaño.

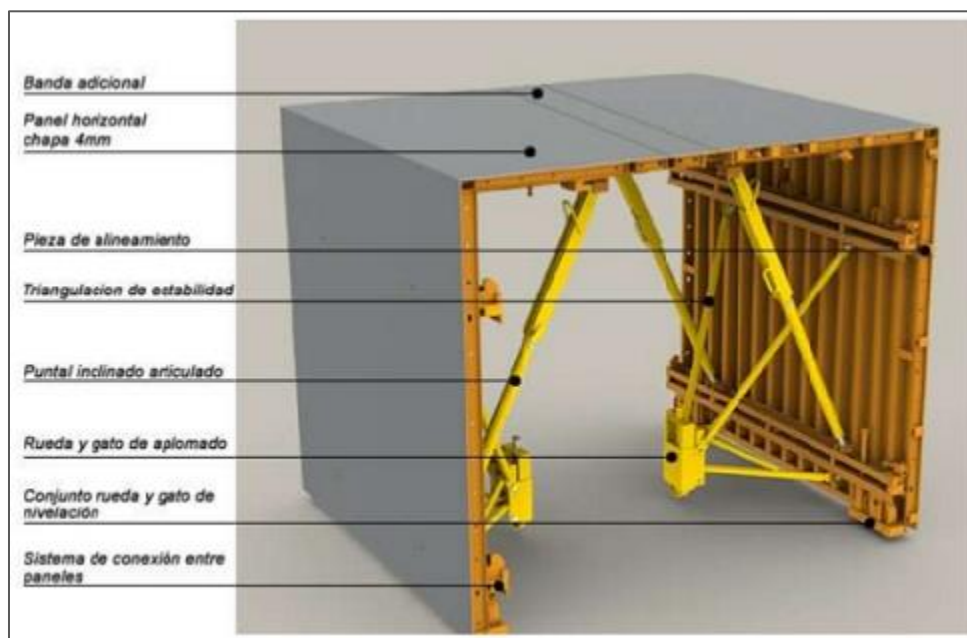


Figura 4. Encofrado tipo túnel. Fuente: Outinord.

Los sistemas industrializados de muros en concreto son aquellos que permiten construir en sitio la estructura de una edificación conforme a los aspectos de industrialización, utilizando cuatro componentes fundamentales: encofrados, concreto, acero y mano de obra.

Sistema Manoportable

Este tipo de sistema se basa en la unión de diversos paneles estándar, con medidas que varían de acuerdo al fabricante.

Recibe su nombre por la simple razón que cada panel de formaleta puede ser cargado por una sola persona fácilmente. Dada su fabricación, el sistema permite fundir monolíticamente muros y losas logrando un rendimiento de una vivienda diaria.



Figura 5. Encofrado de formaletas del sistema Manoportable. Fuente: Forsa.

2.3.4. Calidad

El diccionario de la Real Academia Española define el concepto de calidad como “la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su misma especie”.

En la literatura especializada hay numerosas definiciones; todas ellas se han formado en función tanto de las características del bien o servicio, como de la satisfacción de las necesidades y exigencias del consumidor.

Siguiendo con lo anteriormente dicho, la calidad es:

- El grado de satisfacción que ofrecen las características del producto con relación a las exigencias del consumidor.
- El conjunto de especificaciones y características de un producto o servicio referidas a su capacidad de satisfacer las necesidades que se conocen o presuponen (ISO 9004-2).
- El conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer unas necesidades manifiestas o implícitas (UNE66.901).
- El conjunto de todas las propiedades y características de un producto que son apropiadas para cumplir las exigencias del mercado al que va destinado.
- El cumplimiento de las especificaciones, los requisitos del diseño del producto o servicio.
- El grado de adecuación de un determinado producto o servicio a las expectativas del usuario o a ciertos parámetros tecnológicos o científicos expresados mediante normas concretas.

2.3.4.1. Calidad del concreto

La calidad del concreto depende de la calidad de los agregados y de otros parámetros, de tal forma que dentro de ciertos límites se puede jugar con los mismos para suplir deficiencias inevitables que se pudieran presentar en algún aspecto, lo cual se conseguirá con tanta mayor eficiencia, cuanto mayor sea el conocimiento de causa con se haga.

La calidad necesaria para los agregados debe ser evaluado en conjunto, ya que las deficiencias en algún aspecto en particular, pudieran ser compensadas dentro de cierto límite dentro del mismo material. Se debe procurar seguir los lineamientos propuestos por la Norma Venezolana, de manera que la granulometría de los agregados gruesos y finos combinados, estén dentro del límite de tamaño máximo y mínimo, dependiendo de los elementos estructurales con los que se esté trabajando, ya que el requerimiento de agregados de una viga, es diferente al de un

muro, por ejemplo. También se debe tomar en cuenta, que sean agregados limpios, libre de impurezas, entre otras cosas.

El índice fundamental de calidad del concreto endurecido, es su resistencia a compresión, la cual se mide en cilindros hechos con el mismo material que se está colocando. Lo que se mide es una resistencia potencial del material la cual puede ser alterada por las condiciones de colocación en obra como la segregación, acomodación al encofrado y curado. En la práctica interesa la resistencia a la edad normativa de 28 días y también a edades menores que pueden tener un significado por sí mismo. Dependiendo de la edad que se requiera, la mezcla determina experimentalmente la resistencia mediante la rotura de dos cilindros por cada ensayo.

Todos los detalles delimitados por la Norma, serán expuestos en el desarrollo del marco metodológico a continuación.

CAPÍTULO III

MARCO METOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

La presente encaja dentro de un proyecto exploratorio de campo, descriptivo del tipo documental y evaluativo; dado que el autor desarrolla una propuesta sobre un hecho existente en el cuál evalúa distintos escenarios a forma de variables para inferir acciones de optimización y definir el objeto del estudio.

Las actividades de campo fueron desarrolladas en visitas a la sede del Ministerio del Poder Popular para Hábitat y Vivienda, donde fue prestada la colaboración a manera de proyectos que fueron revisados. Por otra parte la visita al sitio permitió constatar la coincidencia entre lo construido con lo proyectado; igualmente sirvió para visualizar dimensionalmente el motivo del presente.

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fue necesario hacer visitas a las oficinas del Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat, específicamente al ente la Gran Misión Vivienda Venezuela, ubicado en el Municipio Chacao, donde fueron evaluados distintos proyectos; lo que permitió establecer como referencia el proyecto utilizado en la presente, por representar un sistema de construcción masiva de amplio alcance.

Los datos fueron registrados en computadora y manejados con el programa Excel. En el urbanismo se pudo constatar mediciones y formas de ejecución aplicadas; incluso hubo entrevistas con la Ingra. Yenny Guerra de la empresa Neureka 2021; compañía encargada de la inspección.

Cinta métrica, papel, lápices, creyones y material de oficina fueron utilizados en la etapa documental y de investigación en campo.

3.3. Descripción de proyecto utilizado

Con objeto de llevar cabo un estudio realista, La investigación está soportada en un proyecto desarrollado por la Gran Misión Vivienda Venezuela, ubicado en Fila de Mariches. Se trata de un conjunto residencial de 10 edificios tipo túnel (muros de corte con dinteles dúctiles) con 5 niveles, calle de acceso, estacionamiento y áreas verde. El conjunto residencial está dividido en dos (2) sectores constituido cada uno por 5 edificios en serie ubicados a los lados de la vialidad.

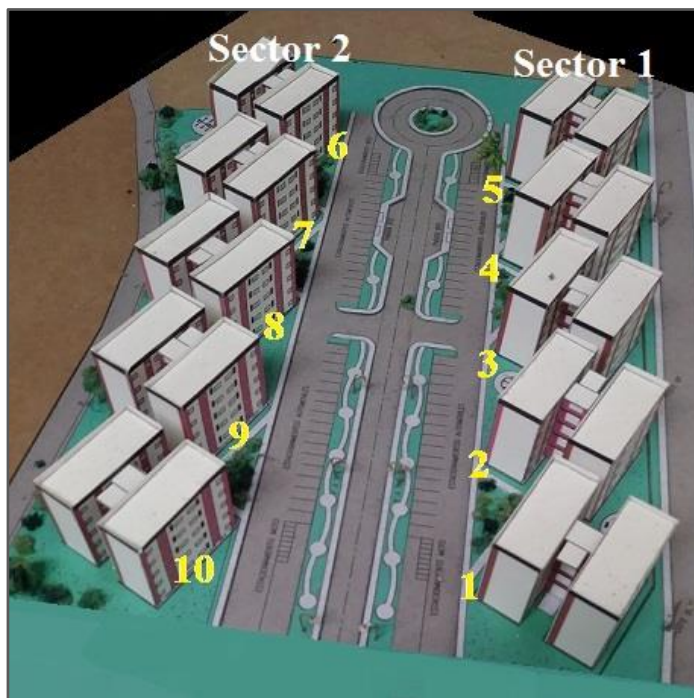


Figura 6. Foto del modelo de urbanismo utilizado. Fuente: Propia

Cada edificio consta de dos (2) estructuras tipos túnel de concreto reforzado conectados mediante escaleras prefabricadas. Por piso hay dos (2) apartamentos de 70 m².

En lo que se refiere a los acabados (que no son motivo del estudio), las fachadas laterales llevan pintura y las fachadas principales están constituidas por paredes de fibrocemento con ventanales.

Por otra parte, aspectos del urbanismo como la vialidad y estacionamiento también fueron desarrollados en concreto reforzado.

3.4. Proceso de ejecución de obra

En su forma más sencilla toda construcción pasa por las etapas de documentación, planificación y ejecución; donde el control queda supeditado, en teoría, a las funciones del ingeniero residente e inspector; en el sentido que son los responsables profesionales de lo construido. Sin embargo, vale la pena acotar que a nivel oficial, la residencia de obra sólo abarca aspectos administrativos, mientras la inspección se sustenta en la observación de ejecución y

verificación de la cuantificación de lo ejecutado; razón por la que es común que no se cuente con presupuesto para la realización de ensayos de calidad.

Por otra parte, a nivel privado también suele suceder que el control de calidad sustentados en ensayos de materiales, tampoco es llevado adecuadamente. (Bonilla, Silva, Sirit; 2016)

Se presenta a continuación el esquema utilizado para la planificación del proyecto.

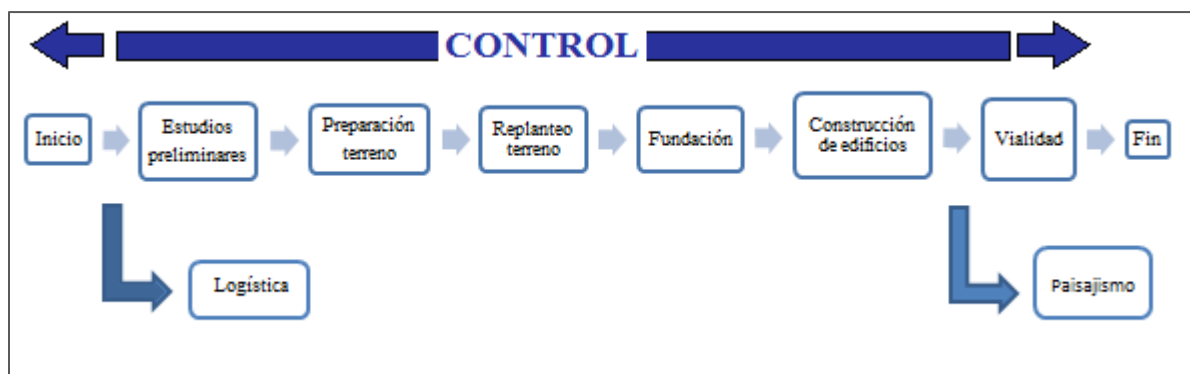


Figura 7. Esquema de ejecución de obra. Fuente: Propia.

Del esquema presentando, lo esencial para esta investigación es la etapa de construcción, que comprende desde la fundación, luego los edificios, hasta la vialidad; ya que es en ese momento donde se presentan las faltas de registros de controles de calidad del concreto.

Cabe destacar que la calidad forma parte de la adecuada ejecución; debe iniciar antes de la ejecución y culmina prácticamente con la entrega de lo construido. Al respecto, Bonilla, Silva, Sirit, 2016 indican que el objeto del control de calidad es disminuir la incertidumbre y la única forma de alcanzarlo en construcción, es desarrollar planes de ejecución de la inspección específico para cada tipo de edificación.

3.5. Proceso constructivo. Parámetros generales

Debido a que este tipo de edificios con muros de corte y dinteles dúctiles para asegurar comportamiento adecuado antes sismos, fueron desarrollados con base en principios de rapidez de colocación y retiro de encofrados, el proceso constructivo puede ser considerado semi industrializado.

.Estos sistemas son convenientes en el mercado ya que permiten producir un nivel de estructura en lapsos estimados 24 horas, lo que permite que la edificación termine en un tiempo menor que el alcanzado por métodos convencionales; además es en cierta manera sustentable ya que permite la reutilización de los encofrados.

El proceso constructivo comprende las siguientes actividades:

- 1) Colocación de acero según las especificaciones del proyectista.
- 2) Ubicación de instalaciones sanitarias y eléctricas.
- 3) Colocación de los módulos de túnel o semitúnel (encofrados).
- 4) Vaciado de muros y losas.
- 5) Espera del fraguado del concreto durante toda la noche.
- 6) Desencofrado del nivel al día siguiente.

Durante este proceso se debe tomar en cuenta hacer los ensayos necesarios, ya sea en sitio o en un laboratorio para verificar que el concreto alcance la resistencia deseada.

Es aquí donde se observa el déficit de controles de calidad del concreto en los proyectos ejecutados por el Estado, problema que trae como consecuencia que algunas estructuras no estén aptas para ser habitadas en edades tempranas del ciclo de vida de la misma.

El objeto de este trabajo es establecer un plan para el control de calidad del concreto reforzado, mediante simulaciones de ejecución de las actividades de estos procesos constructivos, mencionadas anteriormente.

3.6. Escenarios de proceso constructivo

Para evaluar diferentes escenarios de ejecución y establecer fechas para culminación, fueron llevadas a cabo simulaciones del proceso constructivo mediante una representaciones gráficas que permitieron establecer duraciones realistas, donde fueron evaluadas actividades con alternativas de una (1) o dos (2) torres grúa, por ser el equipo crítico en la construcción de estos sistemas que prácticamente queda ocupada un 90% del tiempo de actividades de ejecución. Dentro de este contexto, la(s) grúa(s) definen el tiempo que se tardará en culminar la obra.

Otro factor importante es la disponibilidad de los encofrados, ya que constituyen el “molde” para el vaciado de los niveles de la edificación.

Todos estos factores afectan la correcta ejecución, vista desde la eficiencia y eficacia; puesto que de ellos depende el ciclo de vaciado del concreto; que en definitiva corresponde al parámetro referencial para llevar a cabo el control de calidad.

Actividades

A continuación se presenta una lista de actividades a desarrolladas por la torre grúa en el proceso constructivo y sus duraciones, para un (1) edificio.

Tabla 4. Actividades ejecutadas por la torre grúa.

Actividades	Duración
Colocación de acero (mallas)	2 horas
Colocación de encofrados	5 o 6 horas
Colocación de instalaciones sanitarias y eléctricas	3 horas
Colocación de tapas laterales (cierre lateral del módulo tipo túnel)	3 horas
Vaciado del concreto con tolva	25 min en promedio (1 camión premezclado)
Vaciado de concreto por bombeo	10 min en promedio (1 camión premezclado)
Espera de fraguado de concreto	Mínimo 8 horas o toda la noche
Desencofrado de nivel	4 horas
Subida de encofrado al siguiente nivel	2 horas

En este caso se consideró una torre grúa móvil debido a que la construcción es en serie de 5 edificios por sector, lo que conviene que la grúa se desplace con facilidad entre los edificios.

3.6.1. Escenarios

Para la realización de las simulaciones de los procesos constructivos se establecieron diferentes condiciones en la ejecución de actividades, donde se tomó en cuenta algunos parámetros que influyeran en el tiempo de construcción, como lo son: el número de encofrados

utilizados, el número de torres grúa que ejecutan las actividades y el método de vaciado para el concreto. Estas variables determinan distintos escenarios de ejecución.

Tabla 2. Escenarios ejecutados.

Número		Vaciado	
Encofrados	Torre Grúa	Tolva	Bomba
12	1	1	
			1
24	1	1	
			1
	2	1	
			1
48	2	1	
			1

A continuación se muestran los escenarios estudiados:

Tabla 5. Esquema de escenarios.

Escenario	Nº de Encofrados	Nº de Torre Grúa	Método de Vaciado
1	12	1	Tolva
2	24	1	Tolva
3	12	1	Bombeo
4	24	1	Bombeo
5	24	2	Tolva
6	48	2	Tolva
7	24	2	Bombeo
8	48	2	Bombeo

– Ilustración de los escenarios

Las siguientes imágenes muestran un esquema de aplicación de los escenarios establecidos, donde se puede observar las condiciones asignadas a la torre grúa y número de encofrados representados en los edificios marcados.

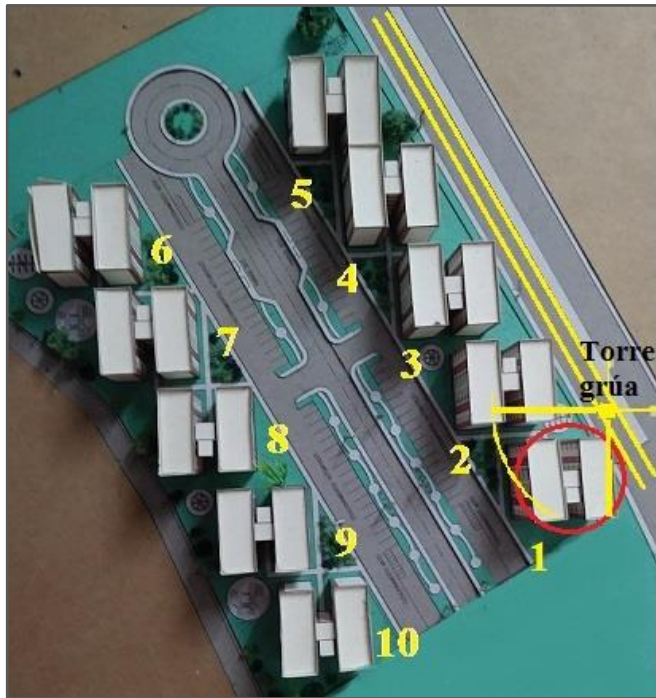


Figura 8. Esquema de escenarios 1 y 3. Fuente: Propia.

En la Figura 8, se muestra el esquema de los escenarios 1 y 3, donde se observa una sola torre grúa trabajando en un solo edificio, ya que está limitada por solo tener 12 encofrados disponibles; estos escenarios se diferencian por el sistema de vaciado.

En la Figura 9 se muestra el cambio de dirección de la torre grúa de un sector al otro para la ejecución de los edificios restantes, esta actividad abarcó una jornada laboral debido a la complejidad del proceso de montaje y desmontaje de la misma.

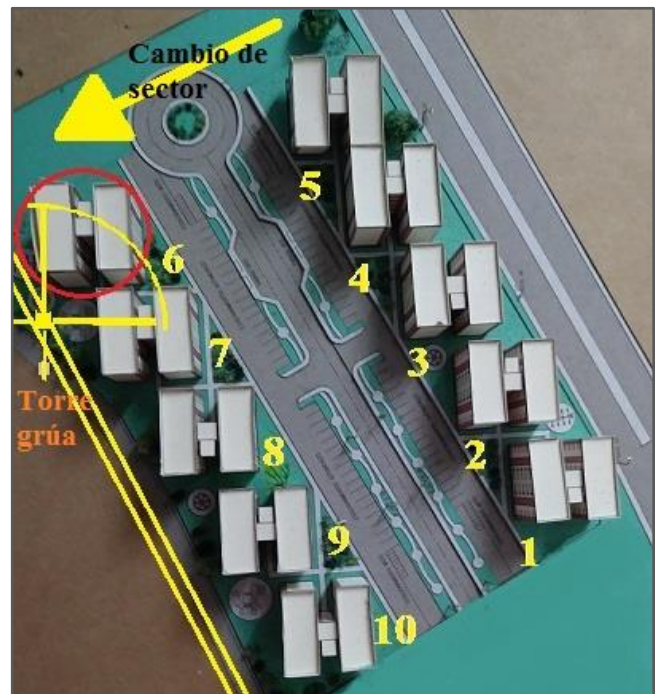


Figura 9. Cambio de dirección de la torre grúa. Fuente: Propia

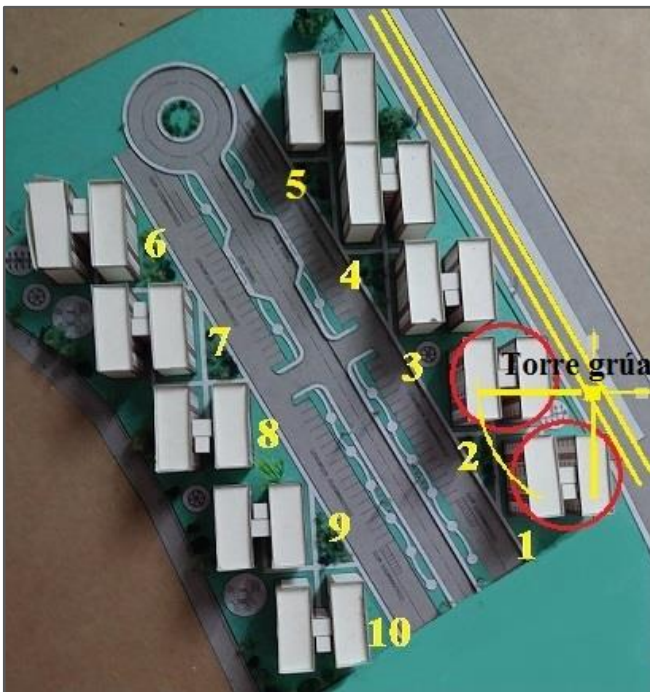


Figura 10. Esquema de los escenarios 2 y 4. Fuente: Propia.

En la Figura 10 se puede observar el esquema de los escenarios 2 y 4 comprendido por una (1) sola torre grúa y 24 encofrados para trabajar en dos edificios simultáneamente. Cabe mencionar que debido al vaciado por bombeo se disminuyeron los días de ejecución notablemente.

En la Figura 11, se presenta las condiciones a las cuales están sometidos los escenarios 5 y 7; se observan dos (2) torre grúa trabajando en paralelo en dos edificios, lo que fue favorable para la ejecución de la grúa porque acortó el tiempo total de la obra.

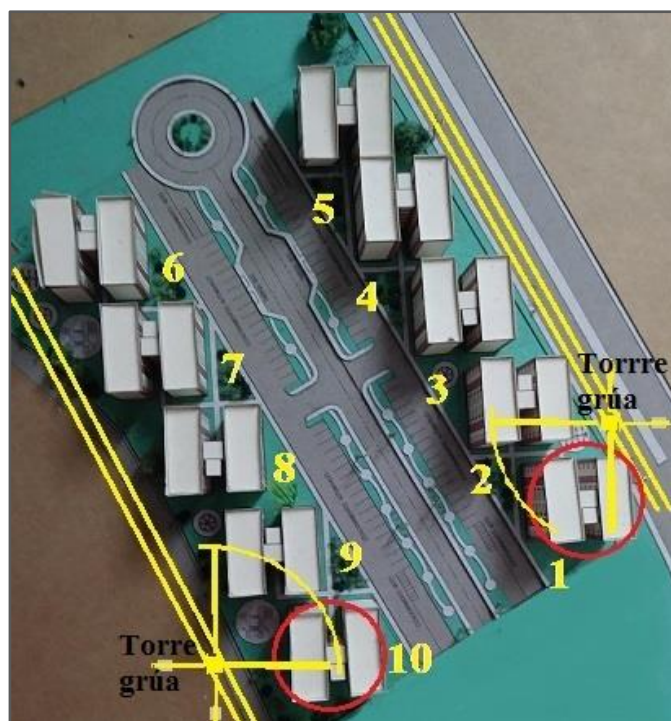


Figura 11. Esquema de escenarios 5 y 7. Fuente: Propia.

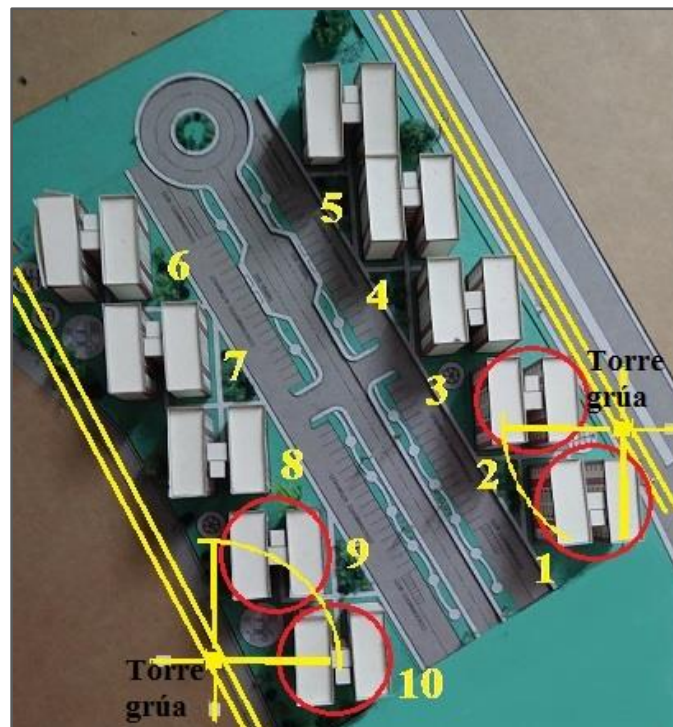


Figura 12. Esquema de los escenarios 6 y 8. Fuente: Propia.

En la Figura 12, se puede apreciar el esquema de los escenarios 6 y 8, están condicionados por la utilización de dos (2) grúas trabajando en edificios simultáneamente en dos edificios y ejecutando un (1) nivel en paralelo cada una.

3.6.2. Cuantificaciones

– Fundación

Cada edificio tiene una placa de fundación de concreto con las siguientes medidas:

Ancho (m)	Largo (m)	Espesor (cm)	Volumen (m ³)
20	25	45	225

– Edificios

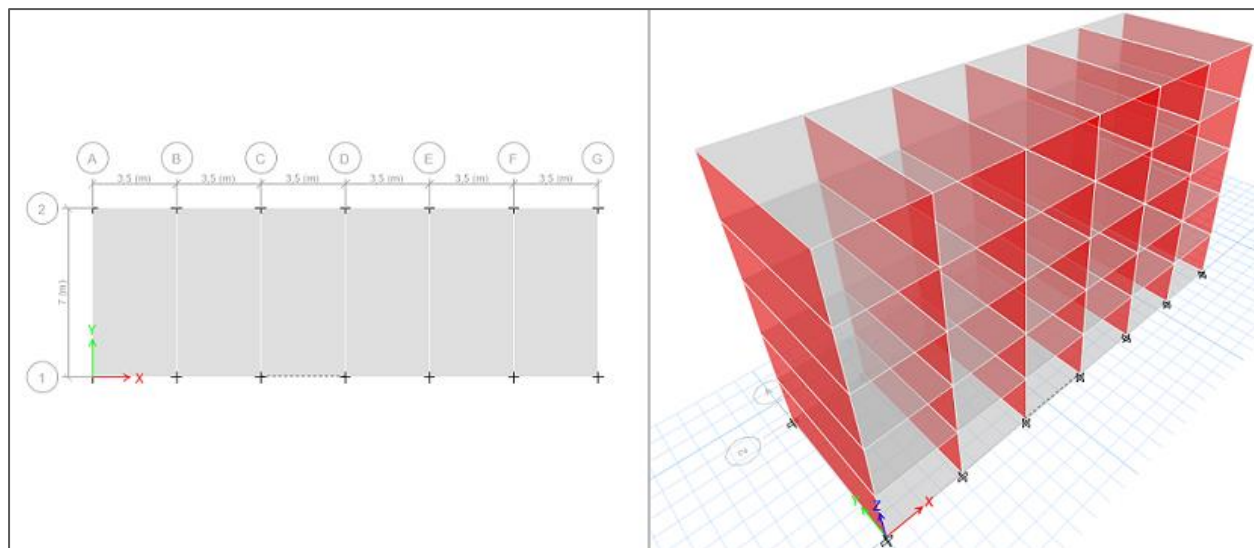


Figura 13. Vista en planta y vista 3D del edificio modelo. Fuente: Propia.

Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Espesor de muro (cm)	Espesor de placa (cm)	Volumen (m ³)
21	7	12,75	12	12	38,18

La estructura tiene 7 paredes longitudinales, 3 paredes transversales y 6 placas de piso, con una altura de entrepiso de 2,55 mts.

Como el edificio consta de dos (2) estructuras de 5 niveles cada uno, el volumen requerido por cada edificio es de 76,39 m³.

El volumen de concreto requerido por un edificio es:

Tabla 6. Volumen acumulado de concreto en 5 niveles.

Nivel	Volumen Acumulado (m ³)
1	76,39
2	152,77
3	229,16
4	305,54
5	381,93

El volumen de concreto requerido para todo el conjunto residencial es:

Tabla 7. Volumen acumulado de concreto en 10 edificios.

Edificio	Volumen Acumulado (m³)
1	381,93
2	763,86
3	1145,79
4	1527,72
5	1909,65
6	2291,58
7	2673,51
8	3055,44
9	3437,37
10	3819,3

Para los muros y losas se requieren de mallas de alambre electrosoldados con las siguientes características:

– **Vialidad**

El conjunto residencial también cuenta con una vía de acceso con incorporación a un estacionamiento; la longitud de la vía es de **134,5 mts** y el ancho es de **27,5 mts**; con un espesor de placa de **12 cm** de concreto que da como resultado un volumen total de **443,5 m³**.

– **Acero**

Debido a que es una estructura de concreto reforzado como se indicó anteriormente, se utilizan mallas de alambre electrosoldados como refuerzo en los muros y placas del edificio, así como en la vialidad; y como refuerzo en la fundación se requieren cabillas.

Dimensiones

Barra (cabilla)	3/4"
Malla (edificio)	22,5 x 2,5 m
Malla (vialidad)	40 x 2,65 m

A continuación se expresan las cantidades de acero para un (1) nivel, una (1) fundación, y la vialidad.

Acero	Área (m ²)	Cantidad (unidades)
Malla (rollo)/Edificio	543,9	9,1
Malla (rollo)/Vialidad	3678,95	31
Barras	2,19	115

3.6.3. Ensayos

Los ensayos que se deben hacer para el control de calidad del concreto son:

- Granulometría
- Sustancias Nocivas
- Disgregabilidad
- Desgaste
- Fraguado
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Fundación

Luego de desarrollar los cálculos métricos necesarios para el vaciado de la placa de fundación de cada conjunto de edificio y de evaluar el tiempo requerido que debe durar cada actividad, se obtuvo los siguientes resultados.

– Volumen de concreto utilizado

Para el vaciado del volumen de concreto por bombeo, se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 8. Volumen acumulado de concreto en fundaciones.

Días	Volumen (m ³)	Acumulado (m ³)	%
1	225	225	10
2	225	450	20
3	225	675	30
4	225	900	40
5	225	1.125	50
6	225	1.350	60
7	225	1.575	70
8	225	1.800	80
9	225	2.025	90
10	225	2.250	100

Se consideró el vaciado con tolva, pero la duración de esta actividad por volumen de concreto para una placa de fundación es de 15 horas, por lo que no es factible que se haga en una sola jornada de trabajo; esto podría traer inconvenientes en el desempeño de su capacidad mecánica.

– Rendimiento de los materiales

Tabla 9. Rendimiento de los materiales utilizados en las fundaciones.

Día	Volumen (m³)	Acumulado (m³)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
1	225	225	124.312	218.700	213.300	2,19
2	225	450	248.625	437.400	426.600	4,38
3	225	675	372.937	656.100	639.900	6,57
4	225	900	497.250	874.800	853.200	8,76
5	225	1.125	621.562	1.093.500	1.066.500	10,95
6	225	1.350	745.875	1.312.200	1.279.800	13,14
7	225	1.575	870.187	1.530.900	1.493.100	15,33
8	225	1.800	994.500	1.749.600	1.706.400	17,52
9	225	2.025	1.118.812	1.968.300	1.919.700	19,71
10	225	2.250	1.243.125	2.187.000	2.133.000	21,9

4.2. Edificios

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las simulaciones de las actividades de la construcción de los 10 edificios del conjunto residencial.

4.2.1. Escenario 1

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
1	12	1	Tolva

– Actividades

Tabla 10. Actividades ejecutadas en el escenario 1.

N°	Actividades	Notación	Horas
1	Colocación de acero (malla)	A1	2
2	Encofrado (mesas)	A2	6
3	Colocación de servicios (tuberías, etc.)	A3	3
4	Cierre Lateral (tapas)	A4	3
5	Vaciado de concreto con tolva	A5	5
6	Espera 8h (Fraguado del concreto)	A6	8
7	Revisión	A7	1
8	Desencofrado	A8	4
9	Siguiente nivel	A9	2
10	Cambio de dirección de la torre grúa		8

- Diagrama de barras

Se logró una representación gráfica basada en un diagrama de barras, donde se puede apreciar las horas de trabajo de la torre grúa, maquinaria principal para el vaciado por tolva de cada elemento estructural que componen a los edificios, así como también se representaron las actividades descritas anteriormente para la construcción del mismo.

Se le designó un color a cada ejecución de nivel como se muestra a continuación:

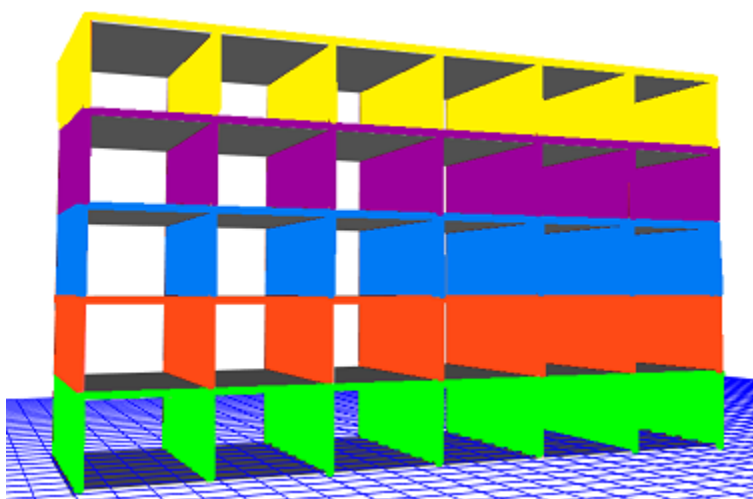


Figura 14. Edificio con esquema de colores por nivel (vaciado con tolva). Fuente: Propia.

Actividades	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Edificio
Día										
1										1
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Este diagrama representa solo un (1) ciclo de actividades; se procedió de la misma manera para los edificios restantes, incluyendo una jornada de trabajo para el cambio de dirección de la grúa de un sector al otro.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 11. Tiempo de ejecución de escenario 1.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel	Cada 3 días
Construcción de un (1) edificio	15 días
Cambio de dirección de torre grúa	1 día
Total construcción (10 edificios)	151 días

– Rendimientos de los materiales utilizados

Tomando en cuenta que se propuso evaluar tanto el concreto premezclado, como el concreto hecho en sitio, y el acero. A continuación se presenta una tabla resumen indicando el volumen de concreto y el área de acero requerido en el escenario 1.

Las cantidades se denotaron en el día correspondiente al vaciado del concreto

Tabla 12. Rendimiento de los materiales del escenario 1.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Acero (m²)
2	76,39	76,39	42.203	74.247	72.413	543,9
5	76,39	152,77	84.406	148.494	144.827	1.087
8	76,39	229,16	126.609	222.741	217.241	1.631
11	76,39	305,54	168.813	296.988	289.655	2.175
14	76,39	381,93	211.016	371.235	362.069	2.719
17	76,39	458,32	253.219	445.483	434.483	3.263
20	76,39	534,7	295.422	519.730	506.897	3.807
23	76,39	611,09	337.626	593.977	579.311	4.351
26	76,39	687,47	379.829	668.224	651.725	4.895
29	76,39	763,86	422.032	742.471	724.139	5.439
32	76,39	840,25	464.235	816.719	796.553	5.982
35	76,39	916,63	506.439	890.966	868.967	6.526
38	76,39	993,02	548.642	965.213	941.381	7.070
41	76,39	1.069,40	590.845	1.039.460	1.013.794	7.614
44	76,39	1.145,79	633.048	1.113.707	1.086.208	8.158
47	76,39	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622	8.702
50	76,39	1.298,56	717.455	1.262.202	1.231.036	9.246
53	76,39	1.374,95	759.658	1.336.449	1.303.450	9.790
56	76,39	1.451,33	801.862	1.410.696	1.375.864	10.334
59	76,39	1.527,72	844.065	1.484.943	1.448.278	10.878
62	76,39	1.604,11	886.268	1.559.191	1.520.692	11.421
65	76,39	1.680,49	928.471	1.633.438	1.593.106	11.965
68	76,39	1.756,88	970.675	1.707.685	1.665.520	12.509
71	76,39	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
74	76,39	1.909,65	1.055.081	1.856.179	1.810.348	13.597
78	76,39	1.986,04	1.097.284	1.930.426	1.882.762	14.141
81	76,39	2.062,42	1.139.488	2.004.674	1.955.176	14.685
84	76,39	2.138,81	1.181.691	2.078.921	2.027.589	15.229
87	76,39	2.215,19	1.223.894	2.153.168	2.100.003	15.773
90	76,39	2.291,58	1.266.097	2.227.415	2.172.417	16.317
93	76,39	2.367,97	1.308.301	2.301.662	2.244.831	16.860
96	76,39	2.444,35	1.350.504	2.375.910	2.317.245	17.404
99	76,39	2.520,74	1.392.707	2.450.157	2.389.659	17.948
102	76,39	2.597,12	1.434.911	2.524.404	2.462.073	18.492
105	76,39	2.673,51	1.477.114	2.598.651	2.534.487	19.036
108	76,39	2.749,90	1.519.317	2.672.898	2.606.901	19.580
111	76,39	2.826,28	1.561.520	2.747.146	2.679.315	20.124
114	76,39	2.902,67	1.603.724	2.821.393	2.751.729	20.668
117	76,39	2.979,05	1.645.927	2.895.640	2.824.143	21.212
120	76,39	3.055,44	1.688.130	2.969.887	2.896.557	21.756
123	76,39	3.131,83	1.730.333	3.044.134	2.968.971	22.299
126	76,39	3.208,21	1.772.537	3.118.382	3.041.384	22.843
129	76,39	3.284,60	1.814.740	3.192.629	3.113.798	23.387
132	76,39	3.360,98	1.856.943	3.266.876	3.186.212	23.931
135	76,39	3.437,37	1.899.146	3.341.123	3.258.626	24.475
138	76,39	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
141	76,39	3.590,14	1.983.553	3.489.618	3.403.454	25.563
144	76,39	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
147	76,39	3.742,91	2.067.959	3.638.112	3.548.282	26.651
150	76,39	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.2. Escenario 2

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
2	24	1	Tolva

- Actividades

Tabla 13. Actividades del escenario 2.

N°	Actividades	Notación	Horas
1	Colocación de acero (malla)	A1	4
2	Encofrado (mesas)	A2	12
3	Colocación de servicios (tuberías, etc.)	A3	5
4	Cierre Lateral (tapas)	A4	6
5	Vaciado de concreto con tolva	A5	10
6	Espera 8h (Fraguado del concreto)	A6	8
7	Revisión	A7	2
8	Desencofrado	A8	8
9	Siguiente nivel	A9	4
10	Cambio de dirección de la torre grúa		8

Se puede observar que el tiempo de ejecución de la mayoría de las actividades aumentó debido a que la torre grúa se utilizó para la construcción de 2 de edificios en simultáneo.

- Diagrama de barras

Para la representación gráfica se designaron los mismos colores a cada nivel utilizados anteriormente.

Actividades	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Edificio
Día										
1										1 y 2
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										

Este diagrama representa un ciclo de actividades ejecutadas, para los edificios restantes se procedió de la misma manera.

Un inconveniente que surgió al trabajar dos (2) edificios simultáneamente, al ser un número impar de edificios por cada sector, se utilizaron solo 12 encofrados para la construcción del quinto y décimo edificio, aunque habían encofrados disponibles, al utilizarse la grúa para el vaciado y desencofrado del nivel no se logró avanzar en la construcción de los edificios restantes.

Tabla 14. Tiempo de ejecución del escenario 2.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel de dos (2) edificios	Cada 4 días
Vaciado de nivel de un (1) edificio	Cada 2 días
Construcción de dos (2) edificios	26 días
Construcción de un (1) edificio	15 días
Cambio de dirección de la torre grúa	1 día
Total construcción (10 edificios)	131 días

– **Rendimiento de los materiales**

Las cantidades se denotaron en el día correspondiente al vaciado del concreto.

Tabla 15. Rendimiento de los materiales del escenario 2.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Acero (m²)
4	152,77	152,77	84.406	148.494	144.827	1.087
9	152,77	305,54	168.813	296.988	289.655	2.175
14	152,77	458,32	253.219	445.483	434.483	3.263
19	152,77	611,09	337.626	593.977	579.311	4.351
24	152,77	763,86	422.032	742.471	724.139	5.439
29	152,77	916,63	506.439	890.966	868.967	6.526
34	152,77	1.069,40	590.845	1.039.460	1.013.794	7.614
39	152,77	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622	8.702
44	152,77	1.374,95	759.658	1.336.449	1.303.450	9.790
49	152,77	1.527,72	844.065	1.484.943	1.448.278	10.878
52	76,39	1.604,11	886.268	1.559.191	1.520.692	11.421
55	76,39	1.680,49	928.471	1.633.438	1.593.106	11.965
58	76,39	1.756,88	970.675	1.707.685	1.665.520	12.509
61	76,39	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
64	76,39	1.909,65	1.055.081	1.856.179	1.810.348	13.597
70	152,77	2.062,42	1.139.488	2.004.674	1.955.176	14.685
75	152,77	2.215,19	1.223.894	2.153.168	2.100.003	15.773
80	152,77	2.367,97	1.308.301	2.301.662	2.244.831	16.860
85	152,77	2.520,74	1.392.707	2.450.157	2.389.659	17.948
90	152,77	2.673,51	1.477.114	2.598.651	2.534.487	19.036
95	152,77	2.826,28	1.561.520	2.747.146	2.679.315	20.124
100	152,77	2.979,05	1.645.927	2.895.640	2.824.143	21.212
105	152,77	3.131,83	1.730.333	3.044.134	2.968.971	22.299
110	152,77	3.284,60	1.814.740	3.192.629	3.113.798	23.387
115	152,77	3.437,37	1.899.146	3.341.123	3.258.626	24.475
118	76,39	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
121	76,39	3.590,14	1.983.553	3.489.618	3.403.454	25.563
124	76,39	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
127	76,39	3.742,91	2.067.959	3.638.112	3.548.282	26.651
130	76,39	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.3. Escenario 3

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
3	12	1	Bombeo

- **Actividades**

Tabla 16. Actividades del escenario 3.

N°	Actividades	Notación	Horas
1	Colocación de acero (malla)	A1	2
2	Encofrado (mesas)	A2	6
3	Colocación de servicios (tuberías, etc.)	A3	3
4	Cierre Lateral (tapas)	A4	3
5	Vaciado de concreto por bombeo	A5	2
6	Espera 8h (Fraguado del concreto)	A6	8
7	Revisión	A7	1
8	Desencofrado	A8	4
9	Siguiente nivel	A9	2
10	Cambio de dirección de la torre grúa		8

El cambio que hubo en estas actividades ejecutadas solo fue el tiempo de vaciado del concreto, ya que es menor el tiempo si se hace por bombeo, las demás actividades se ejecutaron con su misma duración.

- **Diagrama**

Se le designó un color a cada ejecución de nivel para diferenciar la simulación por método de vaciado, ya que las condiciones de 12 encofrados por nivel se mantienen.

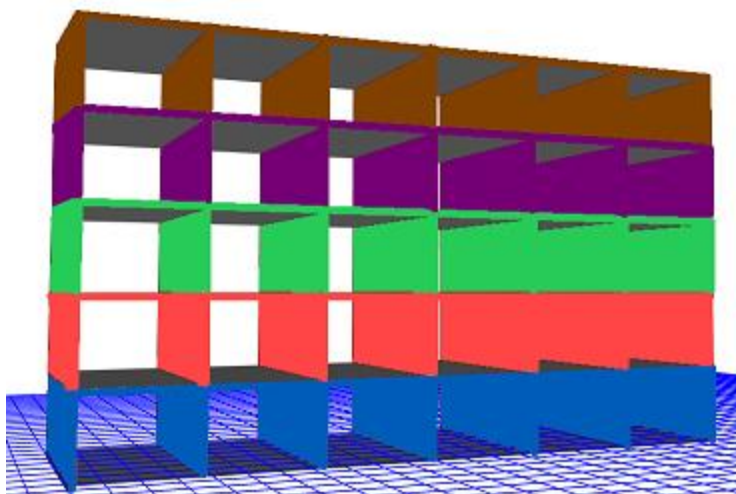


Figura 15. Esquema de colores por nivel (vaciado por bombeo). Fuente: Propia

Actividades	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Edificio
Día										
1										1
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

Este diagrama representa solo dos (2) ciclos de actividades; se procedió de la misma manera para los edificios restantes, incluyendo una jornada de trabajo para el cambio de dirección de la grúa de un sector al otro.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 17. Tiempo de ejecución del escenario 3.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel	Cada 2 días
Construcción de un (1) edificio	11 días
Cambio de dirección de torre grúa	1 día
Total construcción (10 edificios)	103 días

– **Rendimiento de los materiales**

Las cantidades se denotaron en el día de vaciado del concreto.

Tabla 18. Rendimiento de los materiales del escenario 3.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Acero (m²)
2	76,39	76,39	42.203	74.247	72.413	543,9
4	76,39	152,77	84.406	148.494	144.827	1.087
6	76,39	229,16	126.609	222.741	217.241	1.631
8	76,39	305,54	168.813	296.988	289.655	2.175
10	76,39	381,93	211.016	371.235	362.069	2.719
12	76,39	458,32	253.219	445.483	434.483	3.263
14	76,39	534,7	295.422	519.730	506.897	3.807
16	76,39	611,09	337.626	593.977	579.311	4.351
18	76,39	687,47	379.829	668.224	651.725	4.895
20	76,39	763,86	422.032	742.471	724.139	5.439
22	76,39	840,25	464.235	816.719	796.553	5.982
24	76,39	916,63	506.439	890.966	868.967	6.526
26	76,39	993,02	548.642	965.213	941.381	7.070
28	76,39	1.069,40	590.845	1.039.460	1.013.794	7.614
30	76,39	1.145,79	633.048	1.113.707	1.086.208	8.158
32	76,39	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622	8.702
34	76,39	1.298,56	717.455	1.262.202	1.231.036	9.246
36	76,39	1.374,95	759.658	1.336.449	1.303.450	9.790
38	76,39	1.451,33	801.862	1.410.696	1.375.864	10.334
40	76,39	1.527,72	844.065	1.484.943	1.448.278	10.878
42	76,39	1.604,11	886.268,00	1.559.191	1.520.692	11.421
44	76,39	1.680,49	928.471	1.633.438	1.593.106	11.965
46	76,39	1.756,88	970.675	1.707.685	1.665.520	12.509
48	76,39	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
50	76,39	1.909,65	1.055.081	1.856.179	1.810.348	13.597
54	76,39	1.986,04	1.097.284	1.930.426	1.882.762	14.141
56	76,39	2.062,42	1.139.488	2.004.674	1.955.176	14.685
58	76,39	2.138,81	1.181.691	2.078.921	2.027.589	15.229
60	76,39	2.215,19	1.223.894	2.153.168	2.100.003	15.773
62	76,39	2.291,58	1.266.097	2.227.415	2.172.417	16.317
64	76,39	2.367,97	1.308.301	2.301.662	2.244.831	16.860
66	76,39	2.444,35	1.350.504	2.375.910	2.317.245	17.404
68	76,39	2.520,74	1.392.707	2.450.157	2.389.659	17.948
70	76,39	2.597,12	1.434.911	2.524.404	2.462.073	18.492
72	76,39	2.673,51	1.477.114	2.598.651	2.534.487	19.036
74	76,39	2.749,90	1.519.317	2.672.898	2.606.901	19.580
76	76,39	2.826,28	1.561.520	2.747.146	2.679.315	20.124
78	76,39	2.902,67	1.603.724	2.821.393	2.751.729	20.668
80	76,39	2.979,05	1.645.927	2.895.640	2.824.143	21.212
82	76,39	3.055,44	1.688.130	2.969.887	2.896.557	21.756
84	76,39	3.131,83	1.730.333	3.044.134	2.968.971	22.299
86	76,39	3.208,21	1.772.537	3.118.382	3.041.384	22.843
88	76,39	3.284,60	1.814.740	3.192.629	3.113.798	23.387
90	76,39	3.360,98	1.856.943	3.266.876	3.186.212	23.931
92	76,39	3.437,37	1.899.146	3.341.123	3.258.626	24.475
94	76,39	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
96	76,39	3.590,14	1.983.553	3.489.618	3.403.454	25.563
98	76,39	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
100	76,39	3.742,91	2.067.959	3.638.112	3.548.282	26.651
102	76,39	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.4. Escenario 4

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
4	24	1	Bombeo

– Actividades

Tabla 19. Actividades del escenario 4.

N°	Actividades	Notación	Horas
1	Colocación de acero (malla)	A1	4
2	Encofrado (mesas)	A2	12
3	Colocación de servicios (tuberías, etc.)	A3	5
4	Cierre Lateral (tapas)	A4	6
5	Vaciado de concreto por bombeo	A5	4
6	Espera 8h (Fraguado del concreto)	A6	8
7	Revisión	A7	2
8	Desencofrado	A8	8
9	Siguiente nivel	A9	4
10	Cambio de dirección de la torre grúa		8

Al igual que la condición con el método de vaciado con tolva, casi todas de las actividades tienen una duración mayor.

– Diagrama

Actividades	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Edificio
Día										
1										1 y 2
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										

Este diagrama representa un ciclo de actividades ejecutadas, para los edificios restantes se procedió de la misma manera.

Al igual que el escenario 2, al trabajar dos (2) edificios simultáneamente, por ser un número impar de edificios por cada sector, se utilizaron solo 12 encofrados para la construcción del quinto y décimo edificio; aunque habían encofrados disponibles, al utilizarse la grúa para el vaciado y desencofrado del nivel, no se logró avanzar en la construcción de los edificios restantes.

Tabla 20. Tiempo de ejecución del escenario 4.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel de dos (2) edificios	Cada 3 días
Vaciado de nivel de un (1) edificio	2
Construcción de dos (2) edificios	17 días
Construcción de un (1) edificio	11 días
Cambio de dirección de la torre grúa	1 día
Total construcción (10 edificios)	83 días

– Rendimiento de los materiales

Se obtuvo el volumen de concreto premezclado, cantidad de material para el concreto en sitio, así como la cantidad de acero

Las cantidades se denotaron en el día de vaciado del concreto.

Tabla 21. Rendimiento de los materiales del escenario 4.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
3	152,77	152,77	84.406	148.494,38	144.827	1.087
6	152,77	305,54	168.813	296.988,77	289.655	2.175
9	152,77	458,32	253.219	445.483,15	434.483	3.263
12	152,77	611,09	337.626	593.977,54	579.311	4.351
15	152,77	763,86	422.032	742.471,92	724.139	5.439
18	152,77	916,63	506.439	890.966,30	868.967	6.526
21	152,77	1.069,40	590.845	1.039.460,69	1.013.794	7.614
24	152,77	1.222,18	675.252	1.187.955,07	1.158.622	8.702
27	152,77	1.374,95	759.658	1.336.449,46	1.303.450	9.790
30	152,77	1.527,72	844.065	1.484.943,84	1.448.278	10.878
32	76,39	1.604,11	886.268	1.559.191,03	1.520.692	11.421
34	76,39	1.680,49	928.471	1.633.438,22	1.593.106	11.965
36	76,39	1.756,88	970.675	1.707.685,42	1.665.520	12.509
38	76,39	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
40	76,39	1.909,65	1.055.081	1.856.179	1.810.348	13.597
45	152,77	2.062,42	1.139.488	2.004.674	1.955.176	14.685
48	152,77	2.215,19	1.223.894	2.153.168	2.100.003	15.773
51	152,77	2.367,97	1.308.301	2.301.662	2.244.831	16.860
54	152,77	2.520,74	1.392.707	2.450.157	2.389.659	17.948
57	152,77	2.673,51	1.477.114	2.598.651	2.534.487	19.036
60	152,77	2.826,28	1.561.520	2.747.146	2.679.315	20.124
63	152,77	2.979,05	1.645.927	2.895.640	2.824.143	21.212
66	152,77	3.131,83	1.730.333	3.044.134	2.968.971	22.299
69	152,77	3.284,60	1.814.740	3.192.629	3.113.798	23.387
72	152,77	3.437,37	1.899.146	3.341.123	3.258.626	24.475
74	76,39	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
76	76,39	3.590,14	1.983.553	3.489.618	3.403.454	25.563
78	76,39	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
80	76,39	3.742,91	2.067.959	3.638.112	3.548.282	26.651
82	76,39	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.5. Escenario 5

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
5	24	2	Tolva

Las actividades y el diagrama de ejecución que se realizó de la misma manera que el escenario 1; al trabajar los dos (2) edificios en paralelo, se acortó el tiempo de construcción de los 10 edificios, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 22. Tiempo de ejecución del escenario 5.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel	Cada 3 días
Construcción de dos (2) edificios	15 días
Total construcción (10 edificios)	151 días

– Rendimiento de los materiales

Las cantidades se denotaron en el día de vaciado del concreto.

Tabla 23. Rendimiento de los materiales del escenario 5.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
2	152,77	152,77	84.406	148.494	144.827	1.087
5	152,77	305,54	168.813	296.988	289.655	2.175
8	152,77	458,32	253.219	445.483	434.483	3.263
11	152,77	611,09	337.626	593.977	579.311	4.351
14	152,77	763,86	422.032	742.471	724.139	5.439
17	152,77	916,63	506.439	890.966	868.967	6.526
20	152,77	1.069,40	590.845	1.039.460	1.013.794	7.614
23	152,77	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622	8.702
26	152,77	1.374,95	759.658	1.336.449	1.303.450	9.790
29	152,77	1.527,72	844.065	1.484.943	1.448.278	10.878
32	152,77	1.680,49	928.471	1.633.438	1.593.106	11.965
35	152,77	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
38	152,77	1.986,04	1.097.284	1.930.426	1.882.762	14.141
41	152,77	2.138,81	1.181.691	2.078.921	2.027.589	15.229
44	152,77	2.291,58	1.266.097	2.227.415	2.172.417	16.317
47	152,77	2.444,35	1.350.504	2.375.910	2.317.245	17.404
50	152,77	2.597,12	1.434.911	2.524.404	2.462.073	18.492
53	152,77	2.749,90	1.519.317	2.672.898	2.606.901	19.580
56	152,77	2.902,67	1.603.724	2.821.393	2.751.729	20.668
59	152,77	3.055,44	1.688.130	2.969.887	2.896.557	21.756
62	152,77	3.208,21	1.772.537	3.118.382	3.041.384	22.843
65	152,77	3.360,98	1.856.943	3.266.876	3.186.212	23.931
68	152,77	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
71	152,77	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
74	152,77	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.6. Escenario 6

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
6	48	2	Tolva

Como se ejecutaron las mismas actividades del escenario 2, resultó el mismo diagrama, pero en este caso se construyó cuatro (4) edificios simultáneamente, se vaciaron dos niveles en paralelo de un edificio perteneciente a cada sector del conjunto residencial, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 24. Tiempo de ejecución del escenario 6.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel de dos (4) edificios	Cada 5 días
Vaciado de nivel de un (2) edificio	Cada 3 días
Construcción de dos (2) edificios	26 días
Construcción de un (1) edificio	15 días
Total construcción (10 edificios)	65 días

– **Rendimiento de los materiales**

Las cantidades se denotaron en el día de vaciado del concreto.

Tabla 25. Rendimiento de los materiales del escenario 6.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
4	305,54	305,54	168.813	296.988,77	289.655	2.175
9	305,54	611,09	337.626	593.977,54	579.311	4.351
14	305,54	916,63	506.439	890.966,30	868.967	6.526
19	305,54	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622	8.702
24	305,54	1.527,72	844.065	1.484.943	1.448.278	10.878
29	305,54	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
34	305,54	2.138,81	1.181.691	2.078.921	2.027.589	15.229
39	305,54	2.444,35	1.350.504	2.375.910	2.317.245	17.404
44	305,54	2.749,90	1.519.317	2.672.898	2.606.901	19.580
49	305,54	3.055,44	1.688.130	2.969.887	2.896.557	21.756
52	152,77	3.208,21	1.772.537	3.118.382	3.041.384	22.843
55	152,77	3.360,98	1.856.943	3.266.876	3.186.212	23.931
58	152,77	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
61	152,77	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
64	152,77	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.7. Escenario 7

De los criterios anteriormente expuestos, se obtuvo un diagrama de ejecución de las actividades en las siguientes condiciones:

Escenario	N° de Encofrados	N° de Torre Grúa	Método de Vaciado
7	24	2	Bombeo

Al igual que las simulaciones anteriores que se realizaron con la ayuda de 2 torre grúas, esta simulación resultó igual en actividades y su duración, también en la duración de vaciado por nivel y construcción de los 2 edificios en paralelo en cada sector del conjunto residencial, en el mismo tiempo que la simulación 3. Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 26. Tiempo de ejecución del escenario 7.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel	Cada 2 días
Construcción de dos (2) edificios	11 días
Total construcción (10 edificios)	51 días

– Rendimiento de los materiales

Las cantidades se denotaron en el día de vaciado del concreto.

Tabla 27. Rendimiento de los materiales del escenario 7.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
2	152,77	152,77	84.406	148.494	144.827	1.087
4	152,77	305,54	168.813	296.988	289.655	2.175
6	152,77	458,32	253.219	445.483	434.483	3.263
8	152,77	611,09	337.626	593.977	579.311	4.351
10	152,77	763,86	422.032	742.471	724.139	5.439
12	152,77	916,63	506.439	890.966	868.967	6.526
14	152,77	1.069,40	590.845	1.039.460	1.013.794	7.614
16	152,77	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622	8.702
18	152,77	1.374,95	759.658	1.336.449	1.303.450	9.790
20	152,77	1.527,72	844.065	1.484.943	1.448.278	10.878
22	152,77	1.680,49	928.471	1.633.438	1.593.106	11.965
24	152,77	1.833,26	1.012.878	1.781.932	1.737.934	13.053
26	152,77	1.986,04	1.097.284	1.930.426	1.882.762	14.141
28	152,77	2.138,81	1.181.691	2.078.921	2.027.589	15.229
30	152,77	2.291,58	1.266.097	2.227.415	2.172.417	16.317
32	152,77	2.444,35	1.350.504	2.375.910	2.317.245	17.404
34	152,77	2.597,12	1.434.911	2.524.404	2.462.073	18.492
36	152,77	2.749,90	1.519.317	2.672.898	2.606.901	19.580
38	152,77	2.902,67	1.603.724	2.821.393	2.751.729	20.668
40	152,77	3.055,44	1.688.130	2.969.887	2.896.557	21.756
42	152,77	3.208,21	1.772.537	3.118.382	3.041.384	22.843
44	152,77	3.360,98	1.856.943	3.266.876	3.186.212	23.931
46	152,77	3.513,76	1.941.350	3.415.370	3.331.040	25.019
48	152,77	3.666,53	2.025.756	3.563.865	3.475.868	26.107
50	152,77	3.819,30	2.110.163	3.712.359	3.620.696	27.195

4.2.8. Escenario 8

Por último se realizó este escenario con las mismas actividades y sus duraciones, esta vez se trabajó con 4 edificios simultáneamente, vaciando un nivel de dos (2) edificios en paralelo.

Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 28. Tiempo de ejecución del escenario 8.

Tiempo de ejecución	
Vaciado de nivel de dos (4) edificios	Cada 3 días
Vaciado de nivel de un (2) edificio	Cada 2 días
Construcción de dos (2) edificios	15 días
Construcción de un (1) edificio	11 días
Total construcción (10 edificios)	41 días

– Rendimiento de los materiales

Las cantidades se denotaron en el día de vaciado del concreto.

Tabla 29. Rendimientos de los materiales del escenario 8.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
3	305,54	305,54	168.813	296.988	289.655,71	2.175,60
6	305,54	611,09	337.626	593.977	579.311,42	4.351,20
9	305,54	916,63	506.439	890.966	868.967,14	6.526,80
12	305,54	1.222,18	675.252	1.187.955	1.158.622,85	8.702,40
15	305,54	1.527,72	844.065	1.484.943,84	1.448.278,56	10.878,00
18	305,54	1.833,26	1.012.878	1.781.932,61	1.737.934,27	13.053,60
21	305,54	2.138,81	1.181.691	2.078.921,38	2.027.589,98	15.229,20
24	305,54	2.444,35	1.350.504	2.375.910,14	2.317.245,70	17.404,80
27	305,54	2.749,90	1.519.317	2.672.898,91	2.606.901,41	19.580,40
30	305,54	3.055,44	1.688.130	2.969.887,68	2.896.557,12	21.756,00
32	152,77	3.208,21	1.772.537	3.118.382,06	3.041.384,98	22.843,80
34	152,77	3.360,98	1.856.943	3.266.876,45	3.186.212,83	23.931,60
36	152,77	3.513,76	1.941.350	3.415.370,83	3.331.040,69	25.019,40
38	152,77	3.666,53	2.025.756	3.563.865,22	3.475.868,54	26.107,20
40	152,77	3.819,30	2.110.163	3.712.359,60	3.620.696,40	27.195,00

Vialidad

Para el estacionamiento y vialidad el método de vaciado fue diferente, se hizo de forma directa de los camiones premezclados, vaciando en secciones de 9m², ya que de esta manera la vía no se agrieta. Luego del cálculo del volumen de concreto necesario, se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 30. Volumen acumulado en la vialidad.

Vaciado directo		
Día	Volumen (m³)	Acumulado (m³)
1	111	111
2	111	222
3	111	333
4	111	444

– **Rendimiento de los materiales**

Del volumen calculado por día de vaciado, se obtuvo la cantidad, de concreto premezclado, así como la cantidad de cemento y agregados para el concreto hecho en sitio; también se calculó la cantidad de acero.

Tabla 31. Cantidad de material usado en la vialidad.

Consumo de Concreto						
Día	Volumen (m³)	Volumen Acumulado (m³)	Concreto en sitio			
			Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Acero (m²)
1	111	111	61.327,50	107.892,00	105.228,00	3.678,95
2	111	222	122.655,00	215.784,00	210.456,00	
3	111	333	183.982,50	323.676,00	315.684,00	
4	111	444	245.310,00	431.568,00	420.912,00	

4.3. Plan de control de calidad del concreto

Debido a que se planteó evaluar el comportamiento del concreto premezclado y el concreto en sitio, se debe aclarar que la calidad del concreto no solo depende de la mezcla de los materiales sino en la calidad de los mismos por separado; también se debe evaluar al acero, por eso es necesario realizar algunos tipos de ensayo propuestos en las Normas Venezolanas Covenin.

4.3.1. Ensayos

Los ensayos para la calidad del concreto se encuentran especificados en la siguiente tabla; la información está basada en las Normas Venezolanas Covenin.

Ensayos			Materiales				
Tipos	Norma Venezolana		Cemento	Arena	Piedra	Concreto	Acero
Granulometría	Covenin 255	Agregados. Determinación de la composición granulométrica.		X	X		
Sustancias Nocivas	Covenin 257	Método de ensayo para determinar el contenido de partículas desmenuzables en agregados.		X	X		
	Covenin 258	Método de ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo 75 μ en agregados minerales.		X	X		
	Covenin 260	Método de ensayo para determinar el contenido de partículas livianas en agregados.		X	X		
	Covenin 261	Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en las arenas.		X			
	Covenin 265	Agregado grueso. Determinación de la dureza al rayado.			X		

Ensayos			Materiales				
Tipos	Norma Venezolana		Cemento	Arena	Piedra	Concreto	Acero
Impurezas Orgánicas	Covenin 256	Método de ensayo para la determinación cuantitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico).		X			
Disgregabilidad	Covenin 271	Método de ensayo para determinar la disgregabilidad de agregado por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio.		X	X		
Desgaste (Según sea el caso)	Covenin 266	Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregados gruesos de menores de 38,1 mm (1 1/2") por medio de la maquina de Los Angeles.			X		
	Covenin 267	Metodo de ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregado grueso de mayores de 190 mm por medio de la maquina de Los Angeles.			X		
Resistencia a la compresión	Covenin 484	Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresion de morteros, en probetas de 50,8 mm de lado.	X				
	Covenin 338	Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresion de cilindros de concreto.				X	

Ensayos			Materiales				
Tipos	Norma Venezolana		Cemento	Arena	Piedra	Concreto	Acero (Cabillas)
Fraguado	Covenin 493	Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado por la aguja de Vicat.	✗				
Resistencia a la tracción	Covenin 299	Materiales metálicos. Ensayo de tracción					✗

Todos los ensayos son importantes para un mejor desempeño de la construcción, pero el más representativo es el de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto, que se hace mediante cilindros.

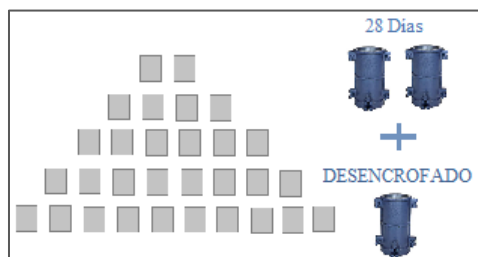
Por el tipo de sistema de los edificios, se deben hacer ensayos a edad temprana (24 horas) para asegurar que alcanzó la resistencia que permite realizar el desencofrado del nivel, esto es de gran utilidad para corroborar que se alcanzó la resistencia temprana deseada, la misma está normada.

El número de cilindros que se deben hacer para el ensayo y como se hace la toma de esta muestra está especificado en la Norma Covenin 338. Para efectos de este proyecto se tomó 1 muestra comprendida por 2 cilindros para la resistencia a la compresión a los 28 días y 1 cilindro adicional para la resistencia a la compresión a las 24 horas, haciendo un total de 3 cilindros por muestra requerida.

Para esto se ofrece un esquema con el número de muestras a tomar:

Volumen: 76,39 m³

– **Concreto en sitio (3 cilindros)**

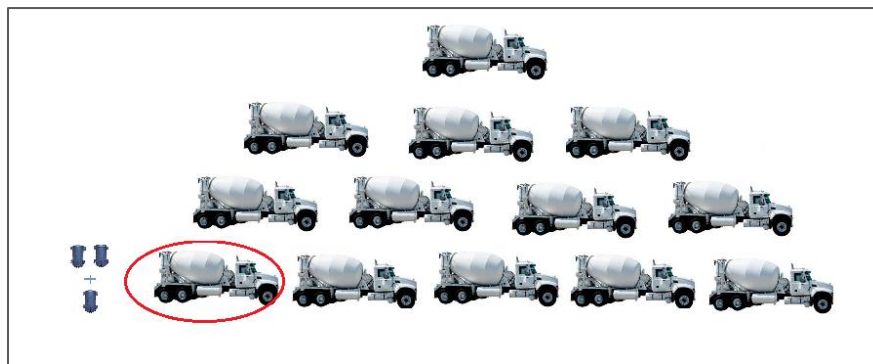


– **Concreto premezclado (13 camiones)**

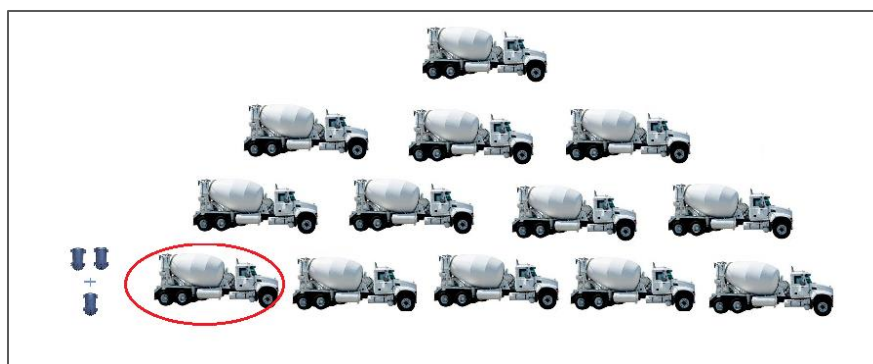
Para tomar las muestras del concreto que proviene de camiones premezclados, se debe seguir la Norma, pero también está a juicio del ingeniero encargado tomar muestras adicionales. Otros casos vistos en obras, son hacer ensayos a los cilindros sacados del concreto del 10% o 50% de los camiones que llegan a obra; también se debe aclarar que para escoger el camión al cual se le va a tomar la muestra es totalmente aleatorio y queda a gusto de consumidor.

Estas cantidades de camiones se basan en que un (1) camión de concreto premezclado contiene en promedio 6 m^3 de mezcla

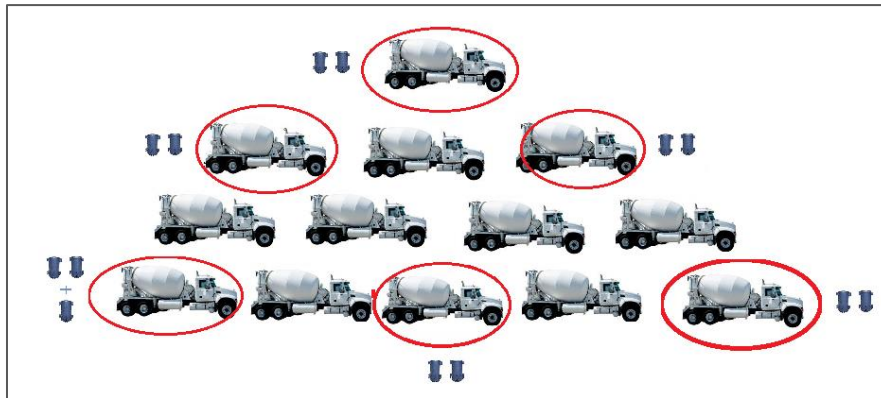
Criterio Norma (3 cilindros).



Criterio 10% (1 camión/ 3 cilindros).

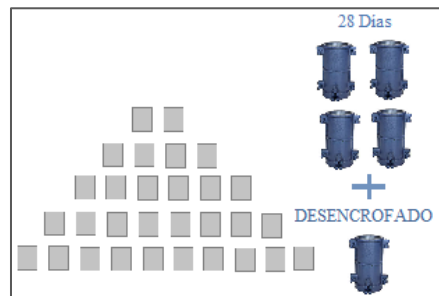


Criterio 50% (6 camiones/ 13 cilindros)



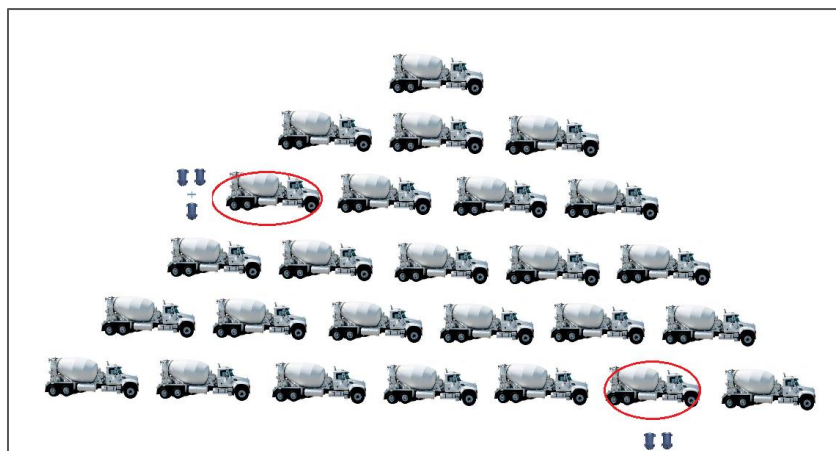
Volumen: 152,77 m³

- **Concreto en sitio (5 cilindros).**

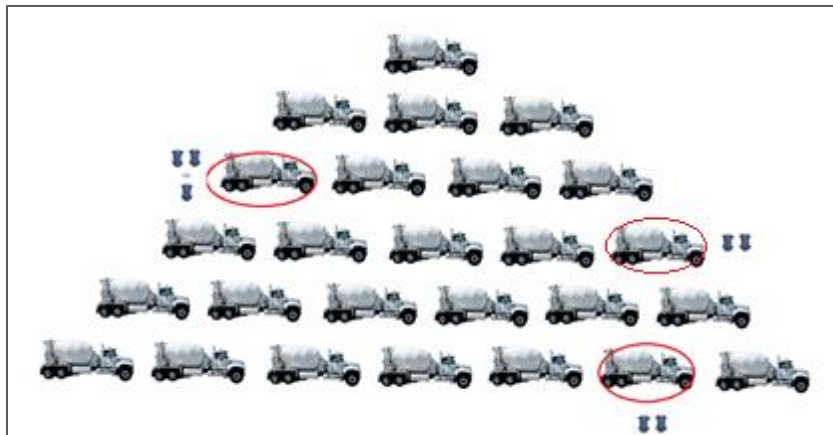


- **Concreto premezclado (26 camiones)**

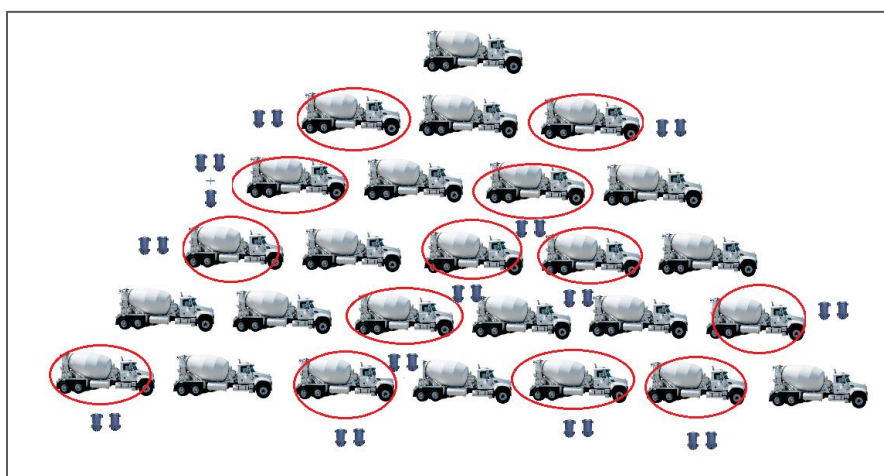
Criterio Norma (5 cilindros)



Criterio 10% (3 camiones/7 cilindros)

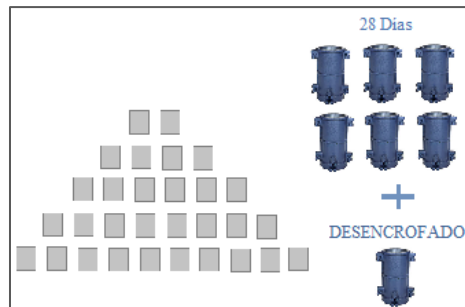


Criterio 50% (13 camiones/27 cilindros)



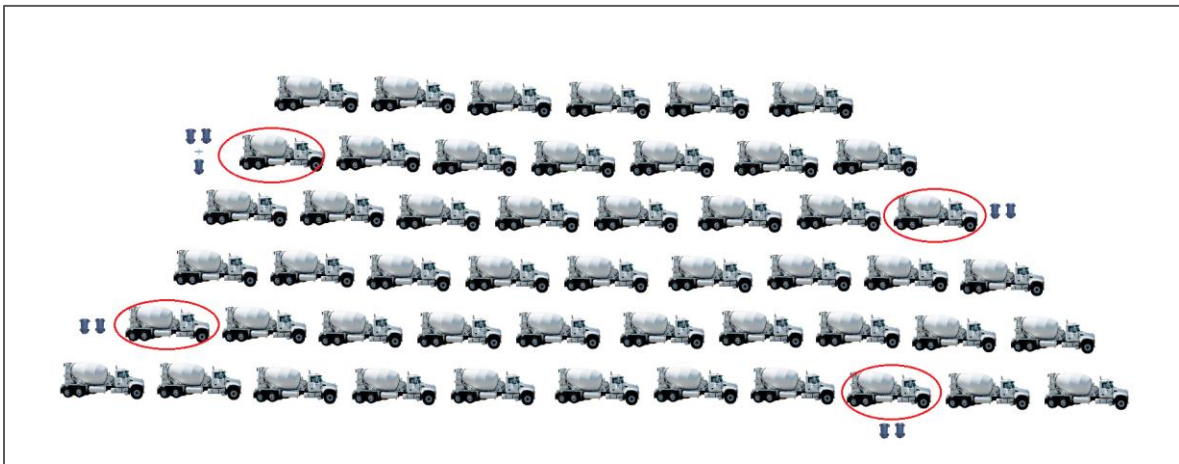
Volumen: 305,56 m³

- **Concreto en sitio (7 cilindros)**

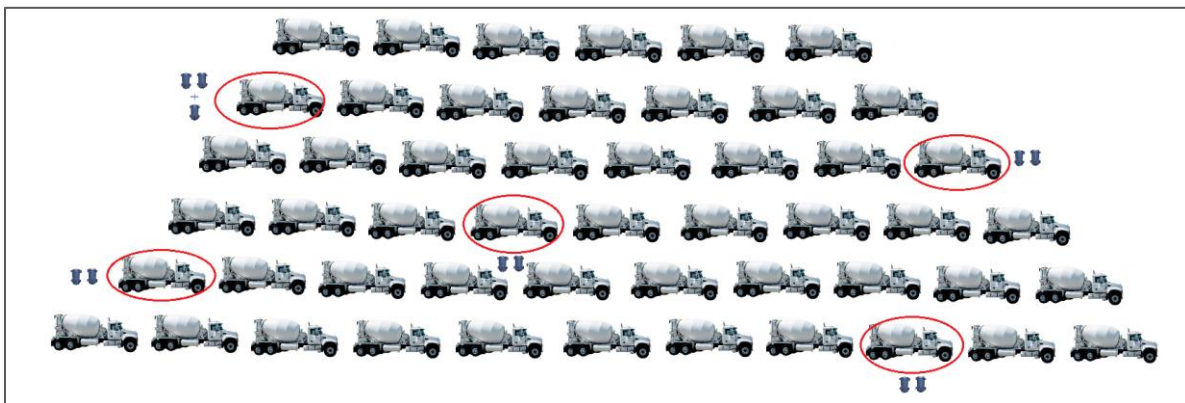


– **Concreto premezclado (51 camiones)**

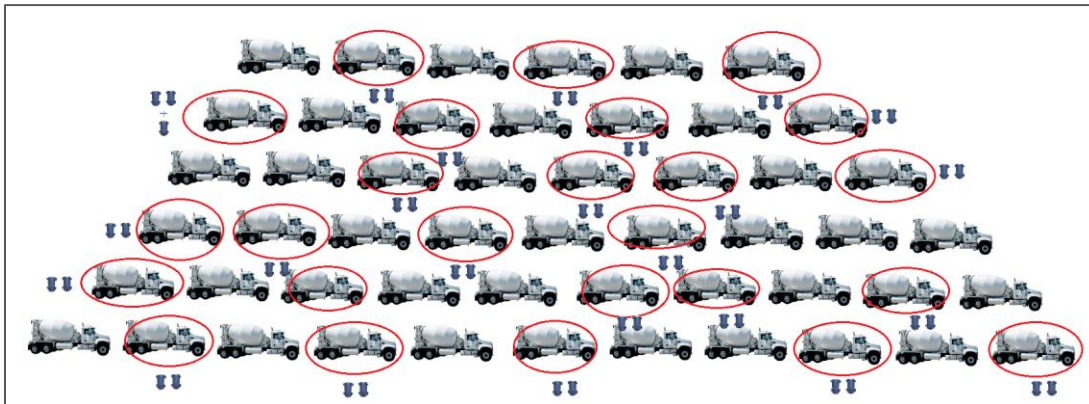
Criterio Norma (5 cilindros)



Criterio 10% (5 camiones/11 cilindros)



Criterio 50% (25 camiones/ 51 cilindros)



Esta esquematización es para efecto de los edificios, pero también aplicó las mismas condiciones para el concreto vaciado en fundaciones y en la vialidad.

Se debe mencionar que los cilindros tomados para el ensayo de resistencia a la compresión a la edad de 28 días van a una tina con agua para que desarrolles la resistencia deseada, mientras los cilindros para la resistencia a la compresión de edad temprana de 24 horas (criterio desencofrado) van directo al laboratorio a ensayarse.

4.3.2. Sistematización de ensayos para el control de calidad en placas de fundación

A continuación se ofrece un esquema de los días que se deben tomar muestras para la realización de los ensayos indicados en el apartado anterior.

Concreto	En sitio	
	Premezclado	

Ensayos		Muestra									
Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concreto	Resistencia a la compresión										
Agregados	Granulometría										
	Sustancias Nocivas										
	Disgregabilidad										
	Impurezas Orgánicas										
	Desgaste										
Cemento	Fraguado										
	Resistencia a la compresión										
Acero	Resistencia a la tracción										
Volumen de concreto (m³)		225	450	675	900	1.125	1.350	1.575	1.800	2.025	2.250

Figura 16. Planificación de calidad del concreto para las fundaciones.

— Concreto en sitio

A continuación se muestran las cantidades de material a las cuales se le debe tomar muestras para ensayos, así como la cantidad de cilindros que deben hacer.

Día	Volumen (m³)	Cilindros (Concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (Arena)	Camiones (Piedra)	Acero (Barra)
1	225	7	3	9	9	115

Los números de camiones calculados para los agregados se basaron en la cantidad de 15 m³ que puede cargar en promedio 1 camión tipo toronto.

Se obtuvo un total de:

Tabla 32. Resultados del concreto en sitio para fundaciones.

Día	Volumen (m³)	Acumulado (m³)	Cilindros (Concreto)	Gandolas (cimento)	Camiones (Arena)	Camiones (Piedra)	Acero (Barra)	Ensayos
1	225	225	7	3	9	9	115	24
2	225	450	14	6	18	18	230	27
3	225	675	21	8	27	27	345	30
4	225	900	28	11	36	36	460	33
5	225	1.125	35	14	45	45	575	36
6	225	1.350	42	17	54	54	690	39
7	225	1.575	49	19	63	63	805	42
8	225	1.800	56	22	72	72	920	45
9	225	2.025	63	25	81	81	1.035	48
10	225	2.250	70	27	90	90	1.150	51

En esta tabla se indican las cantidades de material utilizado en cada día vaciado; en el caso del número de cilindros son las muestras tomadas a ensayar; en el caso de cemento y agregados, la toma de muestra se hace en pila, silos o directos del transporte, por lo que para saber la cantidad exacta se debe recurrir a la Norma.

– Concreto premezclado

La toma y número muestras a ensayar, como se especificó anteriormente se rigen por las normas, quedando en decisión del encargado de la obra el número de muestras a ensayar

Para un día de vaciado de una placa de fundación se obtuvo como resultado la siguiente tabla, mostrando los camiones requeridos y las muestra necesarias para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

Día	Volumen (m³)	Camiones premezclados	Norma	10% (4 camiones)	50% (19 camiones)
1	225	38	7	9	39

Tabla 33. Resultados del concreto premezclado para las fundaciones.

Días	Volumen (m³)	Acumulado (m³)	Norma	10 % (4 camiones)	50% (19 camiones)	Ensayos
1	225	225	7	9	39	2
2	225	450	14	18	78	3
3	225	675	21	27	117	4
4	225	900	28	36	156	5
5	225	1.125	35	45	195	6
6	225	1.350	42	54	234	7
7	225	1.575	49	63	273	8
8	225	1.800	56	72	312	9
9	225	2.025	63	81	351	10
10	225	2.250	70	90	390	11

4.3.3. Sistematización de ensayos para control de calidad de concreto en edificios

Se debe tener en cuenta que para un desenvolvimiento óptimo del manejo de materiales, tiempo de construcción y el costo de la obra, se deben hacer los ensayos propuestos anteriormente para prevenir cualquier inconveniente que pueda afectar en un futuro al proyecto; como se dijo en la justificación del Trabajo de Grado, las edificaciones de la Gran Misión Vivienda Venezuela poseen un déficit de ensayos para el control de calidad del concreto en sus proyectos por lo que a continuación se ejemplifica un sistema para la ejecución de los mismos.

En esta planificación se denota los ensayos que se deben realizar a los materiales para ver si son aceptables o no. Toda esta información, acerca de cómo realizar la toma de muestras y como se deben ejecutar los ensayos se encuentran en las Normas Venezolanas Covenin ya mencionadas.

A continuación se muestra un ejemplo para un solo edificio, en un sistema de planificación para la toma de muestra de los materiales a ser ensayados, indicando en que día se deben hacer.

Escenario 1

Materiales	Ensayos	Muestras														
Concreto	Resistencia a la compresión															
Cemento	Resistencia a la compresión															
	Fraguado															
Piedra	Granulometría															
	Sustancias Nocivas															
	Disgregabilidad															
	Desgaste															
Arena	Granulometría															
	Sustancias Nocivas															
	Impurezas Orgánicas															
	Disgregabilidad															
Acero	Resistencia a la tracción															
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nivel		1			2			3			4			5		
Edificio		1														
Area de acero (m²)		9		9			9			9			9			9
Volumen de concreto (m³)			3			3			3			3			3	
Cantidad de cemento (kg)			1			1			1			1			1	
Cantidad de piedra (kg)			3			3			3			3			3	
Cantidad de arena (kg)			3			3			3			3			3	
Acumulado	m²	9		18			27			36			46			55
	m³		3			6			9			12			15	
	kg		1			2			3			4			5	
	kg		3			6			9			12			15	
	kg		3			6			9			12			15	

Figura 17. Planificación para el edificio 1 del escenario 1.

Escenario 2

Materiales	Ensayos	Muestras																													
Concreto	Resistencia a la compresión																														
Cemento	Resistencia a la compresión																														
	Fraguado																														
Piedra	Granulometría																														
	Sustancias nocivas																														
	Disgregabilidad																														
	Desgaste																														
Arena	Granulometría																														
	Sustancias nocivas																														
	Impurezas orgánicas																														
	Disgregabilidad																														
Acero	Resistencia a la tracción																														
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25					
Nivel		1						2						3						4						5					
Edificio		1																													
Area de acero (m²)		18					18				18				18				18				18								
Volumen de concreto (m³)					5				5				5				5				5				5			5		5	
Cantidad de cemento (kg)					2				2				2				2				2				2			2		2	
Cantidad de piedra (kg)					6				6				6				6				6				6			6		6	
Cantidad de arena (kg)					6				6				6				6				6				6			6		6	
Acumulado	m²	18					36				55				73				91												
	m³				5				10				15				20				25										
	kg				2				4				6				8				10										
	kg				6				12				18				24				30										
	kg				6				12				18				24				30										

Figura 18. Planificación de los edificios 1 y 2 del escenario 2.

Escenario 3

Materiales	Ensayos	Muestras												
Concreto	Resistencia a la compresion													
Cemento	Resistencia a la compresión													
	Fraguado													
Piedra	Granulometría													
	Sustancias nocivas													
	Disgregabilidad													
	Desgaste													
Arena	Granulometría													
	Sustancias nocivas													
	Impurezas orgánicas													
	Disgregabilidad													
Acero	Resistencia a la tracción													
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Nivel		1		2		3		4		5				
Edificio		1												
N° de mallas (acero)		9		9		9		9		9				
N° de cilindros (concreto)			3		3		3		3		3			
N° de gandolas (cemento)			1		1		1		1		1			
N°de camiones (piedra)			3		3		3		3		3			
N° de camioes (arena)			3		3		3		3		3			
Acumulado	Acero		9				18				27		36	
	Concreto		3		6		9		12		15			
	Cemento		1		2		3		4		5			
	Piedra		3		6		9		12		15			
	Arena		3		6		9		12		15			

Figura 19. Planificación del edificio 1 del escenario 3.

Escenario 4

Materiales	Ensayos	Muestras															
Concreto	Resistencia a la compresión																
Cemento	Resistencia a la compresión																
	Fraguado																
Piedra	Granulometría																
	Sustancias nocivas																
	Disgregabilidad																
	Desgaste																
Arena	Granulometría																
	Sustancias nocivas																
	Impurezas orgánicas																
	Disgregabilidad																
Acero	Resistencia a la tracción																
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Nivel		1				2				3			4			5	
Edificio		1 y 2															
N° de mallas (acero)		18			18			18			18			18			
N° de cilindros (concreto)				5			5			5			5				
N° de gandolas (cemento)				2			2			2			2				
N°de camiones (piedra)				6			6			6			6				
N° de camioes (arena)				6			6			6			6				
Acumulado	Acero	18		36		54		72		91							
	Concreto		5		10		15		20		25						
	Cemento		2		4		6		8		10						
	Piedra		6		12		18		24		30						
	Arena		6		12		18		24		30						

Figura 20. Planificación de los edificios 1 y 2 de escenario 4.

Escenario 5

Materiales	Ensayos	Muestras														
Concreto	Resistencia a la compresión															
Cemento	Resistencia a la compresión															
	Fraguado															
Piedra	Granulometría															
	Sustancias nocivas															
	Disgregabilidad															
	Desgaste															
Arena	Granulometría															
	Sustancias nocivas															
	Impurezas orgánicas															
	Disgregabilidad															
Acero	Resistencia a la tracción															
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nivel		1			2			3			4			5		
Edificio		1 y 6														
N° de mallas (acero)		18		18			18			18			18			
N° de cilindros (concreto)			5			5			5			5			5	
N° de gandalas (cemento)			2			2			2			2			2	
N°de camiones (piedra)			6			6			6			6			6	
N° de camioes (arena)			6			6			6			6			6	
Acumulado	Acero	18		36			55			73			91			
	Concreto		5			10			15			20			25	
	Cemento		2			4			6			8			10	
	Piedra		6			12			18			24			30	
	Arena		6			12			18			24			30	

Figura 21. Planificación de los edificios 1 y 6 del escenario 5.

Escenario 6

Materiales		Ensayos		Muestras																																				
Concreto	Resistencia a la compresión																																							
Cemento	Resistencia a la compresión																																							
	Fraguado																																							
Piedra	Granulometría																																							
	Sustancias nocivas																																							
	Disgregabilidad																																							
	Desgaste																																							
Arena	Granulometría																																							
	Sustancias nocivas																																							
	Impurezas orgánicas																																							
	Disgregabilidad																																							
Acero	Resistencia a la tracción																																							
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25														
Nivel		1						2					3					4					5																	
Edificio		1, 2, 9 y 10																																						
N° de mallas (acero)		36					36				36				36				36				36				36													
N° de cilindros (concreto)					9				9				9				9				9				9				9		9		9		9		9		9	
N° de gandalas (cemento)					4				4				4				4				4				4				4		4		4		4		4		4	
N°de camiones (piedra)					12				12				12				12				12				12				12		12		12		12		12		12	
N° de camioes (arena)					12				12				12				12				12				12				12		12		12		12		12		12	
Acumulado	Acero	36									73								109										146					182						
	Concreto				9				18					27					36							45														
	Cemento				4				8					12					16							20														
	Piedra				12				24					36					48							60														
	Arena				12				24					36					48							60														

Figura 22. Planificación de los edificios 1, 2, 9 y 10 del escenario 6.

Escenario 7

Materiales	Ensayos	Muestras									
Concreto	Resistencia a la compresión										
Cemento	Resistencia a la compresión										
	Fraguado										
Piedra	Granulometría										
	Sustancias nocivas										
	Disgregabilidad										
	Desgaste										
Arena	Granulometría										
	Sustancias nocivas										
	Impurezas orgánicas										
	Disgregabilidad										
Acero	Resistencia a la tracción										
Días		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel		1		2		3		4		5	
Edificio		1 y 10									
N° de mallas (acero)		18		18		18		18		18	
N° de cilindros (concreto)			5		5		5		5		5
N° de gandalas (cemento)			2		2		2		2		2
N° de camiones (piedra)			3		3		3		3		3
N° de camiones (arena)			3		3		3		3		3
Acumulado	Acero	18		36		54		72		91	
	Concreto		5		10		15		20		25
	Cemento		2		4		6		8		10
	Piedra		3		6		9		12		15
	Arena		3		6		9		12		15

Figura 23. Planificación de los edificios 1 y 10 del escenario 7.

Escenario 8

Materiales		Ensayos		Muestras																											
Concreto	Resistencia a la compresión																														
Cemento	Resistencia a la compresión																														
	Fraguado																														
Piedra	Granulometría																														
	Sustancias nocivas																														
	Disgregabilidad																														
	Desgaste																														
Arena	Granulometría																														
	Sustancias nocivas																														
	Impurezas orgánicas																														
	Disgregabilidad																														
Acero	Resistencia a la tracción																														
Días																	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nivel																	1				2			3			4			5	
Edificio																	1,2, 9 y 10														
Nº de mallas (acero)		36			36			36			36			36																	
Nº de cilindros (concreto)				9			9			9			9																		
Nº de gandolas (cemento)				4			4			4			4																		
Nº de camiones (piedra)				12			12			12			12																		
Nº de camiones (arena)				12			12			12			12																		
Acumulado	Acero	36		73		109		146		182																					
	Concreto		9		18		27		36																						
	Cemento		4		8		12		16																						
	Piedra		12		24		36		48																						
	Arena		12		24		36		48																						

Figura 24. Planificación de los edificios 1, 2, 9 y 10 del escenario 8.

El número de cilindros utilizados en el esquema, hace referencia al estipulado en la Norma Covenin 1753, tanto para concreto en sitio como para los camiones premezclados.

Los ensayos de las propiedades de los agregados deben hacerse en el primer lote de entrega, es decir al comienzo de la obra, y luego a la mitad de la misma, para el caso que solo haya una grúa, ya que la construcción suele tardarse más.

El acero debe ensayarse al menos una vez al comienzo de la obra

Para el ensayo de la resistencia a la comprensión del concreto y cemento, se deben tomar las muestras en cada vaciado por nivel.

– **Concreto en sitio**

A continuación se muestran unas tablas resumen, del procedimiento aplicado anteriormente a todos los edificios.

Escenario 1

Tabla 34. Resultados del concreto en sitio para el escenario 1.

Edificio	Días	Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (piedra)	Camiones (arena)
1	15	24	45,5	15	5	15	15
2	30	39	91	30	10	30	30
3	45	54	136,5	45	15	45	45
4	60	69	182	60	20	60	60
5	75	84	227,5	75	25	75	75
6	90	108	273	90	30	90	90
7	105	123	318,5	105	35	105	105
8	120	138	364	120	40	120	120
9	135	153	409,5	135	45	135	135
10	150	168	455	150	50	150	150

Escenario 2

Tabla 35. Resultados del concreto en sitio para el escenario 2.

Edificio	Días	N° Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (piedra)	Camiones (arena)
1 y 2	25	24	91	25	10	30	30
3 y 4	50	39	182	50	20	60	60
5	65	54	228	65	25	75	75
6 y 7	90	78	319	90	35	105	105
8 y 9	115	93	410	115	40	135	135
10	130	108	455	130	45	150	150

Escenario 3

Tabla 36. Resultados del concreto en sitio para el escenario 3.

Edificio	Días	Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (piedra)	Camiones (arena)
1	11	24	45,5	15	5	15	15
2	21	39	91	30	10	30	30
3	31	54	136,5	45	15	45	45
4	41	69	182	60	20	60	60
5	51	84	227,5	75	25	75	75
6	62	108	273	90	30	90	90
7	72	123	318,5	105	35	105	105
8	82	138	364	120	40	120	120
9	92	153	409,5	135	45	135	135
10	102	168	455	150	50	150	150

Escenario 4

Tabla 37. Resultados del concreto en sitio para el escenario 4.

Edificio	Días	N° Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (piedra)	Camiones (arena)
1 y 2	16	24	91	25	10	30	30
3 y 4	31	39	182	50	20	60	60
5	41	54	228	65	25	75	75
6 y 7	57	78	319	90	35	105	105
8 y 9	72	93	410	115	40	135	135
10	83	108	455	130	45	150	150

Para las siguientes simulaciones, debido a que el tiempo de construcción es más corto, ya que se usaron dos torre grúa, se recomienda hacer los ensayos a los agregados y al acero, una vez al comienzo de la construcción, pero se debe tomar un número mayor de muestras ya que la cantidad de material requerido es mucho mayor.

Escenario 5

Tabla 38. Resultados del concreto en sitio para el escenario 5.

Edificio	Días	Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (piedra)	Camiones (arena)
1 y 10	15	24	91	25	10	30	30
2 y 9	30	39	182	50	20	60	60
3 y 8	45	54	273	75	30	90	90
4 y 7	60	69	364	100	40	120	120
5 y 6	75	84	455	125	50	150	150

Escenario 6

Tabla 39. Resultados del concreto en sitio para el escenario 6.

Edificio	Días	Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (cemento)	Camiones (piedra)	Camiones (arena)
1,2,9 y 10	25	24	182	35	20	60	60
1,3, 7 y 8	50	39	364	70	40	120	120
5 y 6	65	54	455	95	50	150	150

Escenario 7

Tabla 40. Resultados del concreto en sitio para el escenario 7.

Edificio	Días	Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (Cemento)	Camiones (Piedra)	Camiones (Arena)
1 y 10	11	24	91	25	10	30	30
2 y 9	21	39	182	50	20	60	60
3 y 8	31	54	273	75	30	90	90
4 y 7	41	69	364	100	40	120	120
5 y 6	51	84	455	125	50	150	150

Escenario 8

Tabla 41. Resultados del concreto en sitio para el escenario 8.

Edificio	Días	N° Ensayos	Mallas (acero)	Cilindros (concreto)	Gandolas (Cemento)	Camiones (Piedra)	Camiones (Arena)
1,2,9 y 10	16	24	182	35	20	60	60
1,3, 7 y 8	31	39	364	70	40	120	120
5 y 6	41	54	455	95	50	150	150

– Concreto premezclado

Para la mezcla de concreto premezclado se deben hacer solo 2 ensayos del control de calidad de la misma, uno es un ensayo de resistencia de tracción al acero; que se hace una vez al comenzar la obra, y el otro ensayo es de la resistencia a la compresión mediante cilindros, a la edad de 28 días y a las 24 horas para el desencofrado del nivel; dentro de este contexto cabe destacar que el número de ensayos requeridos baja notablemente, ya que los ensayos para evaluar las características de los agregados es responsabilidad de las mezcladoras.

Primero se debe calcular, la cantidad de camiones necesarios para vaciar un nivel, en las condiciones ya descritas

Volumen de concreto (m³)	N° de camiones	N° de camiones (10%)	N° de camiones (50%)
76,39	13	1	6
152,77	26	3	13
305,54	51	5	25

A continuación se muestran los números de cilindros que se deben ensayar por día de vaciado, así como la cantidad de acero utilizada en cada nivel; cabe destacar que el número de cilindros a ensayar queda al juicio del ingeniero encargado de la obra, recomiendan casos vistos en obras.

Escenario 1

Se muestra a continuación el número de cilindros para un día de vaciado

Día	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (1 camión)	50% (6camiones)	
2	76,39	3	3	13	9,1

Para los 10 edificios.

Tabla 42. Resultados del concreto premezclado para el escenario 1.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (1 camión)	50% (6camiones)		
1	381,93	15	15	65	45,5	6
2	763,86	30	30	130	91	11
3	1.145,79	45	45	195	136,5	16
4	1.527,72	60	60	260	182	21
5	1.909,65	75	75	325	227,5	26
6	2.291,58	90	90	390	273	31
7	2.673,51	105	105	455	318,5	36
8	3.055,44	120	120	520	364	41
9	3.437,37	135	135	585	409,5	46
10	3.819,30	150	150	650	455	51

Escenario 2

Días	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)	
4	152,77	5	7	27	18,2

Tabla 43. Resultados del concreto premezclado para el escenario 2.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)		
1 y 2	763,86	25	35	135	91	6
3 y 4	1.527,72	50	70	270	182	11
5	1.909,65	65	85	335	228	16
6 y 7	2.673,51	90	120	470	319	21
8 y 9	3.437,37	105	155	605	410	26
10	3.819,30	120	170	670	455	31

Escenario 3

Días	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (1 camión)	50% (6camiones)	
2	76,39	3	3	13	9,1

Tabla 44. Resultados del concreto premezclado para el escenario 3.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (1 camión)	50% (6camiones)		
1	381,93	15	15	65	45,50	6
2	763,86	30	30	130	91,00	11
3	1.145,79	45	45	195	136,50	16
4	1.527,72	60	60	260	182,00	21
5	1.909,65	75	75	325	227,50	26
6	2.291,58	90	90	390	273,00	31
7	2.673,51	105	105	455	318,50	36
8	3.055,44	120	120	520	364,00	41
9	3.437,37	135	135	585	409,50	46
10	3.819,30	150	150	650	455,00	51

Escenario 4

Días	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)	
3	152,77	5	7	27	18,2

Tabla 45. Resultados del concreto premezclado para el escenario 4.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)		
1 y 2	763,86	25	35	135	91	6
3 y 4	1.527,72	50	70	270	182	11
5	1.909,65	65	85	335	228	16
6 y 7	2.673,51	90	120	470	319	21
8 y 9	3.437,37	105	155	605	410	26
10	3.819,30	120	170	670	455	31

Escenario 5

Días	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)	
2	152,77	5	7	27	18,2

Tabla 46. Resultados del concreto premezclado para el escenario 5.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)		
1 y 10	763,86	25	35	135	91	6
2 y 9	1.527,72	50	70	270	182	11
3 y 8	2.291,58	75	105	405	273	16
4 y 7	3.055,44	100	140	540	364	21
5 y 6	3.819,30	125	175	675	455	26

Escenario 6

Día	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (5 camión)	50% (25 camiones)	
4	305,54	9	11	51	36,4

Tabla 47. Resultados del concreto premezclado para el escenario 6.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (5 camión)	50% (25 camiones)		
1, 2, 9 y 10	1.527,72	45	55	255	182	6
3, 4, 7 y 8	3.055,44	90	110	510	364	11
5 y 6	3.819,30	115	145	645	455	16

Escenario 7

Día	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)	
2	152,77	5	7	27	18,1

Tabla 48. Resultados para el concreto premezclado para el escenario 7.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (3 camión)	50% (13 camiones)		
1 y 10	763,86	25	35	135	91	6
2 y 9	1527,72	50	70	270	182	11
3 y 8	2291,58	75	105	405	273	16
4 y 7	3055,44	100	140	540	364	21
5 y 6	3819,3	125	175	675	455	26

Escenario 8

Día	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)
		Norma	10% (5 camión)	50% (25 camiones)	
3	305,54	9	11	51	36,4

Tabla 49. Resultados del concreto premezclado para el escenario 8.

Edificio	Concreto (m³)	N° Cilindros			Acero (mallas)	Ensayos
		Norma	10% (5 camión)	50% (25 camiones)		
1, 2, 9 y 10	1527,72	45	55	255	182	6
3, 4, 7 y 8	3055,44	90	110	510	364	11
5 y 6	3819,3	115	145	645	455	16

Se puede apreciar que cada escenario requiere un número total de ensayos para los 10 edificios, y se pudo comprobar que las condiciones dadas referente al número de grúas y encofrados, afecta notablemente el rendimientos de los materiales, aunque siempre se esté trabajando con el mismo volumen; esto se debe a la frecuencia de vaciado que tiene un efecto importante construcciones de este tipo.

Comparación de escenarios

- Concreto en sitio

Tabla 50. Comparación de los 8 escenarios para el concreto en sitio.

Escenario	Días	N° Ensayos	N° Cilindros (Norma)	Gandolas Cemento	Camiones Piedra	Camiones Arena	Mallas Acero
1	151	168	150	50	150	150	455
2	131	108	130	45	150	150	455
3	103	168	150	50	150	150	455
4	83	108	130	45	150	150	455
5	75	84	125	50	150	150	455
6	65	54	95	50	150	150	455
7	51	84	125	50	150	150	455
8	41	54	95	50	150	150	455

- Concreto premezclado

Tabla 51. Comparación de los 8 escenarios para concreto premezclado.

Escenario	Días	Camiones Premezclados	N° de Cilindros			Mallas Acero	Ensayos
			Norma	10 % camiones	50% camiones		
1	151	650	150	150	650	455	52
2	131	1300	120	170	670	455	32
3	103	650	150	150	650	455	52
4	83	1300	150	150	650	455	32
5	75	1300	125	175	675	455	26
6	65	2300	115	145	645	455	16
7	51	1300	125	175	675	455	26
8	41	2300	115	145	645	455	16

4.4.4. Sistematización de ensayos para control de calidad de concreto en vialidad

Como el acceso al conjunto residencial y el estacionamiento son de concreto, también se deben hacer ensayos a los materiales utilizados; a continuación se muestra la planificación de la toma de muestra.

Ensayos		Muestra			
Día		1	2	3	4
Concreto	Resistencia a la compresión				
Agregados	Granulometría				
	Sustancias Nocivas				
	Disgregabilidad				
	Impurezas Orgánicas				
	Desgaste				
Cemento	Fraguado				
	Resistencia a la compresión				
Acero	Resistencia a la tracción				
Volumen (m³)		111	222	333	444

– Concreto en sitio

Al igual que con la fundación y los edificios, debe de hacerse ensayos a los materiales utilizados para el vaciado de la vialidad. Los ensayos de las propiedades de los agregados deben

hacerse una vez al prepararse la primera mezcla de concreto por eso la toma de muestra se hace en el primer día; también se recomienda ensayar el acero una vez al comienzo de la colocación del mismo. Para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto y el cemento, se deben tomar muestras en todos los días del vaciado, al igual que la muestra de cemento para el ensayo de fraguado.

A continuación se muestran las cantidades de material a las cuales se le debe tomar muestras para ensayos, así como la cantidad de cilindros que deben hacer.

Tabla 52. Resultados para concreto en sitio de la vialidad.

Día	Volumen (m³)	Cilindros (Concreto)	Gandolas (Cemento)	Camiones (Piedra)	Camiones (Arena)	Acero (Mallas)	Ensayos
1	111	3	2	4	4	31	12
2	222	6	4	8	8	62	15
3	333	9	6	12	12	93	18
4	444	12	8	16	16	124	21

– Concreto premezclado

A continuación se indican los números de cilindro por día de vaciado con concreto premezclado, queda a juicio del ingeniero de la obra el número de cilindros a tomar, mientras quede dentro de los requerimientos de la Norma Covenin.

Día	Volumen (m³)	Camiones premezclado	Norma	10% (2 camiones)	50% (9 camiones)
1	111	19	5	5	19

Tabla 53. Resultados para concreto premezclado en la vialidad.

Día	Volumen (m³)	Cilindros (Concreto)	Gandolas (Cemento)	Camiones (Piedra)	Camiones (Arena)	Acero (Mallas)	Ensayos
1	111	3	2	4	4	31	2
2	222	6	4	8	8	62	3
3	333	9	6	12	12	93	4
4	444	12	8	16	16	124	5

CONCLUSIÓN

Los controles de la calidad del concreto son necesario para medir la capacidad mecánica de una estructura que está relacionada directamente a una edad, que no es más que un tiempo de espera para que la mezcla de concreto obtenga el valor de resistencia deseada y con el cual fue diseñada. Para el sistema de edificios estudiado se sugiere en la Norma Covenin 1753 tomar muestras a edades temprana para verificar que el concreto desarrolló la resistencia adecuada para llevar a cabo el proceso de desencofrado, todo esto va relacionado con el tiempo de ejecución de actividades del proceso constructivo de los edificios, debido a que la culminación de la obra depende de ello.

Basado en los escenarios estudiados, fue posible obtener una variedad de tiempos de ejecución de obra debido a las diferentes simulaciones de procesos constructivos, se logró obtener parámetros que sirven para identificar los controles que se deben realizar. En este caso, fue de suma importancia reconocer en qué condiciones se deben hacer los muestreos para los ensayos requeridos.

En el escenario 1 se obtuvo un total de 168 ensayos para 150 días de ejecución de los 10 edificios, esto se debe a que el vaciado fue con tolva, lo que retrasó el ciclo de vaciado y aumentó el número de ensayos.

En el escenario 2 se obtuvo un total 108 ensayos, para 130 días de construcción de los 10 edificios; en este escenario por las condiciones dadas se acortó el tiempo de culminación de los edificios y también disminuyó el número de ensayos debido al número de edificios trabajados simultáneamente.

En el escenario 3 se obtuvo un total de 168 ensayos para 102 días de ejecución de edificios, y para el escenarios 4 se obtuvo 108 para un total de 83 días de ejecución para los 10 edificios.

El número de ensayos resultó igual para los escenarios 1 y 3 por el número de encofrados utilizados, aunque el método por bombeo es más rápido y no requiere de la grúa para el vaciado

del concreto, no se avanzó en la construcción porque el número de encofrados estaba limitado a un solo edificio, por lo que en cada día de vaciado de nivel se tomaron muestras para la misma cantidad de ensayo, sin importar que el ciclo de vaciado de un escenario fue más rápido que el otro.

En el escenario 5 se obtuvo un total de 72 ensayos para 75 días de ejecución de los 10 edificios; este escenario también fue condicionado por el vaciado con tolva, pero resultó menor el número de ensayos, debido a que los edificios fueron ejecutados en paralelo.

De igual manera procedió el escenario 6 con un total de 54 ensayos para un total de 65 días de construcción de edificios; en este caso disminuyó el número de ensayos debido a la disponibilidad de encofrados y el uso de dos (2) grúas, lo que permitió trabajar más edificios al mismo tiempo.

En el escenario 7 se obtuvo un total de 84 ensayos para un total de 51 días de ejecución, y para el escenario 8 un total de 54 ensayos, para 41 días de ejecución; de la misma manera que el escenario anterior, fueron favorecidos por la utilización de dos (2) grúas y una mayor disponibilidad de encofrados.

Cuando se habla del número de ensayos, se hace referencia a los tipos de ensayo que se ejecutaron, no al número de muestras que fueron ensayadas, es por esto que el número de ensayos depende de la cantidad de edificios y de los días de vaciado, sin dejar de lado que otros factores que también influyen, pero la cantidad de días vaciados por cada edificio establece los números de ensayos a ejecutar.

También hay que mencionar que a mayor cantidad de concreto vaciado, mayor será el requerimiento de materiales, por lo cual mayor será el muestreo.

RECOMENDACIONES

Este trabajo de grado se orientó a la calidad del concreto y sus componentes, pero a pesar de ser reforzado con acero, no se le dio relevancia más que recomendar ensayos las barras de acero de las fundaciones y edificaciones al menos una vez al comenzar la construcción; sin embargo como recomendación es bueno aplicar un estudio más profundo al tema, ya que en el país muy poca importancia se le da a la aplicación de controles de calidad al acero; por ejemplo evaluar los mismos edificios pero con el material ya antes nombrado.

Otro estudio que es aplicable a estos edificios, sería ejecutarlo con otros sistemas constructivos, y comparar los resultados obtenidos.

Ejemplificar un plan de control de calidad del concreto con edificios tipo pórticos, ya que estos requieren otros métodos constructivos y lapsos de tiempo diferentes, así como requieren la aplicación de ensayos en otras condiciones.

Adicional se recomienda evaluar un sistema con mampostería estructural, ya que actualmente se está desarrollando una línea de investigación en la Universidad Católica Andrés Bello, con otros materiales como el bambú, aplicables como sistemas de construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coll G. y Seijas J. (2003). *Manual de ejecución de edificaciones tipo túnel*. (Tesis de Pregrado). Universidad Metropolitana, Venezuela. Recuperado en: repositorios.unimet.edu.ve/docs/16/TA145C65A75.pdf

Halpin, D. y Woodhead, R. (1980). *Construction Magnament*. Nueva York, Estados Unidos: Wiley.

Hiller, F. y Lieberman, G. (2001). *Introduction to Operations Research*. Nuevas York, Estados Unidos: McGraw Hill.

Rondón, A. (2011). *Sistema estructural tipo túnel: Análisis de su comportamiento bajo acciones sísmicas*. (Tesis de Pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela.

Samaniego, J. y Vanegas, J. (2014). *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Azuay*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5469/1/TESIS.pdf>

Suarez, S. (2002). *Costo y Tiempo en edificación*. México DF, México.

Suniaga, R. (2010). *Desarrollo del programa de construcción del Proyecto Urbanístico “ Construcción de Viviendas de Interés Social en el Municipio Aragua-Distrito Social Anaco (Grupa A)”*, ubicado en el Estado Anzoátegui, de acuerdo al método PERT-CPM. (Tesis de Pregrado). Universidad de Oriente, Venezuela. Recuperado en:

<http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/762/2/TESIS.Desarrollo%20de%20programa%20de%20construcci%C3%B3n.pdf>