



FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Ingeniería Civil

Trabajo de Grado

Estudio técnico económico de los procesos de cimbrado y descimbrado de edificaciones en Colombia aplicando el Nuevo Procedimiento Simplificado

Presentado por:

John Alexis Castellanos Reyes, I.C.

María Isabel Pérez Gómez, I.C.

Director:

Yezid Alexander Alvarado Vargas, PhD.

Bogotá D.C.

Octubre de 2014

APROBACIÓN

El Trabajo de grado con título “Estudio técnico económico de los procesos de cimbrado y descimbrado de edificaciones en Colombia aplicando el Nuevo Procedimiento Simplificado”, desarrollado por los estudiantes John Alexis Castellanos Reyes y María Isabel Pérez Gómez, en cumplimiento de uno de los requisitos depuestos por la Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería civil, para optar al Título de Magister en ingeniería Civil, fue aprobado por:

Director

Yezid Alexander Alvarado Vargas, PhD.

Jurados Internos

Jurado 1

Jesús Daniel Villalba Morales

Jurado 2

Holmes Julian Páez Martínez

Jurados Externos

Jurado 1

Vivian Andrea Ulloa Mayorga

Jurado 2

Jesus Orlando Castaño Tabares

Estudio técnico económico de los procesos de cimbrado y descimbrado
de edificaciones en Colombia aplicando el Nuevo Procedimiento
Simplificado

John Alexis Castellanos Reyes, I.C.
María Isabel Pérez Gómez, I.C.

La Pontificia Universidad Javeriana, no es responsable por los conceptos emitidos por los autores-investigadores del presente trabajo, por lo cual son responsabilidad absoluta de sus autores y no comprometen la idoneidad de la institución ni de sus valores.

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

Palabras claves: Edificios de pórticos en concreto reforzado, entrepisos sucesivos, nuevo procedimiento simplificado, puntales, estructuras auxiliares, estimación de plazos, estimación de cargas, estimación de costos, cimbrado, descimbrado, recimbrado, clareado, encofrado.

Descripción:

El presente trabajo de investigación consiste en la evaluación del beneficio económico de la aplicación del Nuevo Procedimiento Simplificado, reflejado en los plazos de construcción en edificaciones de pisos sucesivos. En cumplimiento del objetivo principal planteado se desarrollaron 5 fases, la fase I consistió en la caracterización de los materiales que intervienen en los procesos constructivos tales como el concreto, puntales y geometría del edificio objeto de estudio. Las fases II y III consistieron en el estudio a profundidad del Nuevo Procedimiento Simplificado (NPS) Calderón et., al 2011, y posterior ejecución de un algoritmo utilizando el NPS para la determinación de cargas en entrepisos y puntales durante la construcción para los procesos constructivos de CD, CCD y CRD, seguidamente por medio de la metodología de Calavera 1981 y Fernández 1986 se calcularon nuevos plazos para estos procesos y teniendo en cuenta 1, 2, 3 y 4 pisos apuntalados consecutivos, lo anterior para la construcción de 8 entrepisos. En la fase IV se realizó revisión de los precios ejecutados en el edificio objeto de estudio los cuales correspondieron al alquiler de equipo auxiliar, personal que interviene en el proyecto, mano de obra, entre otros. Fase V, con los plazos óptimos de descimbrado obtenidos mediante el NPS, y los costos reales ejecutados en obra, se procede con la evaluación económica para las diferentes alternativas. De los resultados se destaca que con un análisis juicioso de cargas y procesos constructivos se logran ahorros importantes en la estructura sin poner en riesgo su integridad.

ABSTRACT

Key words:

Reinforced concrete buildings, multistory structures, new simplified procedure, shores, auxiliary structures, time estimate, loads estimate, cost estimate, Shoring, Striking, reshores, formwork.

Description:

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.2 SÍNTESIS	2
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	3
2.1 SISTEMAS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES	3
2.1.1 Sistemas constructivos	3
2.1.2 Procesos constructivos	5
2.2 TRANSMISIÓN DE CARGAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	7
2.2.1 Método Simplificado de Grundy y Kabaila (1963).....	8
2.2.2 Método Simplificado mejorado de Duan y Chen (1995)	11
2.2.3 Nuevo Procedimiento Simplificado (Calderón et al., 2011)	14
2.3 CRITERIOS DE DESCIMBRADO	19
2.3.1 Método propuesto por Calavera (1981) y Fernández (1986)	19
2.3.2 Normativa actual para plazos de descimbrado	20
2.4 CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE	24
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	25
3.1 CARACTERIZACIÓN.....	26
3.1.1 Caracterización equipos auxiliares.....	26
3.1.2 Caracterización concreto	32
3.1.3 Caracterización de la edificación objeto de estudio	34
3.2 ESTUDIO NUEVO PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO.....	37
3.3 ALGORÍTMO PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS Y PLAZOS.....	37

3.4 REVISIÓN DE PRECIOS Y PLAZOS UTILIZADOS EN LA EDIFICACIÓN OBJETO DEL ESTUDIO	39
3.4.1 Presupuesto de la obra.....	39
3.5 PROCESO CONSTRUCTIVO Y PLAZOS EMPLEADOS POR EL EJECUTOR DEL PROYECTO	40
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
4.1 ANALISIS DE CARGAS.....	42
4.1.1 Análisis de cargas proceso de cimbrado - descimbrado	45
4.1.2 Análisis de cargas proceso de cimbrado – clareado - descimbrado.....	54
4.1.3 Análisis de cargas proceso de cimbrado – recimbrado - descimbrado	65
4.2 ANALISIS DE TIEMPOS	75
4.2.1 Análisis de plazos proceso de cimbrado – descimbrado	79
4.2.2 Análisis de plazos proceso de cimbrado – clareado – descimbrado	86
4.2.3 Análisis de plazos proceso de cimbrado – recimbrado – descimbrado.....	94
4.3 COMPARACIÓN PROCESOS CONSTRUCTIVOS ESTUDIADOS	102
4.3.1 Gráficos comparativos procesos de CD – CCD	102
4.3.2 Gráficos comparativos procesos de CCD – CRD	104
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	106
4.4.1 Equipos auxiliares	108
4.4.2 Personal administrativo	115
4.4.3 Personal operativo	116
4.4.4 Mano de obra subcontratista	117
4.4.5 Otros equipos.....	119
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN ...	122
5.1 TRASMISION DE CARGAS	122
5.2 CALCULO DE PLAZOS	123
5.3 ANALISIS ECONOMICO	123

5.4	APORTE ORIGINAL DE LA TESIS DE MESTRIA	124
5.5	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	124
	REFERENCIAS	126

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistemas tradicionales	4
Figura 2. Sistemas Industrializados.	4
Figura 3. Construcción Industrializada.	5
Figura 4. Sistemas tipo túnel.	5
Figura 5. Proceso de cimbrado y descimbrado.	6
Figura 6. Proceso de cimbrado y descimbrado	7
Figura 7. Proceso de cimbrado, clareado y descimbrado	7
Figura 8. Operación de cimbrado y descimbrado para $n=3$	9
Figura 9. Coeficientes de carga en entrepisos y puntales para 2 pisos consecutivos apuntalados	10
Figura 10. Coeficientes de carga en entrepisos y puntales para 3 pisos consecutivos apuntalados	10
Figura 11. Coeficientes de carga para puntales y entrepisos, considerando variación del módulo de elasticidad	11
Figura 12. (a) Hormigoniado ultimo entrepiso, b) Descimbrado primer entrepiso.	12
Figura 13. Operaciones de (a) Hormigoniado ultimo entrepiso, (b) Clareado último entrepiso,	15
Figura 14. Resumen Nuevo Procedimiento Simplificado.	18
Figura 15. Fases del Proyecto	25
Figura 16. Equipo Auxiliar utilizado	26
Figura 17. Componentes equipo auxiliar. (1) Cercha, (2) Camilla, (3) Puntal, (4) Testero, (5) Tijera,	28
Figura 18. Superficie del puntal debidamente pulida	29
Figura 19. Procedimiento pegado de bandas extensométricas	30
Figura 20. Conexión bandas al sistema de adquisición de datos	31
Figura 21. Montaje para el ensayo de un puntal	31
Figura 22. Deformación unitaria puntales 1 y 2.	32
Figura 23. Ensayos evolución del concreto	33

Figura 24. Ubicación proyecto objeto de estudio.	34
Figura 25. Corte fachada del edificio.	35
Figura 26. Corte planta edificio.	36
Figura 27. Resumen determinación de plazos	38
Figura 28. Operaciones realizadas para el cimbrado	43
Figura 29. Operaciones realizadas para el clareado	44
Figura 30. Operaciones realizadas para el recimbrado	44
Figura 31. Operaciones realizadas para el descimbrado	45
Figura 32. Proceso de CD, para un juego de equipo apuntalado	45
Figura 33. Proceso de CD, para dos juegos de equipo apuntalados consecutivos	47
Figura 34. Proceso de CD, para tres juegos de equipos apuntalados consecutivos	49
Figura 35. Proceso de CD, para cuatro juegos de equipos apuntalados consecutivos	52
Figura 36. Proceso de CCD, para un juego de equipos apuntalado	54
Figura 37. Proceso de CCD, para dos juegos de equipos apuntalados consecutivos	56
Figura 38. Proceso de CCD, para tres juegos de equipos apuntalados consecutivos	59
Figura 39. Proceso de CCD, para cuatro juegos de equipos apuntalados consecutivos	62
Figura 40. Proceso de CRD, para un juego de equipos apuntalados	65
Figura 41. Proceso de CRD, para dos juegos de equipos apuntalados	67
Figura 42. Proceso de CRD, para tres juegos de equipos apuntalados	70
Figura 43. Proceso de CRD, para tres juegos de equipos apuntalados	72
Figura 44. Operaciones realizadas para el vaciado	76
Figura 45. Operaciones realizadas para el clareado	76
Figura 46. Operaciones realizadas para el recimbrado	77
Figura 47. Operaciones realizadas para el descimbrado	77
Figura 48. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-1J	80
Figura 49. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-2J	81
Figura 50. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-3J	83
Figura 51. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-4J	85

Figura 52. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-1J	86
Figura 53. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-2J	88
Figura 54. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-3J	90
Figura 55. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-4J	92
Figura 56. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-1J	94
Figura 57. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-2J	96
Figura 50. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-3J	98
Figura 59. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-4J	100
Figura 60. Gráfico comparativo cargas entrepiso 2, CD-CCD	103
Figura 61. Gráfico comparativo carga puntales entrepiso 2, CD-CCD	103
Figura 62. Gráfico comparativo carga entrepiso, CD-CCD	104
Figura 63. Gráfico comparativo cargas puntales entrepiso 2, CD-CCD.	105
Figura 64. Ejemplo CD.	107
Figura 65. Ejemplo CCD.	108
Figura 66. Ejemplo CRD	108

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación de resultados NPS (Calderón et al., 2011) vs Duan y Chen, 1995	17
Tabla 2. Relación de resistencias en función de la resistencia a compresión del hormigón (Considerando	19
Tabla 3. Descripción equipo auxiliar	26
Tabla 4. Características bandas extensométricas	29
Tabla 5. Resultados evolución propiedades del concreto	31
Tabla 6. Resultados evolución propiedades del concreto	33
Tabla 7. Evolución porcentual de las propiedades del concreto	34
Tabla 8. Resistencia de diseño a la compresión elementos estructurales	36
Tabla 9. Resistencia de diseño a la compresión elementos estructurales	37
Tabla 10. Descripción cuadrillas utilizadas por el subcontratista	39
Tabla 11. Presupuesto mensual personal operativo	39
Tabla 12. Presupuesto mensual personal administrativo	39
Tabla 13. Valor diario equipo auxiliar	40
Tabla 14. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-1J	46
Tabla 15. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-2J	47
Tabla 16. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-3J	50
Tabla 17. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-4J	52
Tabla 18. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-1J	54
Tabla 19. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-2J	56
Tabla 20. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-3J	59
Tabla 21. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-4J	62
Tabla 22. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CRD-1J	66
Tabla 23. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CRD-2J	68
Tabla 24. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CRD-3J	70

Tabla 25. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CRD-4J	72
Tabla 26. Ejemplo explicativo tablas de resultados	78
Tabla 27. Resultados de plazos proceso de CD-1J – Vano central	80
Tabla 28. Resultados de plazos proceso de CD-1J – Vano de esquina	80
Tabla 29. Resultados de plazos proceso de CD-2J – Vano de central	82
Tabla 30. Resultados de plazos proceso de CD-2J – Vano de esquina	82
Tabla 31. Resultados de plazos proceso de CD-3J – Vano de central	83
Tabla 32. Resultados de plazos proceso de CD-3J – Vano de esquina	84
Tabla 33. Resultados de plazos proceso de CD-4J – Vano de central	85
Tabla 34. Resultados de plazos proceso de CD-4J – Vano de esquina	85
Tabla 35. Resultados de plazos proceso de CCD-1J – Vano de central	87
Tabla 36. Resultados de plazos proceso de CCD-1J – Vano de esquina	87
Tabla 37. Resultados de plazos proceso de CCD-2J – Vano de central	89
Tabla 38. Resultados de plazos proceso de CCD-2J – Vano de esquina	89
Tabla 39. Resultados de plazos proceso de CCD-3J – Vano de central	91
Tabla 40. Resultados de plazos proceso de CCD-3J – Vano de esquina	91
Tabla 41. Resultados de plazos proceso de CCD-4J – Vano de central	93
Tabla 42. Resultados de plazos proceso de CCD-4J – Vano de esquina	93
Tabla 43. Resultados de plazos proceso de CRD-1J – Vano de central	95
Tabla 44. Resultados de plazos proceso de CRD-1J – Vano de esquina	95
Tabla 45. Resultados de plazos proceso de CRD -2J – Vano de central	97
Tabla 46. Resultados de plazos proceso de CRD -2J – Vano de esquina	97
Tabla 47. Resultados de plazos proceso de CRD -3J – Vano de central	99
Tabla 48. Resultados de plazos proceso de CRD -3J – Vano de esquina	99
Tabla 49. Resultados de plazos proceso de CRD -4J – Vano de central	101
Tabla 50. Resultados de plazos proceso de CRD -4J – Vano de esquina	101
Tabla 51. Plazos requeridos para la ejecución de 8 entrepisos procesos CD, CCD y CRD	106
Tabla 52. Costos equipo auxiliar para el área total de la placa 714 m ²	109

Tabla 53. Tiempo de uso equipos Edificio objeto de estudio	109
Tabla 53. Costo alquiler del equipo edificio objeto de estudio	109
Tabla 55. Tiempo de utilización equipo CD-2J	110
Tabla 56. Tiempo de utilización equipo CD-3J	110
Tabla 57. Tiempo de utilización equipo CD-4J	110
Tabla 58. Resumen tiempo de utilización equipo CD	111
Tabla 59. Tiempo de uso CCD 2J	111
Tabla 60. Tiempo de uso CCD 3J	111
Tabla 61. Tiempo de uso CCD 4J	112
Tabla 62. Resumen tiempo de utilización equipo CCD	112
Tabla 63. Tiempo de uso CRD 2J	112
Tabla 64. Tiempo de uso CRD 3J	113
Tabla 65. Tiempo de uso CRD 4J	113
Tabla 66. Tiempo de uso CRD 4J	113
Tabla 67. Valor total de alquiler de acuerdo al proceso estudiado	114
Tabla 68. Valor total de alquiler de acuerdo al proceso estudiado	114
Tabla 69. Relación porcentual entre costos reales pagados y obtenidos para los diferentes procesos	114
Tabla 70. Costos personal administrativo	115
Tabla 71. Valor personal administrativo por proceso	115
Tabla 72. Relación porcentual costos reales y obtenidos para persona administrativo	116
Tabla 73. Costo personal operativo	116
Tabla 74. Costo personal operativo por proceso	117
Tabla 75. Relación porcentual costos reales y obtenidos para persona administrativo	117
Tabla 76. Costos Mano de obra subcontratista	118
Tabla 77. Costo por proceso subcontrato mano de obra	118
Tabla 78. Utilidad Operativa de acuerdo al proceso y número de juegos	118
Tabla 79. Valor total alquiler torregrua	119
Tabla 80. Valor total alquiler torregrua de acuerdo al proceso	119

Tabla 81. Relación alquiler de torregrua	119
Tabla 82. Valor total costos personal y equipo de acuerdo al proceso	120
Tabla 83. Porcentaje de ahorro con respecto al valor real pagado por la constructora para 8 pisos	120

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país, las operaciones constructivas relacionadas con los procesos de cimbrado y descimbrado en sistemas aporricados, están basadas principalmente en la experiencia del constructor, dejando de un lado el análisis técnico de estos procesos. Lo anterior se fundamenta en la falta de precisión en el conocimiento general de este tipo de operaciones durante la etapa de construcción, lo que en la mayoría de casos da como resultado, mayores plazos, y por ende mayores costos para la implementación de este tipo de sistemas constructivos.

Según análisis de La Cámara Colombia de La Construcción (CAMACOL), para el periodo comprendido entre los años 2008 y 2012, se evidenció que el sistema tradicional en Colombia, presentó la mayor participación en el mercado de la construcción, definiéndolo así como el sistema constructivo de preferencia para los colombianos (Coordinada Urbana, 2012). Dentro de los aspectos más relevantes que influyen en la selección de este sistema, se encuentra la optimización de los espacios internos, facilidad en diseños arquitectónicos, facilidad para ejecución de reformas sin compromiso de la estabilidad estructural, entre otras.

En otros estudios de CAMACOL realizados al sector, se define a la estructura como uno de los capítulos de obra de mayor peso económico dentro del presupuesto de ejecución (Coordinada Urbana, 2012), lo anterior hace que los procesos utilizados para la construcción, tengan gran incidencia económica dentro de los proyectos. Lo anterior motiva a buscar herramientas que permitan la optimización de los costos asociados a construcción de la estructura. Por otro lado, al revisar la normativa existente relativa a los procesos constructivos de cimbrado y descimbrado en estructuras de concreto, se encuentra que es muy general y no se precisa metodología alguna para dar cumplimiento a los requerimientos que cada una de las normas establece. Adicionalmente no se dan recomendaciones claras para determinar los plazos de descimbrado, ni como calcular las cargas entre puntales y entrepisos durante el proceso constructivo.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que la seguridad de la estructura durante el proceso constructivo es de los factores más importantes para la determinación de los plazos de construcción, se vuelve indispensable conocer cómo se transmiten las cargas entre puntales y entrepisos durante estos procesos ya que de esta manera se garantiza la seguridad tanto de la estructura como del personal en obra. En la búsqueda de un procedimiento analítico que permitiera determinar las cargas entre puntales y entrepisos, se encontraron métodos que aunque presentaban similitudes en algunos aspectos, consideraban diferentes hipótesis. Con el fin de utilizar una metodología idónea para el presente estudio, se realizó revisión bibliográfica en la que se encontró la tesis doctoral “Estudio de la evolución de cargas en entrepisos y Estructuras auxiliares de apuntalamiento durante la construcción de edificios de hormigón in situ mediante procesos de cimbrado, clareado y descimbrado de plantas consecutivas” (Gash, 2012), en la que se realizó un estudio comparativo de diversos métodos simplificados de cálculo para la transmisión de cargas, y se concluyó que “El *Nuevo Procedimiento Simplificado* (Calderón et al., 2011) es el método que mejor estima la transmisión de cargas entre entrepisos y puntales durante

un proceso constructivo de cimbrado, clareado y descimbrado de edificios con entrepisos consecutivos de hormigón in situ.”

Por lo anterior el *Nuevo Procedimiento Simplificado* (Calderón et al., 2011), será el método analítico utilizado para la determinación de las cargas entre puntales y entrepisos, datos de entrada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general con el cual se pretende alcanzar el presente trabajo de investigación se describe a continuación:

Evaluar el beneficio económico de la aplicación del Nuevo Procedimiento Simplificado, reflejado en los plazos de construcción en edificaciones de pisos sucesivos.

Los objetivos específicos a continuación, serán guía en el cumplimiento del objetivo general:

- Caracterizar los diferentes factores que intervienen en la estimación de plazos de construcción de edificaciones de entrepisos sucesivos de concreto.
- Estimar las cargas y plazos de construcción, para diferentes alternativas de procesos constructivos, de edificaciones de pórticos en concreto reforzado y placa aligerada para uso residencial, empleando el Nuevo Procedimiento Simplificado.
- Determinar los costos de ejecución para diferentes alternativas de procesos constructivos, de edificaciones de pórticos en concreto reforzado y placa aligerada, para uso residencial.

1.2 SÍNTESIS

El presente trabajo de investigación está compuesto de un capítulo 2, correspondiente a los antecedentes y estado del arte, donde se presentan conceptos que fueron requeridos durante el desarrollo de la investigación, los cuales son de vital importancia en la toma de decisiones para la determinación el cálculo de las diferentes variables. En el capítulo 3 se presenta la Metodología utilizada para el desarrollo del estudio, donde de manera detallada se muestran las diferentes actividades realizadas en cada una de las fases definidas en el cumplimiento de los objetivos planteados. El capítulo 4 presenta los resultados obtenidos en cuanto al cálculo de cargas, nuevos plazos para cada proceso constructivo y resultados de la evaluación económica realizada, igualmente se realiza un análisis comparativo de estos resultados. En el capítulo 5 mediante conclusiones se expone el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio del presente trabajo y se presentan diferentes líneas de interés para futuros trabajos de investigación.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

Este capítulo presenta al lector una idea general acerca de los conceptos que se abarcan en desarrollo del presente trabajo de investigación, tales como: sistemas y procesos constructivos, metodologías simplificadas para el cálculo de transmisión de cargas, criterios empleados para el descimbrado y normatividad vigente.

2.1 SISTEMAS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES

En la actualidad, los sistemas constructivos para edificaciones más utilizados en Colombia requieren de un equipo de apuntalamiento o equipos auxiliares que soporten las cargas derivadas de la construcción, mientras que el concreto de los entrepisos adquiere la resistencia necesaria para soportar su propio peso. Estos equipos auxiliares están compuestos de cerchas, camillas, puntales, testeros y tijeras. La construcción de este tipo de sistemas, requiere a su vez de procesos que permitan cumplir adecuadamente con el objetivo principal del equipo auxiliar, por esta razón en la actualidad existen diferentes procesos constructivos, como el cimbrado – descimbrado, cimbrado - recimbrado – descimbrado y el cimbrado – clareado – descimbrado. El criterio para escoger uno de estos procesos depende de las condiciones particulares de cada edificación.

2.1.1 Sistemas constructivos

Los sistemas constructivos de cimbrado para edificaciones de mayor participación en el mercado de la construcción colombiana se describen a continuación:

2.1.1.1 Sistemas tradicionales o aporticados

Como se muestra en la Figura 1, el sistema tradicional o aporticado consiste en pórticos compuestos de zapatas, vigas y columnas, lo cuales se conectan mediante nudos rígidos, complementando su estructura mediante muros divisorios en mampostería o elementos de concreto, sus entrepisos son losas en concreto reforzado las cuales pueden ser aligeradas o macizas.

Dentro de las características más representativas de este sistema se encuentran: durabilidad, edificios de mayores alturas, optimización de espacios, facilidad para ejecución de mejoras al interior de la edificación, experiencia en el sistema constructivo, óptimo para alturas mayores de 4 pisos, grandes tiempos de ejecución, bajos rendimientos y mayores costos asociados que otros sistemas.

Para la construcción de este tipo de edificaciones se cuenta con un sistema de cimbrado el cual se considera como elementos estructurales que soporta las cargas derivadas del concreto y demás cargas de construcción, mientras que el concreto adquiere la edad y resistencia requerida para soportarlas.



Figura 1. Sistemas tradicionales
Fuente: Constructora Marquis, 2013

2.1.1.2 *Sistemas industrializados*

Los sistemas constructivos industrializados, se crearon como una alternativa para una construcción más limpia, eficiente, con mano de obra menos especializada entre otras. En los sistemas industrializados se tiene un mayor control de los plazos y en general la ruta crítica está compuesta por los acabados de la estructura.

Según Mac Donnel (1999), la construcción industrializada se compone de sistemas cerrados o abiertos tal como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Sistemas Industrializados.
Fuente: Adaptado de Manual de Vivienda Industrializada, Página 25.

En Colombia, la construcción industrializada se basa principalmente en sistemas cerrados para edificios los cuales se componen de paneles prefabricados tal como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Construcción Industrializada.

Fuente: Imagen extraída de <http://www.100milviviendasgratis.gov.co/publico/Micrositio.aspx?Id=33>

Dentro de la construcción industrializada se encuentran el sistema tipo cajón o tipo túnel, el cual genera grandes rendimientos en obra y aprovechamiento de la mano de obra teniendo en cuenta la mayor participación de equipos en este sistema como el caso de la torre grúa, la cual se encarga de instalar el equipo tipo túnel para el posterior vaciado del concreto. Este sistema es de construcción in situ y está compuesto por formaleta metálica reutilizable, la cual produce muros y placas macizas en concreto, con la utilización de mallas electrosoldadas (ver Figura 4).



Figura 4. Sistemas tipo túnel.

Fuente: Tomado de <http://www.civil.cicloides.com/estructurales/2.3.2/>.
Recuperado en 2 de Septiembre de 2014.

2.1.2 Procesos constructivos

Durante la construcción de un edificio mediante sistema tradicional, se pueden realizar diferentes operaciones constructivas tales como el cimbrado, recimbrado, clareado y descimbrado. El cimbrado es la operación previa al vaciado del concreto la cual consiste en la colocación del encofrado, las cerchas y los puntales. La operación de recimbrado consiste en la desinstalación del sistema de cimbrado de un entrepiso, para que así se redistribuyan las cargas en los entrepisos. Posteriormente se aseguran nuevamente los puntales, los cuales ayudarán con los incrementos de cargas debido a la construcción de los pisos superiores. El clareado consisten en retirar el 50% del encofrado y puntales instalados en el entrepiso, lo anterior al poco tiempo de haber fundido el entrepiso. En esta operación es indispensable garantizar el contacto de los puntales que permanecen en el entrepiso con la estructura.

Por último y como su nombre lo indica, el descimbrado consiste en la retirada total del sistema de apuntalamiento del entrepiso, operación que se lleva a cabo una vez el entrepiso tenga las condiciones mínimas para soportar su propio peso e incrementos futuros por la ejecución de pisos superiores. Una vez se descimbra el entrepiso el equipo es preparado nuevamente para su instalación en un nuevo piso.

De las operaciones constructivas enunciadas se obtienen los procesos constructivos que se componen de su combinación como se indica a continuación (Alvarado, 2009).

2.1.2.1 Proceso de cimbrado y descimbrado (CD)

En adelante CD. En este proceso únicamente participan dos (2) operaciones, la primera correspondiente a la instalación del sistema de descimbrado (enconrado, cerchas, puntales, etc.,) previo al vaciado del concreto y la segunda la cual consiste en la desinstalación del equipo auxiliar una vez se cumpla con los criterios mínimos de descimbrado, momento en el cual este equipo podrá ser utilizado en plantas superiores (Ver Figura 5).



Figura 5. Proceso de cimbrado y descimbrado.

Fuente: Extraída de <http://www.altag.net/desempleo-en-construccion-sera-16/>. Recuperado en 1 de Octubre de 2014

2.1.2.2 Proceso de cimbrado, recimbrado y descimbrado (CRD)

En adelante CRD. Este proceso consiste en descimbrar los entrepisos para que de esta manera se logren redistribuir las cargas en los entrepisos. Posteriormente se apuntala nuevamente la planta garantizando el contacto de los puntales con la estructura, de manera que estos ayuden con los nuevos incrementos de cargas por la construcción de pisos superiores (Ver Figura 6.).



Figura 6. Proceso de cimbrado y descimbrado

Fuente: (Alvarado, 2009)

2.1.2.3 Proceso de cimbrado, clareado y descimbrado (CCD)

En adelante CCD. Este proceso consiste en retirar el 50% del equipo auxiliar, permitiendo que este sea utilizado en un piso superior. Este proceso disminuye los tiempos de estos procesos en general. Este proceso es de especial cuidado puesto que se debe garantizar que el 50% del equipo que queda apuntalado, tenga un contacto adecuado con la estructura (Ver Figura 7).



Figura 7. Proceso de cimbrado, clareado y descimbrado

Fuente: (Alvarado, 2009)

2.2 TRANSMISIÓN DE CARGAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

Diferentes autores como Grundy y Kabaila (1963), Duan y Chen (1995), Calderón et al., entre otros, han analizados la transmisión de cargas que se presentan durante la construcción de un edificio. Esta transmisión de cargas se ha abordado de diferentes maneras empleando modelación

numérica compleja como métodos de elementos finitos y otros autores han propuesto metodologías simplificadas las cuales han sido modeladas experimentalmente.

El presente trabajo de investigación considera los métodos simplificados principales que han sido empleados para el cálculo de cargas entre entrepisos y puntales.

2.2.1 Método Simplificado de Grundy y Kabaila (1963)

Las cargas generadas durante procesos constructivos, fueron investigadas inicialmente por Nielsen (1952), estas investigaciones desarrollaron en su momento un análisis teórico de la interacción en cuanto a cargas entre el equipo de cimbrado y los entrepisos. Como consideraciones para el presente análisis se asume que tanto los entrepisos como los puntales cuentan con comportamiento elástico, los efectos de retracción y fluencia del concreto son despreciables y los momentos de torsión y las fuerzas de cortante sobre el encofrado son despreciables (Alvarado 2009).

Una vez fue publicado el primer método simplificado por Grundy y Kabaila (1963), se logró conocer la evolución de las cargas durante el proceso constructivo. Dentro de la consideración de este método se encuentran:

- Igual rigidez de los entrepisos inferiores conectados con puntales a los que se transmite la carga del nuevo entrepiso. Aun cuando la rigidez de los entrepisos es diferente, la variación del módulo elástico del concreto, tiene un crecimiento acelerados a edades iniciales, lo que lleva a considerar que el módulo de elasticidad de los entrepisos es similar.
- Se considera infinita la rigidez de los puntales, comparándola con la flexibilidad de los entrepisos.
- La cimentación es infinitamente rígida.
- Se desprecia los efectos de retracción y fluencia del concreto.
- Las cargas que llegan a los puntales se distribuyen uniformemente en los entrepisos.

En el proceso de CD, son consideradas las etapas de vaciado del último entrepiso y el descimbrado del entrepiso inferior, la Figura 8 muestra estas etapas para un número consecutivo de plantas apuntaladas $n=3$.



Figura 8. Operación de cimbrado y descimbrado para n=3

Fuente: (Alvarado, 2009)

Para la operación de cimbrado, si se tienen n plantas cimbradas, cuando se funde el último entrepiso, su peso propio q (kN/m^2) equivalente a su propio peso y a las sobrecargas de construcción, se distribuye entre los n entrepisos inferiores, correspondiendo a cada uno de ellos lo que se muestra en la Ec. 1.

$$\frac{q}{n} \text{ kN/m}^2 \quad \text{Ec. 1}$$

Una vez se descimbrada la planta inferior, la diferencia entre la carga total q_1 (kN/m^2), y su peso propio q (kN/m^2), se reparte entre los n entrepisos superiores correspondiendo a cada uno de ellos, que indica la Ec. 2.

$$\frac{q_1 - q}{n} \text{ kN/m}^2 \quad \text{Ec. 2}$$

De acuerdo con lo anterior, se cuenta con coeficientes de carga, los cuales se obtienen de la relación entre cargas de construcción y el peso propio del entrepiso. Por medio de la utilización de estos coeficientes se logran calcular las cargas actuantes en los entrepisos y puntales en las operaciones de cimbrado y descimbrado (Alvarado, 2009).

La Figura 9 y la Figura 10, muestran los coeficientes de cargas para los casos de 2 y 3 juegos consecutivos de puntales, se considera un ciclo vaciado del concreto de d días por entrepiso y d_1 para descimbrar cada entrepiso el cual incluye el montaje del equipo auxiliar en el piso superior.

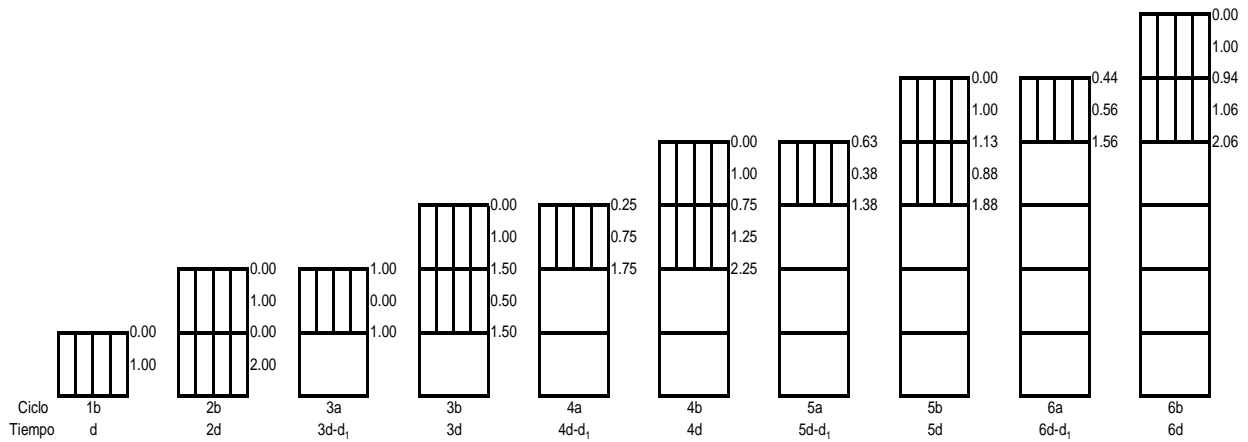


Figura 9. Coeficientes de carga en entrepisos y puntales para 2 pisos consecutivos apuntalados

Fuente: (Alvarado, 2009)

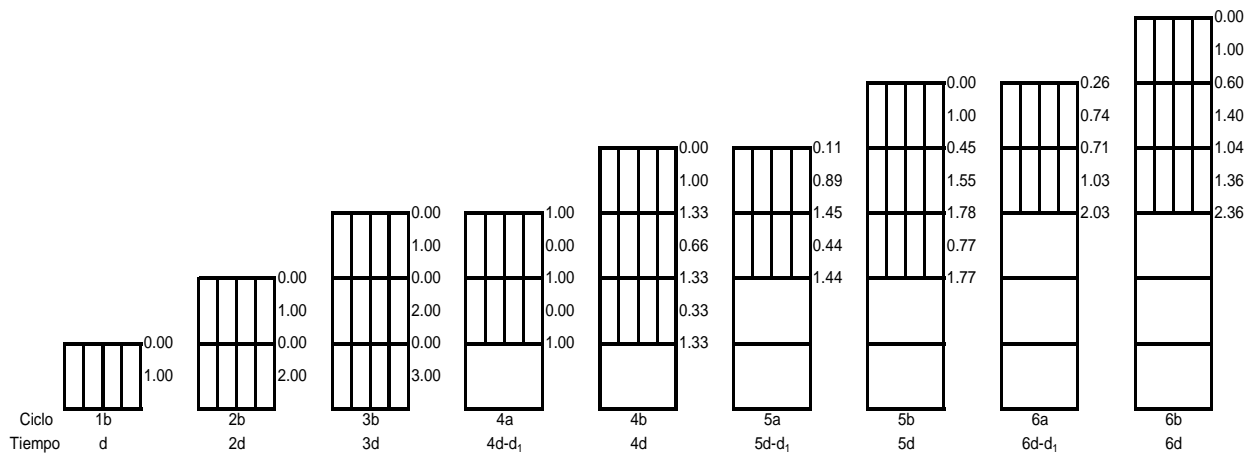


Figura 10. Coeficientes de carga en entrepisos y puntales para 3 pisos consecutivos apuntalados

Fuente: (Alvarado, 2009)

En la Figura 11, se muestran los coeficientes de las operaciones de cimbrado y descimbrado para 3 pisos consecutivos apuntalados $n = 3$, calculados por Grundy y Kabaila (1963), donde se considera que la carga no se distribuye equitativamente entre los entrepisos colaborantes, se hace en proporción a sus rigideces y definiendo un ciclo de construcción de una semana por planta ($d = 7$ y $d_l = 2$ días). Se supone que la situación de los entrepisos corresponde a no fisuración o fisuración reducida, con lo cual equivale a hacer el reparto de las cargas en proporción a los valores del módulo de elasticidad del hormigón a las distintas edades.

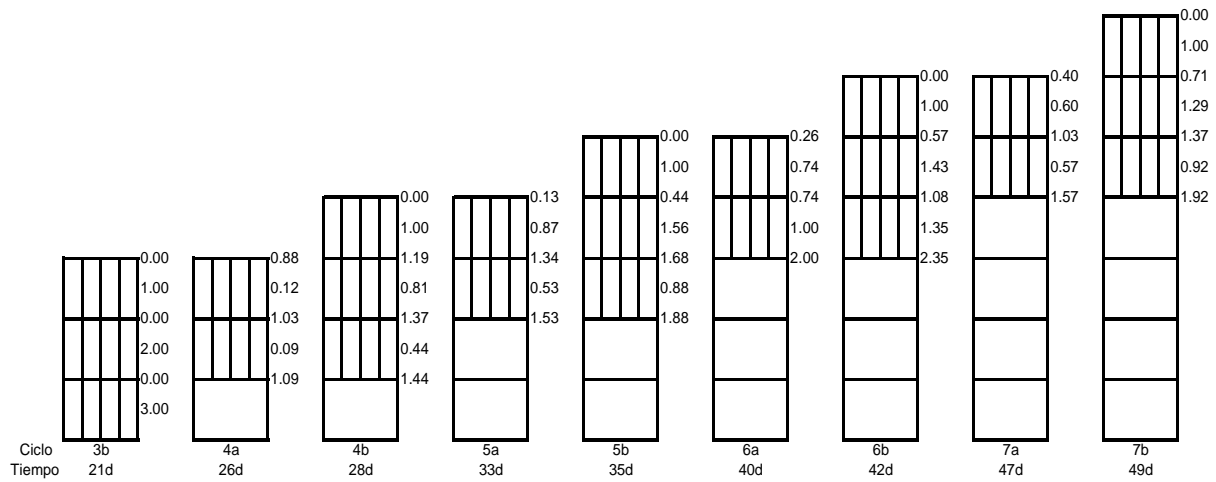


Figura 11. Coeficientes de carga para puntales y entrepisos, considerando variación del módulo de elasticidad
Fuente: (Alvarado, 2009)

Como claramente se ve en la Figura 10 y la Figura 11, Grundy y Kabaila, considera que la variación del módulo de elasticidad tiene una influencia despreciable en el reparto de cargas en los procesos de cimbrado y descimbrado (Alvarado, 2009).

2.2.2 Método Simplificado mejorado de Duan y Chen (1995)

En el año 1995, Duan y Chen en búsqueda de un método que de igual manera que Grundy y Kabaila (1963), no requiriera de software especializado de análisis estructural, desarrollo el Método Simplificado Mejorado en el cual su hipótesis más importante es considerar a los puntales como elementos con rigidez finita a diferencia de Grundy y Kabaila (1963), quienes consideraron rigidez infinita de los puntales en su modelo.

En la Figura 12, se muestra la discretización estructural de las operaciones de hormigonado y descimbrado consideradas por Duan y Chen (1995), donde P es el peso propio del entrepiso recién hormigonado (n), el cual se distribuye entre los entrepisos inferiores hormigonados previamente y conectados mediante puntales.

La Ec. 3, muestra los incrementos de carga en los puntales F_j , producidos por las cargas de los forjados P_j .

$$\begin{aligned}
 F_1 &= P_1, F_2 = P_1 + P_2, \dots, F_j \\
 &= P_1 + P_2 + \dots + P_j, \dots, F_n \\
 &= P_1 + P_2 + \dots + P_n = P
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 3}$$

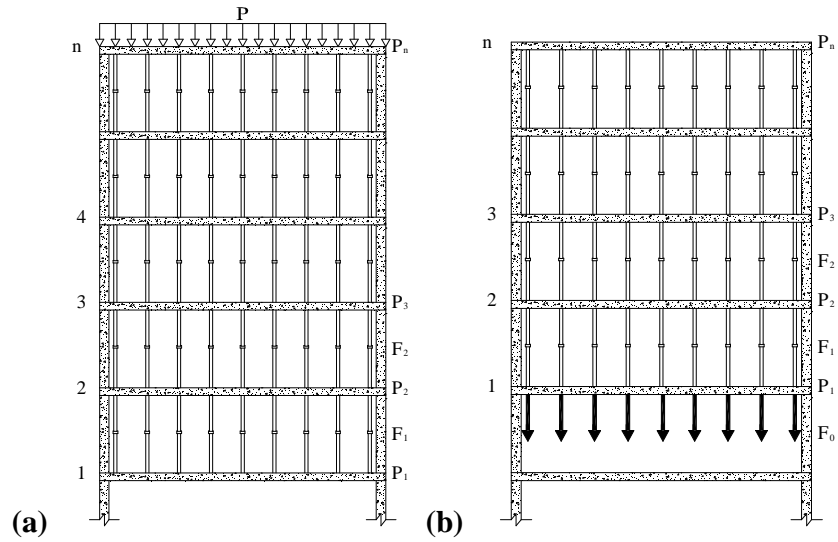


Figura 12. (a) Hormigoniado ultimo entrepiso, b) Descimbrado primer entrepiso.

Fuente: (Alvarado, 2009)

Duan y Chen (1995), asumen que las cargas transmitidas a los puntales se distribuyen uniformemente, de esta manera calcularon que la deformación de los puntales ubicados en la parte central, es igual a la deformación media de los puntales ubicados en el mismo nivel. De acuerdo con lo anterior una vez se aplica la compatibilidad de desplazamientos para la parte central de los entrepisos ubicados en j y $j-1$ se tiene lo especificado en la Ec. 4.

$$\Delta_j = \Delta_{j-1} + \Delta_{sh,j-1} \quad \text{Ec. 4}$$

Δ_j y Δ_{j-1} , son las flechas en el centro de los entrepisos j y $j-1$ respectivamente. $\Delta_{sh,j-1}$ corresponde a la deformación media de los puntales ubicados en el nivel $j-1$. Sustituyendo deformaciones por esfuerzos, expresando las cargas en puntales en función de las solicitaciones en los forjados, se tiene lo expresado en la Ec. 5 se tiene:

$$K_j \cdot P_j = K_{j-1} \cdot P_{j-1} + K_{sh,j-1} (P_1 + P_2 + \dots + P_{j-1}) \quad \text{Ec. 5}$$

Los factores K se definen como deformaciones del elemento estructural bajo la acción de una carga unitaria ya sea entrepiso o puntal. Para el cálculo de estos factores se emplean las siguientes expresiones (Ec. 6 – Entrepisos; Ec. 7 - Puntales).

$$K_j = \gamma \cdot \frac{L^2}{E_j \cdot I} \quad \text{Ec. 6}$$

$$K_{sh,j-1} = \frac{H}{E_{sh} \cdot A} \quad \text{Ec. 7}$$

γ es un coeficiente que depende de las condiciones de contorno y la relación largo ancho del forjado. E_j el módulo de elasticidad de los entrepisos y E_{sh} es el módulo de elasticidad de los puntales. L es la longitud del vano más largo del forjado e I el momento de inercia del forjado suponiendo un ancho unitario. H es la altura de los puntales y A el área de todos los puntales.

Una vez calculados los coeficientes K de forjados y puntales, se definen los incrementos de carga entre dos forjados consecutivos, tal como se expresa en la Ec. 8:

$$\begin{aligned} \alpha_{2\ 1} = \frac{P_2}{P_1} &= \frac{K_1}{K_2} + \frac{K_{sh}}{K_2}, \alpha_{3\ 2} = \frac{P_3}{P_2} = \frac{K_2}{K_3} + \frac{K_{sh}}{K_3} \left(1 + \frac{1}{\alpha_{2\ 1}}\right), \alpha_{4\ 3} = \frac{P_4}{P_3} \\ &= \frac{K_3}{K_4} + \frac{K_{sh}}{K_4} \left(1 + \frac{1}{\alpha_{3\ 2}} + \frac{1}{\alpha_{2\ 1} \cdot \alpha_{3\ 2}}\right), \dots, \alpha_{n\ n-1} = \frac{P_n}{P_{n-1}} \\ &= \frac{K_{n-1}}{K_n} + \frac{K_{sh}}{K_n} \left(1 + \frac{1}{\alpha_{n-1\ n-2}} + \frac{1}{\alpha_{n-1\ n-2} \cdot \alpha_{n-2\ n-3}} + \dots\right) \end{aligned} \quad \text{Ec. 8}$$

El peso propio P del entrepiso recién hormigonado se reparte entre los entrepisos inferiores conectados por puntales, cumpliendo lo expresado en la Ec. 9.

$$\sum_{j=1}^n P_j = P \quad \text{Ec. 9}$$

De acuerdo con lo anterior las solicitaciones de carga en los entrepisos, se pueden calcular de acuerdo a expresado en la Ec. 10 y la Ec. 11.

$$P_1 = \frac{P}{1 + \alpha_{2\ 1} + \alpha_{2\ 1} \cdot \alpha_{3\ 2} + \alpha_{2\ 1} \cdot \alpha_{3\ 2} \cdot \alpha_{4\ 3} + \dots + \alpha_{2\ 1} \cdot \alpha_{3\ 2} \cdot \alpha_{n-1\ n-2}} \quad \text{Ec. 10}$$

$$P_j = \alpha_{j\ j-1} \cdot P_{j-1} \quad \text{Ec. 11}$$

El descimbrado resulta equivalente a aplicar una fuerza equivalente de igual magnitud que las fuerzas transmitidas por los puntales retirados y en sentido descendente. Así, las formulas

aplicadas para el descimbrado son similares al hormigonado, teniendo en cuenta que la transmisión de cargas se realiza en sentido contrario. Según lo anterior, la Ec. 12 y Ec. 13, muestra los incrementos de carga en los entrepisos P_j y F_j incrementos de carga en los puntales.

$$F_1 = -(P_2 + P_3 + \dots + P_n), F_2 = -(P_3 + P_4 + \dots + P_n), \dots, \quad \text{Ec. 12}$$

$$F_j = -(P_{j+1} + P_{j+2} + \dots + P_n), \dots, F_{n-1} = -P_n$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = F_0 \quad \text{Ec. 13}$$

Las ecuaciones de compatibilidad de desplazamientos son similares tanto para la operación de hormigonado como para el descimbrado. De esta manera, la carga transmitida por los puntales retirados se reparte entre los entrepisos superiores cimbrados, validando la Ec. 13.

Con este método simplificado se logra determinar los incrementos de carga en las operaciones de hormigonado y descimbrado.

Del estudios desarrollado por Duan y Chen (1995) se concluye:

- El método simplificado propuesto por Grundy y Kabaila subestima las solicitaciones de los entrepisos, teniendo en cuenta su hipótesis de considerar a los puntales como elementos con rigidez infinita.
- El método de Grundy y kabaila (1963), se recomienda utilizar en casos en que relación de rigidez entrepiso puntal sea menor de 0.40. Para los demás casos es más ajustado Duan y Chen (1995).
- Grundy y Kabaila (1963), se recomienda para unas rigideces de entrepiso puntal menores que 0.20, para los demás los casos el método simplificado de Duan y Chen (1985).

2.2.3 Nuevo Procedimiento Simplificado (Calderón et al., 2011)

El más reciente estudio con respecto a métodos simplificados para la estimación de cargas entre entrepisos y puntales la desarrollo Calderón et al (2011), este estudio fue dirigido al proceso constructivo de CCD y ha sido validado tanto numérica como experimentalmente por Alvarado (2009).

El Nuevo Procedimiento Simplificado en adelante NPS, de igual manera que Duan y Chen (1995), dentro de su hipótesis considera a los puntales como elementos de rigidez finita así como considera la compatibilidad de deformaciones entre entrepisos y puntales durante el proceso constructivo. Este método se destaca por permitir estimar la carga en cualquiera de los puntales

bajo el entrepiso, permitiendo así determinar deformaciones y cargas medias sobre puntales y entrepisos.

Las hipótesis contempladas para el desarrollo del NPS se nombran a continuación:

- Variación del módulo de elasticidad con el tiempo de los elementos de hormigón.
- Cimentación infinitamente rígida.
- El modelo es incremental. Considera la acumulación de cargas y desplazamientos.
- Puntales como elementos con un comportamiento elástico y de rigidez finita.
- Cargas transmitidas por los puntales a los forjados son uniformemente distribuidas.
- Deformación del entrepiso en cualquier punto coincide con la del puntal situado en ese punto. Así, la deformación media del entrepiso coincide con la deformación media de los puntales dispuestos bajo este entrepiso.
- Diferentes condiciones de contorno del forjado, estimando su deformabilidad mediante la aplicación del método de Scanlon y Murray (1982).
- Efectos de retracción y fluencia despreciables.

La Figura 13, muestra la discretización estructural para las fases de hormigonado, clareado y descimbrado, donde Q es el peso propio del entrepiso recién hormigonado (n).

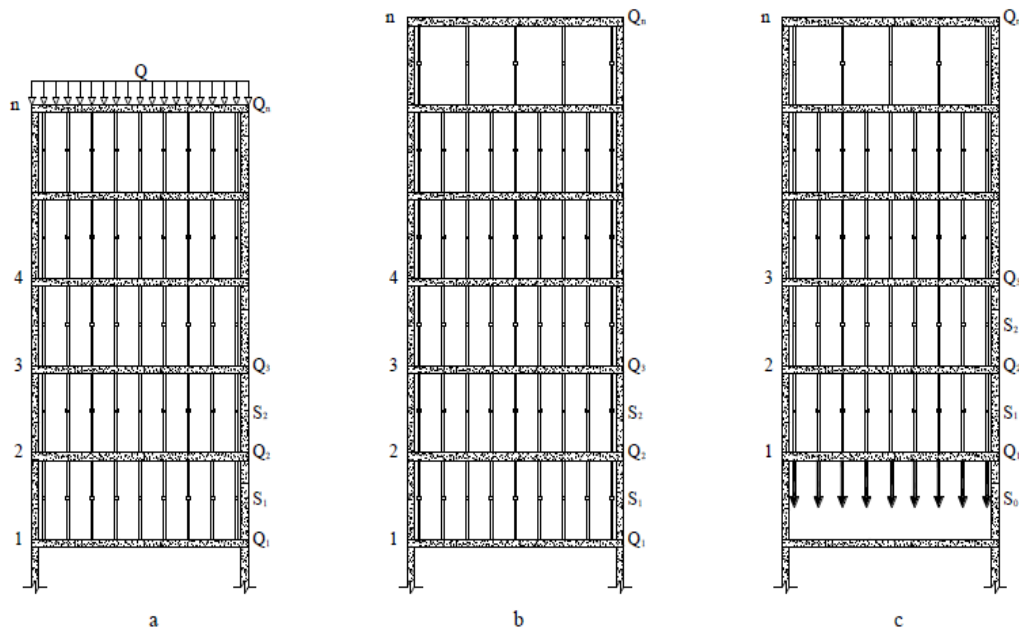


Figura 13. Operaciones de (a) Hormigoniado último entrepiso, (b) Clareado último entrepiso, (c) Descimbrado primer entrepiso.

Fuente: (Gash, 2012)

Los incrementos de carga en los puntales S_j , producidos por los incrementos de cargas en los entrepisos en las operaciones de hormigonado y clareado se obtienen de las siguientes expresiones:

$$S_1 = Q_1, \quad S_2 = Q_1 + Q_2, \dots, S_j = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_j, \dots, S_n = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots + Q_n \quad \text{Ec. 14}$$

Asumiendo que las cargas transmitidas a los puntales son uniformemente distribuidas, se tiene que la deformación media del entrepiso coincide con la deformación media de los puntales dispuestos bajo dicho entrepiso. De esta forma aplicando compatibilidad de desplazamientos para la deformación media de los entrepisos ubicados en j y $j-1$ se tiene:

$$\bar{\Delta}_j = \bar{\Delta}_{j-1} + \bar{\Delta}_{sh,j-1} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde $\bar{\Delta}_j$ y $\bar{\Delta}_{j-1}$, son las flechas medias de los entrepisos j y $j-1$ respectivamente y $\bar{\Delta}_{sh,j-1}$ la deformación media de los puntales ubicados en el nivel $j-1$.

Transformando las deformaciones en esfuerzos, expresando las cargas en puntales en función de los incrementos medios de carga producidos en un entrepiso \bar{Q}_j , se tiene la Ec. 16:

$$\bar{K}_j * \bar{Q}_j = \bar{K}_{j-1} * \bar{Q}_{j-1} + \bar{K}_{sh,j-1} * (\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 + \dots + \bar{Q}_{j-1}) \quad \text{Ec. 16}$$

Donde los factores K se definen como las deformaciones del elemento estructural bajo la acción de una carga unitaria ya sea del entrepiso o del puntal. A partir de la Ec. 16, se pueden definir los ratios de carga entre dos entrepisos consecutivos así:

$$\begin{aligned} \alpha_{2,1} = \frac{\bar{Q}_2}{\bar{Q}_1} &= \frac{\bar{K}_1}{\bar{K}_2} + \frac{K_{sh}}{\bar{K}_2}, \alpha_{3,2} = \frac{\bar{Q}_3}{\bar{Q}_2} = \frac{\bar{K}_2}{\bar{K}_3} + \frac{K_{sh}}{\bar{K}_3} \left(1 + \frac{1}{\alpha_{2,1}}\right), \alpha_{4,3} = \frac{\bar{Q}_4}{\bar{Q}_3} \\ &= \frac{\bar{K}_3}{\bar{K}_4} + \frac{K_{sh}}{\bar{K}_4} \left(1 + \frac{1}{\alpha_{3,2}} + \frac{1}{\alpha_{2,1} \cdot \alpha_{3,2}}\right), \dots, \alpha_{n,n-1} = \frac{\bar{Q}_n}{\bar{Q}_{n-1}} \\ &= \frac{\bar{K}_{n-1}}{\bar{K}_n} + \frac{K_{sh}}{\bar{K}_n} \left(1 + \frac{1}{\alpha_{n-1,n-2}} + \frac{1}{\alpha_{n-1,n-2} \cdot \alpha_{n-2,n-3}} + \dots\right) \end{aligned} \quad \text{Ec. 17}$$

Por otro lado, el incremento de carga que se produce en una nueva fase de hormigonado o clareado se reparte entre los entrepisos inferiores conectados por puntales, cumpliendo con lo expresado en la Ec. 18.

$$\sum_{j=1}^n \bar{Q}_j = Q \quad \text{Ec. 18}$$

Así, los incrementos de carga en los entrepisos que se producen en las fases de hormigonado o clareado se pueden calcular por medio de la Ec. 19 y la Ec. 20:

$$\overline{Q}_1 = \frac{Q}{1 + \alpha_{21} + \alpha_{21} \cdot \alpha_{32} + \alpha_{21} \cdot \alpha_{32} \cdot \alpha_{43} + \dots + \alpha_{21} \cdot \alpha_{32} \cdot \alpha_{n-1} \cdot \alpha_{n-2}} \quad \text{Ec. 19}$$

$$\overline{Q}_j = \alpha_{j,j-1} * \overline{Q}_{j-1} \quad \text{Ec. 20}$$

La operación de descimbrado resulta equivalente a la aplicación de una fuerza equivalente en sentido descendente con la misma magnitud que las fuerzas transmitidas por los puntales retirados. Así, las formulas aplicadas para el descimbrado son similares al hormigonado y al clareado, teniendo en cuenta que la transmisión de cargas se realiza en sentido contrario.

La Tabla 1, muestra los resultados obtenidos aplicando el *NPS* (Calderón et al., 2011) al edificio experimental desarrollado por Alvarado (2009), estos resultados sin comparados con los resultados obtenidos aplicando el *Método Simplificado Mejorado* (Duan y Chen, 1995).

Tabla 1. Comparación de resultados NPS (Calderón et al., 2011) vs Duan y Chen, 1995

Etapas de Construcción	Nivel	NPS (Calderón et al.)	Método Simplificado Mejorado (Duan y Chen)
Hormigoniado Nivel 1	1	5,64	5,64
Clareado Nivel 1	11	4,23	4,51
Hormigoniado Nivel 2	2	5,64	5,64
	1	8,36	8,91
Clareado Nivel 2	2	3,48	4,40
	1	6,47	7,90
Descimbrado Nivel 1	2	1,02	0,79
Hormigoniado Nivel 3	3	5,64	5,64
	2	3,12	3,33
Clareado Nivel 3	3	3,08	3,27
	2	2,02	2,26
Carga Nivel 3	3	5,75	6,49
	2	3,38	3,67
Descimbrado Nivel 2	3	4,34	4,79

Fuente: (Gash, 2012)

De la tabla anterior lo autores concluyen que las estimaciones realizadas con el *Método Simplificado Mejorado* (Duan y Chen, 1995), en la mayoría de las operaciones constructivas sobreestiman las cargas en puntales. Esto es debido a considerar que la deformación media del conjunto de puntales bajo un forjado coincide con la deformación de un puntal situado en el centro del vano. El *Nuevo Procedimiento Simplificado* (Calderón et al., 2011) presenta un mejor grado de ajuste que los dos métodos simplificados estudiados para el edificio estudiado (Gash, 2012). En la Figura 14, se presenta el resumen del nuevo procedimiento simplificado, en el cual se presentan los datos de entrada necesarios y las formulaciones requeridas para el cálculo de las cargas.

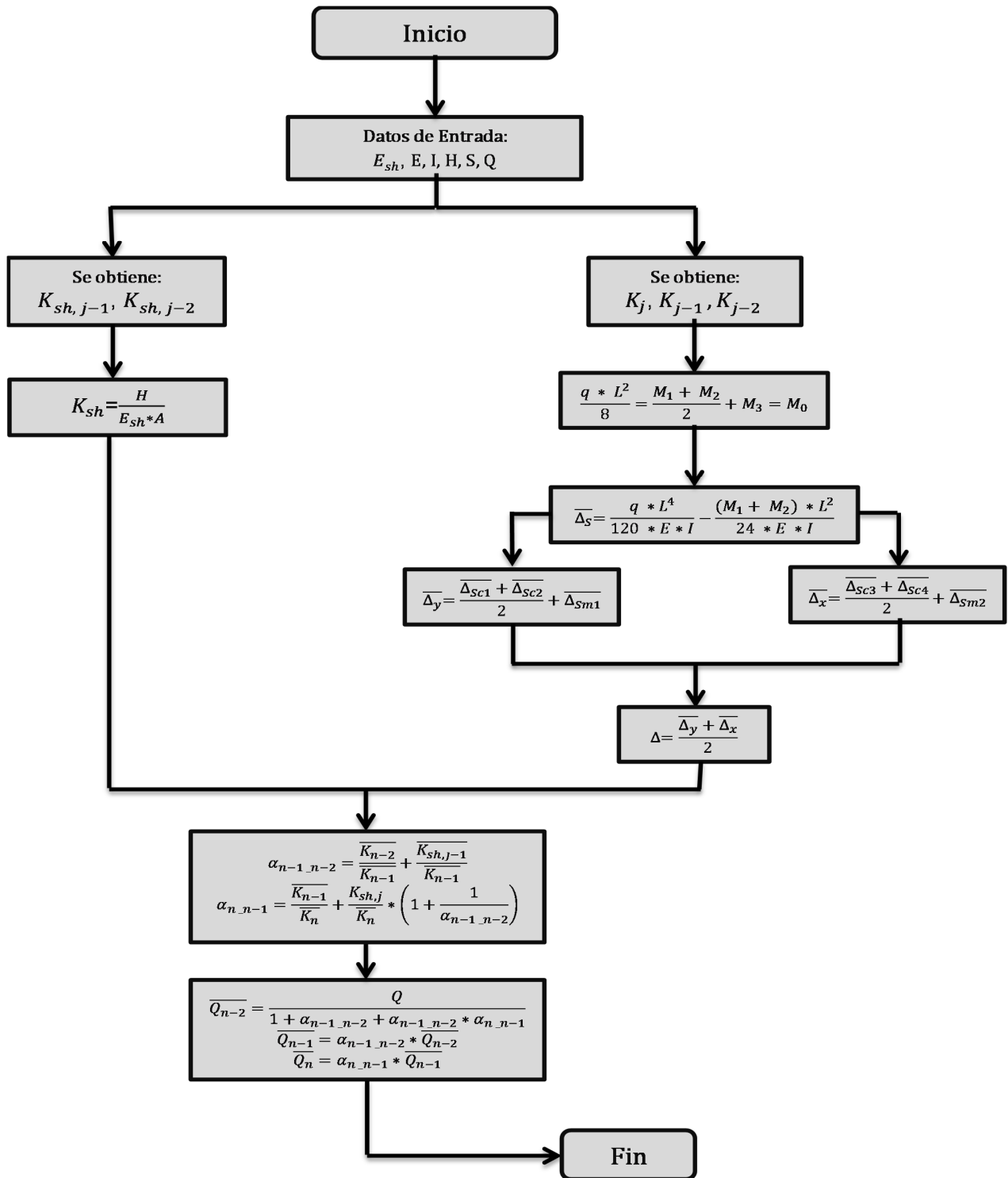


Figura 14. Resumen Nuevo Procedimiento Simplificado.
Fuente: Extraída de (Calderón, 2011)

2.3 CRITERIOS DE DESCIMBRADO

La definición de los plazos de descimbrado, obedece principalmente al momento en el que el concreto obtiene la resistencia requerida para soportar esfuerzos a los cuales se ve sometida una estructura en construcción. La evolución del concreto a su resistencia mecánica a edades tempranas, depende del tipo de mezcla y la temperatura.

En el presente capítulo muestra el método definido para el presente trabajo de investigación, el cual permiten determinar el plazo requerido para que el concreto obtenga la resistencia necesaria para descimbrar el entrepiso. Igualmente se presentan recomendaciones de normas nacionales e internacionales para determinar los plazos de descimbrado.

2.3.1 Método propuesto por Calavera (1981) y Fernández (1986)

Como producto de una amplia investigación, este método fue publicado por Calavera en el año 1981, posteriormente fue validado experimentalmente por Fernández Gómez en 1986, en la validación experimental se determinó que el método no es solo válido para entrepisos sino también en elementos de concreto sometidos a flexión.

La Tabla 2, muestra en función de la compresión del concreto, su evolución en resistencias a compresión, tracción, corte y punzonamiento y flexión, según leyes teóricas establecidas por EHE.

Tabla 2. Relación de resistencias en función de la resistencia a compresión del hormigón (Considerando la relación pésima, que se obtiene para el hormigón de menor resistencia para edificación según la EHE, $f_{ck} = 25$ MPa.)

Relación a Compresión $\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}}$	Tracción, Adherencia y Rasante $\sqrt[3]{\left(\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}}\right)^2}$	Corte y Punzonamiento $\left(\sqrt{\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}}}\right)^{\frac{1}{3}}$	Flexión		Deformaciones $\left(\frac{f_{c,j} + 8}{f_{c,28} + 8}\right)^{\frac{1}{3}}$
			Cuantía Baja	Cuantía Alta	
0	0	0	0	0	-
0.25	0.40	0.63	0.81	-	0.75
0.50	0.63	0.79	0.94	0.85	0.85
0.75	0.83	0.91	0.99	0.88	0.93
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: (Calavera J, 2002)

Como se evidencia en la Tabla 2, la evolución de la resistencia del concreto que resulta crítica es la resistencia a tracción indirecta, la cual resulta condicionante, teniendo en cuenta que de evolución dependen las resistencias a flexión entre otras.

También se puede observar como la evolución del módulo de deformaciones (inversamente proporcional a las deformaciones), es inclusive más rápido que la tracción del concreto, siendo este criterio el más restrictivo. Por esta última razón es la evolución de la tracción indirecta del concreto el condicionante principal en el proceso de descimbrado.

Es decir que si la carga actuante sobre el entrepiso al descimbrar es $\alpha \cdot p$, considerando a p como la carga total del edificio (peso propio más cargas permanentes y sobrecargas), el entrepiso únicamente podrá ser descimbrado cuando la tracción indirecta del concreto cumpla lo expresado en la Ec. 21.

$$f_{ckt,j} \geq \alpha * f_{ckt,28} \quad \text{Ec. 21}$$

La EHE permite que el factor de mayoración de cargas durante la construcción (γ'_{fg}), se reduzca no siendo menor a 1,25, considerando que se trata de una etapa transitoria.

Calavera (2002) propone los siguientes valores dependientes del nivel de control:

$$\gamma'_{fg} = 1.30 \text{ para obras con control de ejecución intenso.}$$

$$\gamma'_{fg} = 1.35 \text{ para obras con control de ejecución normal.}$$

$$\gamma'_{fg} = 1.40 \text{ para obras con control de ejecución reducido.}$$

De esta manera la Ec. 21, se complementa así:

$$f_{ckt,j} \geq \alpha * \frac{\gamma'_{fg}}{\gamma_{fg}} \cdot f_{ckt,28} \quad \text{Ec. 22}$$

La resistencia a la tracción indirecta del concreto a j días es $f_{ckt,j}$, la resistencia a tracción del hormigón a los 28 días es $f_{ckt,28}$, la relación entre la carga característica de construcción y la carga característica del forjado es α , el coeficiente de mayoración de acciones de la etapa de construcción es γ'_{fg} y el coeficiente de mayoración de acciones definido en el artículo 12 de la EHE es γ_{fg} .

2.3.2 Normativa actual para plazos de descimbrado

La normativa actual tanto nacional como internacional coinciden en los criterios generales para la ejecución del descimbrado, sin embargo estas no presentan metodologías para la determinación de cargas sobre los puntales durante la construcción de edificios.

Este numeral presenta los conceptos establecidos en diferentes normativas vigentes en cuanto a procesos de cimbrado y descimbrado.

2.3.2.1 Eurocódigo EC-2 (1992)

En su numeral 6.3.2.4. (Retirada de encofrados y andamiajes), el Eurocódigo define que los encofrados y cimbras deberán resistir las diferente solicitaciones a las que están expuestos durante le procesos constructivo.

Dentro de los criterios que define tener en cuenta en el momento de retirar el equipo auxiliar encontramos:

- Tensiones que se originan en el concreto cuando se retira el encofrado y las cimbras.
- Resistencia del concreto en el momento de la retirada.
- Clima y medidas adoptadas para proteger el concreto una vez que el encofrado haya sido retirado.

Igualmente se indica que al momento de retirada del equipo auxiliar el concreto deberá tener la resistencia suficiente para soportar las diferentes cargas a las que pueda exponerse.

En cuanto a periodos mínimos para el desencofrado recomienda lo siguiente:

- 2 días para las partes no cargadas en el encofrado (por ejemplo: encofrado vertical de vigas, pilares y muros).
- 5 días para el encofrado de losas hormigonadas in situ.
- 10 días para encofrados con cargas directas (por ejemplo Tablas de fondo de vigas o losas).

2.3.2.2 ACI 347 (*American Concrete Institute, Guide to formwork for concrete*) (2001)

ACI propone realizar un análisis racional en el cual se deberán tener en cuenta factores para la determinación del número de entrepisos cimbrados, como resultado de la construcción así como determinar las cargas transmitidas entre forjados y cimbras.

Dicho análisis considera:

- Análisis de las diferentes cargas y sobrecargas aplicadas en la estructura.
- Consideración de la carga permanente del concreto y del sistema de encofrado.
- Sobrecargas de construcción incluyendo los trabajos que se realicen sobre el forjado y los acopios de material que se puedan presentar.
- Resistencia de cálculo del concreto.
- El ciclo de tiempo del hormigonado de los forjados sucesivos.
- Resistencia requerida del concreto en el momento de apoyo de la cimbra para el hormigonado de forjados superiores.
- Distribución de las cargas en la estructura y en el sistema de cimbrado, en los momentos de hormigonado, descimbrado, recimbrado y desencofrado.
- Luces del entrepiso o de los miembros de la estructura que se encuentran cimbrados.
- Tipo del sistema de encofrado, dimensiones de los elementos de encofrado.
- Distribución individual de las cargas por puntal.

- Mínima edad del concreto para resistir las cargas de construcción y de cimbras para el hormigonado de forjados superiores.

En cuanto al proceso de ejecución de los procesos de cimbrado y descimbrado, hace un especial énfasis en las precauciones de seguridad, en el cimbrado y descimbrado de la estructura, y en cimbrado y recimbrado de entrepisos consecutivos.

Recomendaciones de seguridad:

ACI exige adecuados procedimientos constructivos los cuales deberán ser debidamente planificados para que de esta manera se pueda garantizar la seguridad del personal y la integridad final de la edificación.

Cimbrado:

Con respecto al cimbrado de la edificación, ACI exige lo expresado a continuación:

- La zona de apoyo de los puntales debe garantizar resistencia suficiente para el adecuado funcionamiento del equipo.
- Los puntales deben ser elementos rectos, los cuales deberán estar libres de daños y deformaciones..
- Debe garantizarse la estabilidad del sistema de cimbrado, para evitar deformaciones en la estructura por desplazamiento o caídas de puntales.

Retirada de encofrado y descimbrado:

Los criterios en relación al tiempo de descimbrado son:

- Se podrá determinar la resistencia del concreto en el momento de desencofrar, con ensayos en laboratorio o in-situ. Se deberán llevar un control del estado del tiempo al momento de fundir la placa así como en los tiempos de fraguado. De acuerdo a lo anterior se determinarán los plazos mínimos para la retirada de encofrados y cimbras.
- En el momento del desencofrado y descimbrado, no se deberán apreciar deformación o daños en el concreto proceso de retirada de encofrados y cimbra no se deben apreciar el en concreto ningún tipo de daños o deformaciones. El equipo auxiliar no debe retirarse hasta que las vigas, entrepisos, y muros, resistan su peso propio y sobrecarga alguna. La retirada de encofrados y cimbras debe ser un proceso seguro y progresivo permitiendo que el concreto asuma las cargas de una forma gradual y uniforme.
- Si no se especifica la resistencia mínima del concreto ni el tiempo mínimo de retirada de desencofrado y descimbrado, se pueden usar los siguientes valores teniendo en cuenta una temperatura ambiente de 10°C para forjados.

- 3 m.- de luz libre entre apoyos: 3 días
- 3-6 m. de luz libre entre apoyos: 4 días

- >6 m. de luz libre entre apoyos: 7 días

En caso de usar aditivos acelerantes el tiempo puede disminuir, según lo defina el director de obra.

Cimbrado y recimbrado de entrepisos consecutivos:

Con respecto a la transmisión de cargas durante el proceso constructivo, ACI, propone el cimbrado y recimbrado como operaciones para la transmisión de cargas entre entrepisos recientemente hormigonados donde establece que los sistemas de cimbrado y recimbrado de entrepisos consecutivos buscan la distribución de cargas de entrepisos recientemente hormigonados en los forjados inferiores. Estos forjados sin embargo no están diseñados para resistir estos esfuerzos, por esto las cargas deben ser distribuidas en el suficiente número de forjados con el fin de evitar excesos en esfuerzos y deformaciones.

Un método constructivo habitual es el del recimbrado, en donde cada uno de los niveles de recimbrado solo recibe la carga del forjado recién hormigonado y las posibles cargas de construcción que se presenten. El peso de los forjados intermedios es resistido por sí mismos. Se supone un comportamiento elástico de los forjados; esto quiere decir que los forjados interconectados por el recimbrado se comportan de igual forma ante el aumento o disminución de cargas. Realizando esta hipótesis se desprecian los posibles efectos que puedan llegar a tener la retracción y la fluencia del hormigón (Alvarado, 2009).

Algunas de las ventajas del recimbrado son:

- La totalidad del sistema de encofrado puede ser retirado en un pequeño lapso de tiempo y ser desplazado a otra área de trabajo.
- Los puntales solo asumen las cargas de construcción debido a que los forjados son capaces de asumir su peso propio.
- La combinación de sistemas de cimbrado y recimbrado suele dar como resultado un menor número de plantas apuntaladas lo que permite adelantos de trabajos en las plantas inferiores.

2.3.2.3 REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 CAPÍTULO C.6 – CIMBRAS Y ENCOFRADOS, EMBEBIDOS Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

El reglamento colombiano especifica los requisitos mínimos de desempeño de las cimbras y encofrados, necesarios para la seguridad y la salud pública. Las cimbras y encofrados para el concreto incluyendo su diseño construcción y remoción exigen el mejor criterio y una acertada planificación, con el fin de lograr cimbras y encofrados seguros.

Para determinar el tiempo de descimbrado deben considerarse las cargas de construcción y las posibles deflexiones.

La NSR-10, hace énfasis en lo especificados por ACI.

2.4 CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE

La necesidad de apoyar la cimbra en los entrepisos inferiores, puede generar en ocasiones que estos entrepisos se sometan a cargas superiores a las de diseño, por esta razón se hace necesario investigar cómo se transmiten las cargas entre el equipo de apuntalamiento y el entrepiso. Esta razón motivó a investigadores como Grundy y Kabaila, Duan y Chen y Calderón entre otros a desarrollar metodologías simplificadas para la determinación de cargas en puntales y entrepisos, que no requieran de la utilización de software avanzados de estructuras.

En 1963 Grundy y Kabaila propusieron un método simplificado, que gracias a su fácil aplicación aún es utilizado en la actualidad para la determinación de cargas en puntales y entrepisos, el cual en la mayoría de situaciones está en el lado de la seguridad. En investigaciones posteriores, autores como Duan y Chen (1995) y Calderón et al, 2011, desarrollaron modelos teóricos considerando a los puntales como elementos con rigidez finita, logrado estimar cargas entre puntales y entrepisos durante el proceso constructivo.

Una vez se establecen las sollicitaciones de carga para entrepisos durante su construcción, se obliga a corroborar la edad en la cual los entrepisos tienen la resistencia suficiente para resistir las diferentes cargas a las que se expone sin afectar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la obra. Por esta razón Calavera (1981), Fernández (1986) adoptan metodologías basadas en la evolución de la resistencia a la tracción indirecta y en la relación entre las cargas de construcción y las cargas de servicio para determinar la edad de descimbrado de un entrepiso.

Teniendo en cuenta el eventual desconocimiento técnico del gremio constructor colombiano en lo referente a estas metodologías y teniendo en cuenta la necesidad de reducir costos en la construcción tradicional, el presente estudio pretende mostrar para diferentes procesos constructivos el beneficio económico de emplear el NPS, siendo este método según (Gash, 2012), el método que presenta un mejor grado de ajuste.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

Este capítulo, presenta de manera general las diferentes fases llevadas a cabo en desarrollo del presente trabajo de investigación.

La Figura 15, muestra cada una de las fases del proyecto, las cuales sirvieron de guía para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados.

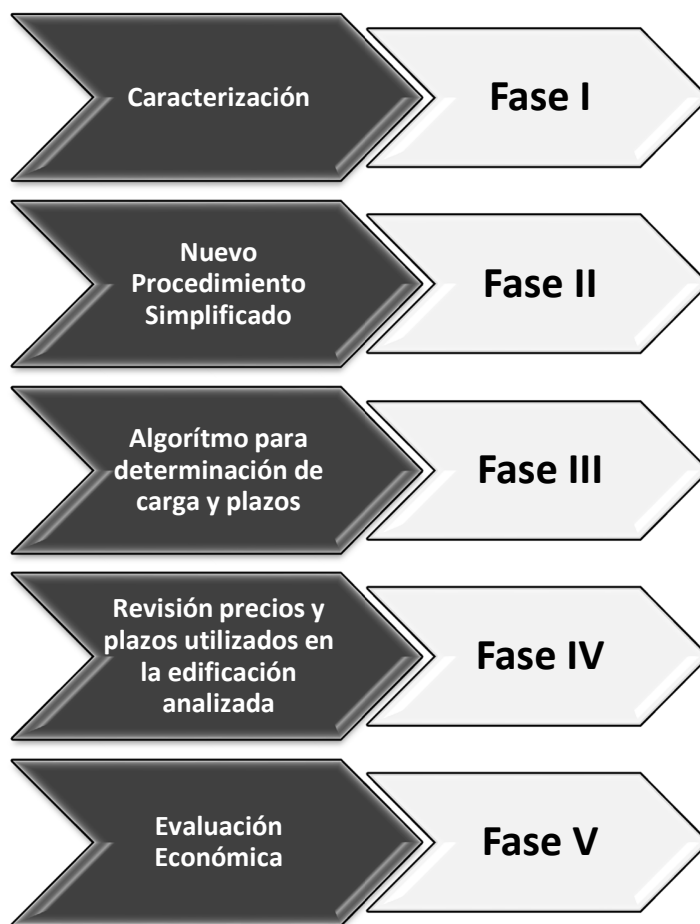


Figura 15. Fases del Proyecto

3.1 CARACTERIZACIÓN

La fase inicial de la investigación, contempló la caracterización de algunos de los elementos que intervienen en los procesos constructivos evaluados, los cuales hacen parte de los datos de entrada al algoritmo desarrollado del Nuevo Procedimiento Simplificado.

Con el fin de revisar la coherencia de los datos en cuanto a propiedades de los materiales suministrados por los proveedores de equipos auxiliares y de concreto, se realizaron diferentes pruebas de laboratorio, las cuales se presentan a continuación:

3.1.1 Caracterización equipos auxiliares

Esta actividad consistió en la definición y descripción de los elementos que componen el equipo auxiliar como camillas, cerchas, diagonales o riostras y puntales. Estos elementos se presentan en la Figura 16 y Figura 17.



Figura 16. Equipo Auxiliar utilizado

La Tabla 3, presenta la descripción de los componentes anteriormente enunciados:

Tabla 3. Descripción equipo auxiliar

Nombre	Medidas	Descripción
Cercha o Viga metálica	Su longitud varía entre 1.00m, 1.50 m y 3.00 m	Elemento diseñado para soportar cargas a flexión y a su vez convertir esfuerzos en cargas axiales dirigidas hacia los pares metálicos.
Camillas en madera	Su área es de 1.40m x 0.70m	Elemento en madera, entra en contacto directo con la estructura
Pares o puntales	Su longitud varía entre 1.70m y 5.50 m	Estructura en acero diseñada para soportar cargas axiales, tiene un uso fundamental dentro del sistema de encofrado ya que es el elemento que trasmite el peso de la estructura al suelo o terreno base.

Nombre	Medidas	Descripción
Testereros	Su área es de 1.40m x 0.40 m	Camillas cortas, sirven para encofrar el perímetro de la losa.
Diagonales o Tijeras	Se identifican por su peso, y se encuentran de 3kg y 6kg	Estos elementos se encargan de arriostrar el sistema.
Casetón reusable	Se identifican por su densidad. 13 +/- 1kg/m	Poliestireno expandido, auto extingible, ajustable a medidas de aligeramiento.

La Figura 17, presenta los componentes del equipo auxiliar, organizados de acuerdo al orden identificado en la Tabla 3.

(1)

(2)

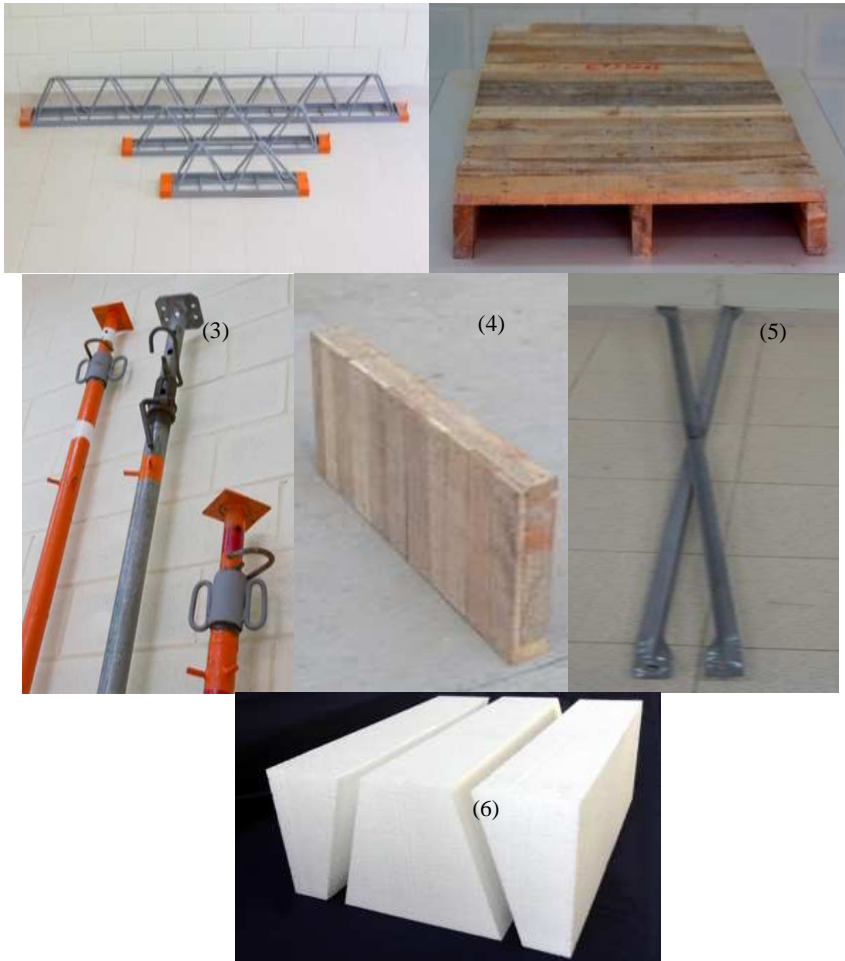


Figura 17. Componentes equipo auxiliar. (1) Cercha, (2) Camilla, (3) Puntal, (4) Testero, (5) Tijera, (6) Casetón reusable.

Fuente: Tomadas de <http://www.equinorte.co>.
Recuperado en 24 de Febrero de 2014.

Tomando en consideración la hipótesis que contempla el Nuevo Procedimiento Simplificado, en cuanto a definir a los parales como elementos con comportamiento elástico, se realizaron ensayos de compresión a dos (2) puntales suministrados por el proveedor de alquiler del equipo auxiliar

de la obra objeto de estudio. Los ensayos se realizaron con el fin de revisar la coherencia de la información suministrada por el proveedor en cuanto a su módulo de elasticidad. Para la realización del ensayo, se requirió de la preparación de los puntales e instrumentación de los mismos con bandas extensométricas, ubicadas de manera que se permitieran conocer de la manera correcta, los esfuerzos a los que son sometidos durante el ensayo.

A continuación se presenta el procedimiento de instrumentación realizado a cada uno de los puntales, el cual es de gran importancia para obtener resultados coherentes con la realidad del material.

- *Preparación superficie del puntal*

Con el fin de dejar libre de pintura la superficie donde se instalan las bandas extensométricas, se procedió a aplicar un líquido removedor de pintura, para dejar al descubierto el acero del puntal, tal como se muestran en la Figura 18.



Figura 18. Superficie del puntal debidamente pulida

- *Localización bandas extensométricas o galgas*

Las bandas utilizadas, son fabricadas por omega y sus características se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4. Características bandas extensométricas

Tipo	Resistencia	Factor de galga	Sensibilidad transversal	Rango de temperatura
6/120LY41-3-0.5M	120Ω±0.35%	Variable	-0.1%	-10...45°C

Previo a la instrumentación del puntal con las bandas y con el fin de garantizar su correcta instalación, se realizó el replanteo a una altura de 1.0 m. de la base del puntal, distribuidas a 120° en su perímetro.

Garantizando la correcta adherencia entre las bandas y la superficie del puntal, se procedió con la su limpieza utilizando una estopa con disolvente. Una vez limpia la superficie se adhirieron las

tres (3) bandas guardando la ubicación definida previamente. Para pegar las bandas se utilizó un pegante superadhesivo. La Figura 19 muestra el proceso desarrollado.



Figura 19. Procedimiento pegado de bandas extensométricas

Las bandas extensométricas, se conectaron a un cable prolongador, el cual se encargó de la comunicación con el sistema de adquisición de datos, tal como se muestran en la Figura 20.

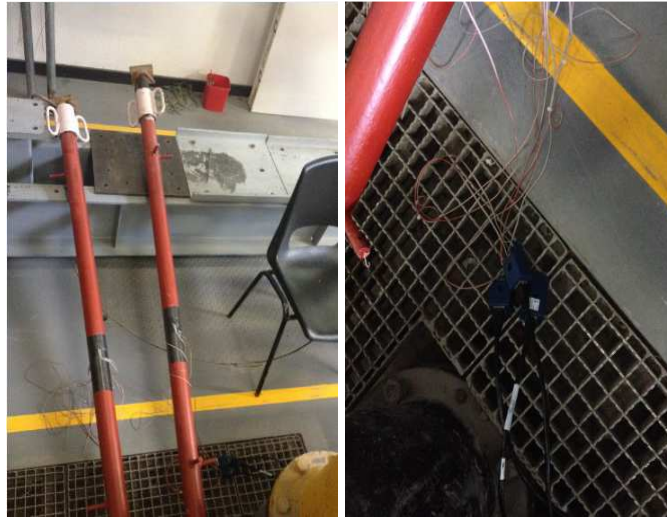


Figura 20. Conexión bandas al sistema de adquisición de datos

El ensayo para la determinación del módulo de elasticidad de los puntales consistió en la aplicación de una carga de compresión centrada a través de un actuador de carga MTS de 10 toneladas. Se aplicó carga al elemento sin llevarlo a su límite elástico. La carga máxima a la que fueron sometidos los puntales fue 20.000 N (Ver Figura 21).



Figura 21. Montaje para el ensayo de un puntal

Se empleó un software desarrollado en la plataforma LABVIEW por Yezid Alexander Alvarado Profesor de la Pontificia Universidad Javeriana para la adquisición de datos de deformaciones en las bandas extensométricas. Con el promedio de las deformaciones unitarias de las bandas, se procede con la determinación de la deformación unitaria que se presentó en el puntal. Con la información de la deformación unitaria y la carga máxima aplicada, se calcula el módulo de elasticidad.

Los resultados obtenidos para cada uno de los puntales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados evolución propiedades del concreto

Puntal No.	Carga Máxima aplicada	Deformación Unitaria	Módulo Elástico
1	20.064,54 N	0,019%	196,855 Mpa
2	20.046,00 N	0,016%	238,947 Mpa

La Figura 22, muestra las deformaciones unitarias obtenidas para los puntales 1 y 2 respectivamente.

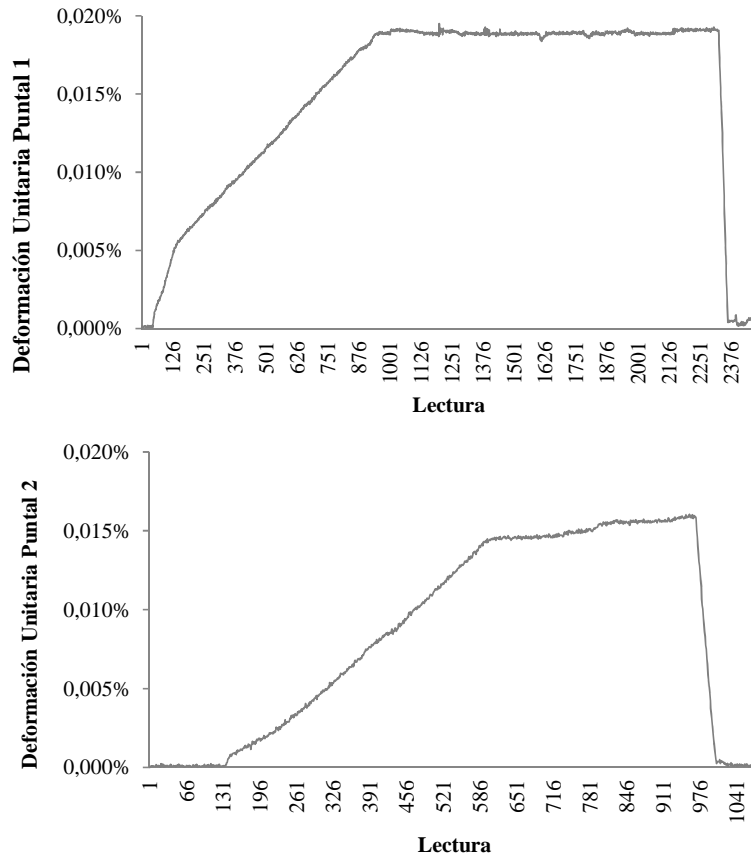


Figura 22. Deformación unitaria puntales 1 y 2.

3.1.2 Caracterización concreto

Adicionalmente a los ensayos para la revisión del módulo de elasticidad de los puntales, se realizaron ensayos de caracterización del concreto utilizado en la obra objeto de estudio. Estos ensayos se ejecutaron con el fin de revisar que la información de la evolución de las propiedades del concreto suministrada por los proveedores, fuera coherente. Se realizaron ensayos de resistencia a compresión, módulo de elasticidad, tracción indirecta y flexotracción, para las edades de 3, 7, 14 y 28 días (Ver Figura 23).



Figura 23. Ensayos evolución del concreto

La Tabla 6 y la Tabla 7, presentan el resumen de resultados de los ensayos de laboratorio realizados al concreto obtenidos para las edades definidas.

Tabla 6. Resultados evolución propiedades del concreto

Ensayo	Día	Resistencia Mpa
Compresión Simple (ASTMC39)	3	20.39
	7	25.23
	14	26.95
	28	31.64
Módulo de elasticidad (ASTMC469)	3	17609.00
	7	19589.00
	14	20247.00
	28	21937.00

Ensayo	Día	Resistencia Mpa
Tracción Indirecta(ASTM C496)	3	2.17
	7	2.28
	14	2.44
	28	3.06
Flexotracción (ASTM C78)	3	3.02
	7	3.30
	14	3.32
	28	4.19

Tabla 7. Evolución porcentual de las propiedades del concreto

Día	Compresión Simple	Módulo de elasticidad	Tracción Indirecta	Flexotracción
3	64%	80%	71%	72%
7	80%	89%	75%	79%
14	85%	92%	80%	79%
28	100%	100%	100%	100%

Teniendo en cuenta la Tabla 2, correspondiente a la relación de resistencias en función de la compresión del concreto, se considera la evolución de la resistencia del concreto a la tracción indirecta como la más crítica, razón por la cual se adopta este ensayo como condicionante del proceso de descimbrado, criterio propuesto por Calavera 1981 y Fernández 1986 (Ver numeral 2.3.1).

3.1.3 Caracterización de la edificación objeto de estudio

3.1.3.1 Descripción general

El edificio objeto de estudio, hace parte del macro proyecto “Vista al parque de Salitre”, compuesto de 8 torres de apartamentos de uso residencial construidas en sistema tradicional, ubicado en la carrera 60 entre calles 64 y 66, en el barrio modelo popular de la ciudad de Bogotá. (Ver Figura 24)



Figura 24. Ubicación proyecto objeto de estudio.

Fuente: Extraído de Google Maps. Recuperado en 28 de Marzo de 2014.

3.1.3.2 Geometría

El edificio en estudio corresponde a la torre No. 5, consta de 16 pisos (13 plantas y 3 sótanos). Todos los entrepisos se resolvieron mediante una placa aligerada con altura de 0.50 m y una torta superior de 0.05 m. La altura libre entre pisos es de 2.45 m y la altura libre en sótanos es 2.35 m.

La Figura 25 y la Figura 26 , muestran el corte en fachada y el corte en planta del edificio.

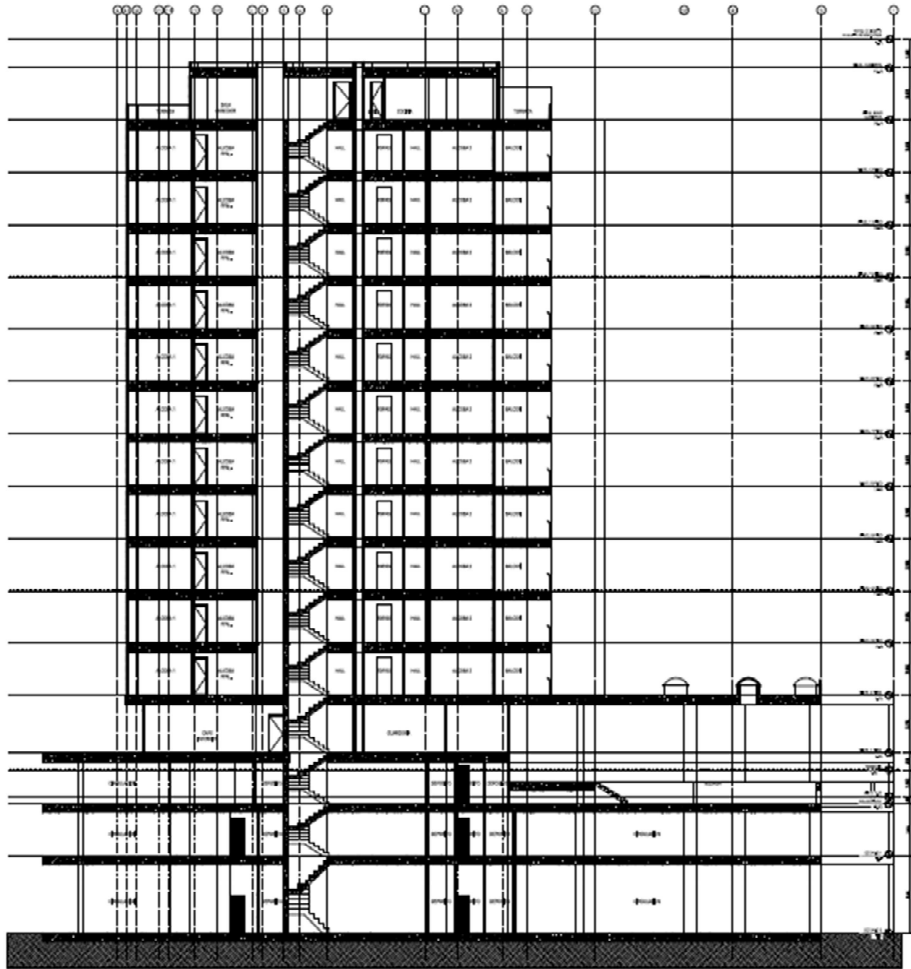


Figura 25. Corte fachada del edificio.
Fuente: Constructora Marquís, 2013

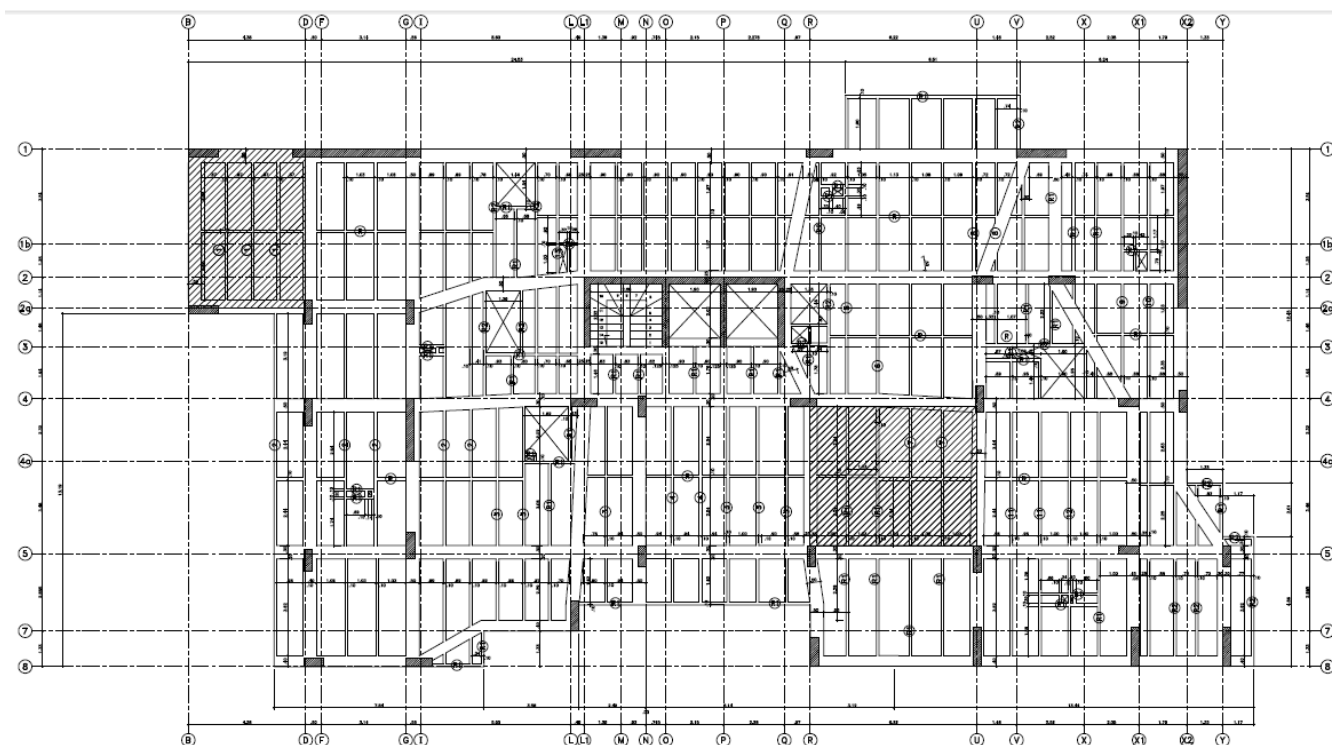


Figura 26. Corte planta edificio.

Fuente: Constructora Marquís, 2013

3.1.3.3 Materiales

La Tabla 8 relaciona las especificaciones del concreto utilizado en obra de acuerdo al elemento estructural.

Tabla 8. Resistencia de diseño a la compresión elementos estructurales

Elemento	Resistencia Característica a compresión
Cimentación	28 Mpa
Columnas	35 Mpa
Entrepisos	28 Mpa

Fuente: Constructora Marquís, 2013

3.1.3.4 Zona de estudio

Los vanos definidos para la determinación de cargas entre entrepisos y puntales, corresponden al vano central y al de esquina, sus zonas se prestan acotadas de la Figura 26.

En la Tabla 9, se muestran las dimensiones de cada vano.

Tabla 9. Resistencia de diseño a la compresión elementos estructurales

Vano	Dimensiones
Central	6,17 m x 5,5 m
Esquina	3,80 m x 5,63 m

Fuente: Constructora Marquís, 2013

3.2 ESTUDIO NUEVO PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO

Con el fin de tener un conocimiento a profundidad y un manejo adecuado sobre el Nuevo Procedimientos Simplificado, se procedió con su estudio detallado, el cual consiste en la teoría encontrada en el numeral 2.2.3.

3.3 ALGORÍTMO PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS Y PLAZOS

Una vez clara la teoría y las diferente hipótesis que contempla el NPS (ver Figura 14), se procedió con el cálculo de los plazos de descimbrado, teniendo en cuenta el método propuesto por Calavera (1981) y Fernández (1986) (ver numeral 2.3.1). La Figura 27, muestra el resumen del procedimiento empleado para el cálculo de plazos de descimbrado.

El gremio de la construcción Colombiana, utiliza con mayor frecuencia el proceso constructivo de cimbrado – descimbrado. Teniendo en cuenta que el objetivo principal del presente trabajo de investigación es evaluar el beneficio económico de la aplicación del NPS, este se aplica no solo al cimbrado – descimbrado, también se tienen en cuenta otros procesos enunciados en el numeral 2.1.2, correspondientes al cimbrado – recimbrado – describrado y cimbrado – clareado – descimbrado.

Adicionalmente el cálculo de cargas para cada proceso constructivo, contempló la revisión de cargas para diferente número de plantas consecutivas apuntaladas; 2, 3 y 4 juegos (plantas consecutivas apuntaladas comúnmente empleadas en la construcción de edificaciones).

Como se indica en la Figura 27, una vez determinadas las cargas y haciendo uso del NPS, se procede con la aplicación del método de Calavera (1981) y Fernández (1986), el cual contempla las curvas de evolución de las propiedades del concreto, posteriormente se procede con el cálculo de los plazos constructivos para cada uno de los procesos y número de juegos de puntales consecutivos definidos.

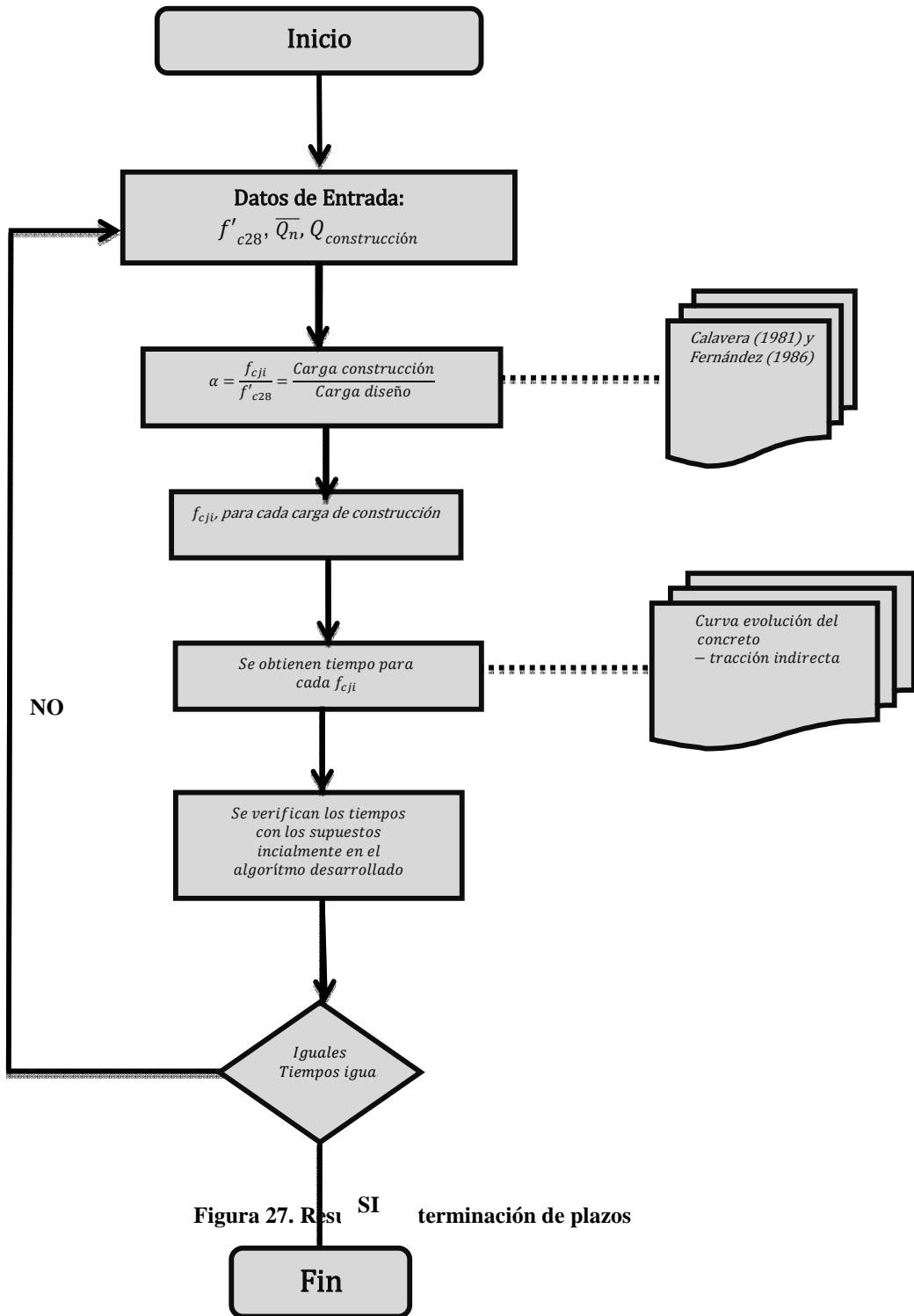


Figura 27. Rest SI terminación de plazos

3.4 REVISIÓN DE PRECIOS Y PLAZOS UTILIZADOS EN LA EDIFICACIÓN OBJETO DEL ESTUDIO

La constructora, proporcionó la información requerida relativa al presupuesto de ejecución de la obra y el proceso y plazos constructivos empleados.

3.4.1 Presupuesto de la obra

La información, corresponde únicamente a los costos y personal que interviene dentro de los procesos constructivos analizados, los cuales se indican a continuación:

La Tabla 10, describe el número de personas utilizadas por el subcontratista, para cada una de las actividades que componen los procesos constructivos.

Tabla 10. Descripción cuadrillas utilizadas por el subcontratista

Actividad	No. De personas	Observación
Carpinteros	16	Instalación de camillas, cerchas y puntales
Acero de refuerzo	14	Personal para el manejo e instalación del refuerzo
Aligeramiento	8	Personal para la instalación del icopor
Vaciado de concreto	8	-

Nota: El pago al subcontratista se hizo por metro cuadrado. Valor por m²: \$30.000

La Información aquí presentada fue suministrada por el constructor

La Tabla 11, presenta el personal operativo y valor mensual pagado por su trabajo durante la obra.

Tabla 11. Presupuesto mensual personal operativo

Personal/labor	Salario Mensual	Factor Prestacional	Total
Maestro general	\$ 2.500.000	1,582	\$ 3.955.000
Contra maestro	\$ 1.600.000	1,582	\$ 2.531.200
Ejero	\$ 1.100.000	1,582	\$ 1.740.200
Ayudante	\$ 700.000	1,582	\$ 1.107.400
		Total	\$ 9.333.800

Nota: El personal aquí descrito, tiene contrato por nómina. El factor prestacional corresponde a lo que paga el constructor por concepto de seguridad social y parafiscales del personal.

La Tabla 12, presenta el personal administrativo con su respectivo costo mensual.

Tabla 12. Presupuesto mensual personal administrativo

Personal/labor	Salario Mensual	Factor Prestacional	Total
Director de obra	\$ 8.080.000	1,39	\$ 11.231.200
Residente de obra	\$ 4.000.000	1,582	\$ 6.328.000
Residente SISOMA	\$ 1.500.000	1,582	\$ 2.373.000
Auxiliar SISOMA	\$ 1.000.000	1,582	\$ 1.582.000

Personal/labor	Salario Mensual	Factor Prestacional	Total
Almacenista	\$ 1.200.000	1,582	\$ 1.898.400
Ayudante de almacen	\$ 750.000	1,582	\$ 1.186.500
Secretaria	\$ 700.000	1,582	\$ 1.107.400
Vigilancia Privada 24 Horas	\$ 5.500.000	-	\$ 5.500.000
		Total	\$ 31.206.500

Nota: El personal aquí descrito, tiene contrato por nómina. El factor prestacional corresponde a lo que paga el constructor por concepto de seguridad social y parafiscales del personal. Se contrata el servicio de vigilancia privada como un contrato global. Precios 2013.

La Tabla 13, presenta el valor discriminado del alquiler del equipo auxiliar, por día.

Tabla 13. Valor diario equipo auxiliar

Concepto	Cantidad	Costo diario	Total
Camillas	798	\$ 150	\$ 119.700
Cerchas	245	\$ 110	\$ 26.950
Puntales	328	\$ 110	\$ 36.080
Guarderas	98	\$ 75	\$ 7.350
Tijeras	365	\$ 27	\$ 9.855
		Total	\$ 199.935

Nota: El valor diario de alquiler de equipo corresponde al área total de la placa de entepiso, es decir 714 m².

Fuente: Constructora Marquis, año 2013.

Finalmente, se debe tener en cuenta el servicio de torre grúa, el cual se contrató como un costo global con operario incluido, por valor total de \$12.000.000 mensuales.

3.5 PROCESO CONSTRUCTIVO Y PLAZOS EMPLEADOS POR EL EJECUTOR DEL PROYECTO

Para la construcción de la torre de apartamentos objeto del presente estudio, se contemplaron únicamente dos (2) juegos de puntales y el proceso constructivo empleado fue el de cimbrado y descimbrado.

El plazo para fundida de placa se estableció en siete (7) días, tiempo en el cual se contemplaron: cinco (5) días para el traslado e instalación del equipo auxiliar y dos (2) días para el hormigonado de la placa de entre piso.

Para el descimbrado se contemplaron diez (10) días.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Al utilizar el algoritmo determinado en el numeral 2.2.3, se determinaron las cargas resultantes para forjados y puntales de los diferentes procesos constructivos analizados (CD, CCD y CCD) con sus respectivas combinaciones de juegos de equipos y pisos sucesivos apuntalados. Como punto de partida para la utilización del algoritmo, se emplearon los datos de tiempos ejecutados para el ciclo de construcción de un entrepiso en el edificio objeto de estudio. El presente capítulo muestra los resultados de cargas máximas y medias en puntales y entrepisos así como los plazos obtenidos en las iteraciones realizadas aplicando el Nuevo Procedimiento Simplificado (Calderón et al, 2011). Lo anterior teniendo en cuenta un vano de esquina y un vano central para la construcción de 8 pisos del edificio objeto de estudio.

Con los datos de carga medias actuantes en los entrepisos, se determinaron los plazos necesarios para realizar los diferentes procesos constructivos. Utilizando la evolución de las propiedades del concreto obtenidos en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y siguiendo lo establecido en el método de descimbrado (Calavera 1981 y Fernández 1986), se obtienen los plazos necesarios para la construcción de un edificio de 8 niveles. Igualmente se observa el comportamiento de los plazos para diferentes propuestas de tiempos de ejecución sin poner en riesgo la integridad de la edificación.

Como datos de entrada para el análisis económico, se utilizaron los resultados obtenidos de plazos y se tomaron los costos de mano de obra, materiales y subcontratos de la edificación objeto de estudio. Logrando identificar las variaciones que pueden darse para los diferentes procesos constructivos analizados.

4.1 ANALISIS DE CARGAS

La determinación de cargas se realizó utilizando el algoritmo expuesto en el numeral 2.2.3, donde se obtienen las cargas para puntales y entrepisos que se encuentran interactuando durante el proceso de construcción y los diferentes procesos de cimbrado estudiados. Como punto de partida en la ejecución del algoritmo, se tomaron los tiempos utilizados durante la construcción del edificio objeto de estudio y posteriormente se analizaron sus resultados, teniendo como propósito identificar si las cargas para los ciclos de construcción calculadas podrían tener variaciones al proponer tiempos menores en sus ciclos de construcción siempre y cuando estas no excedieran las cargas de diseño establecida para el caso de estudio.

A continuación se presentan la nomenclatura en la que expresaran los resultados obtenidos:

Q_{Ec} : Carga de construcción del entrepiso (kN/m^2) valor teórico estimado 8.11 kN/m^2 .

Q_{Ed} : Carga de diseño del entrepiso (kN/m^2) valor teórico estimado 17.82 kN/m^2 .

Q_{Emax} : Carga máxima entrepiso (kN/m^2). Valor obtenido del algoritmo del NPS.

Q_{Pmed} : Carga media puntales ($Q_{Emed} - Q_{EC}$) (kN/m²).

Q_{Pmax} : Carga máxima puntales ($Q_{Emax} - Q_{EC}$) (kN/m²).

C_E : Coeficiente de carga entre la relación del carga media entrepiso y la de construcción (Q_{Emed}/Q_{Ec}).

C_P : Coeficiente de carga entre la relación del carga media de los puntales y la de construcción (Q_{Pmed}/Q_{Ec}).

T_C : Tiempo requerido para realizar la operación de cimbrado del entrepiso (días).

T_{CL} : Tiempo requerido para realizar la operación de clareado del entrepiso (días).

T_R : Tiempo requerido para realizar la operación de recimbrado del entrepiso (días).

T_D : Tiempo requerido para realizar la operación de descimbrado del entrepiso (días).

Las figuras a continuación muestran las diferentes operaciones que intervienen en los procesos estudiados.

T_C : Tiempo requerido para realizar la operación de cimbrado, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

1. Armado y hormigonado de columnas.
2. Movimiento de equipo.
3. Armado de equipo auxiliar.
4. Instalación de acero de refuerzo y aligerante.

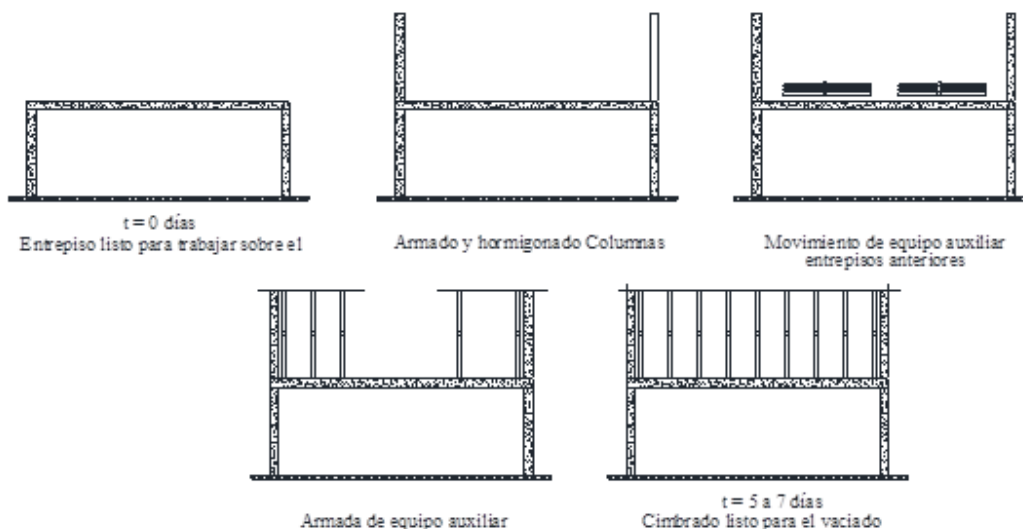


Figura 28. Operaciones realizadas para el cimbrado

T_{CL} : Tiempo requerido para realizar la operación de clareado del entrepiso, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

1. Retiro de aproximadamente 50 % del equipo auxiliar.
2. Disposición del equipo retirado para el siguiente entrepiso



Figura 29. Operaciones realizadas para el clareado

T_R : Tiempo requerido para realizar la operación de recimbrado del entrepiso, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

1. Retiro de del equipo auxiliar.
2. Disposición del equipo retirado para el siguiente entrepiso que no se usara como es el caso de cerchas y camillas.
3. Instalación de puntales en los elementos principales del entrepiso.

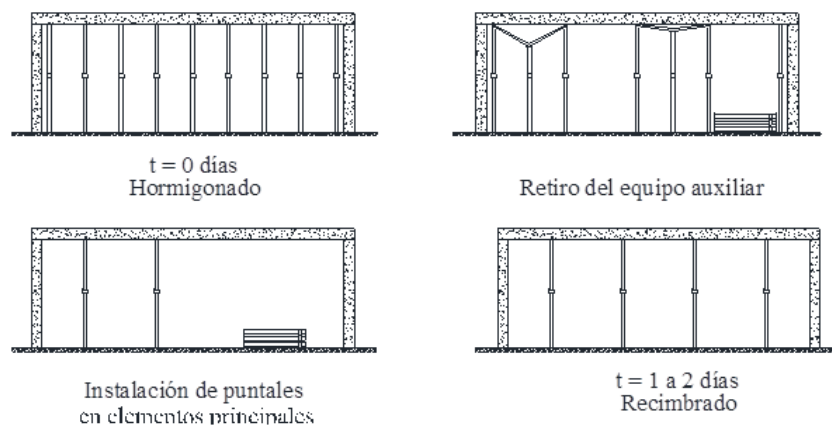


Figura 30. Operaciones realizadas para el recimbrado

T_D : Tiempo requerido para realizar la operación de descimbrado del entrepiso, el cual incluye las siguientes sub operaciones:



Figura 31. Operaciones realizadas para el descimbrado

4.1.1 Análisis de cargas proceso de cimbrado - descimbrado

En el numeral 2.1.2.1, se describe el proceso de cimbrado – descimbrado, el cual se presenta mediante esquemas en el presente capítulo, para cada uno de los entrepisos apuntalados que se analizaron en el desarrollo de este numeral. El análisis de las cargas se realizó tomando como punto de partida los tiempos para el ciclo constructivo empleado por la constructora, se aclara que estos análisis no son aplicables a procesos que involucren un solo juego de equipo auxiliar, sin embargo se mostrara como complemento al estudio.

Se presentarán resultados para 1, 2, 3 y 4 juegos de equipos o entrepisos apuntalados consecutivamente.

4.1.1.1 Resultados para un piso apuntalado

Se asumió un tiempo de 7 días como tiempo para realizar el cimbrado y 14 para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7; T_D : 14.$$

La Figura 32, muestra el proceso de CD utilizando un único juego de puntales.

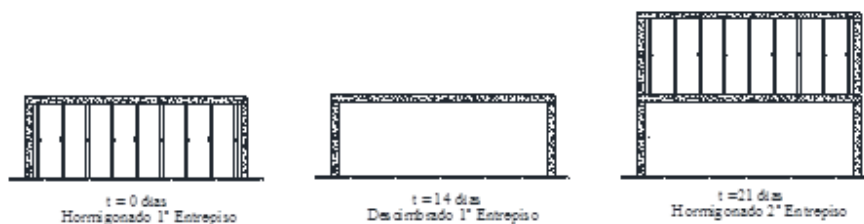


Figura 32. Proceso de CD, para un juego de equipo apuntalado

A continuación se presentan los resultados de cargas en los entrepisos y puntales para este proceso constructivo:

Tabla 14. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-1J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Descimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Descimbrado Entrepiso 2	1	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 3	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	3	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 4	2	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	4	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Descimbrado Entrepiso 5	3	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	5	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 7	4	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 7	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	6	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Descimbrado Entrepiso 8	5	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 9	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 9	7	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00	0.00	0.00	8.13	8.13	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 10	6	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 10	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

Al analizar los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, se encuentra que:

- Los coeficientes de cargas resultantes son iguales para los dos vanos en estudio.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 1 al realizar el hormigonado del entrepiso 2 para el vano central y el vano de esquina.
- El comportamiento anterior se repite para todos los entrepisos anteriores al entrepiso en el que se realizara el Hormigonado.
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Si se variaran los plazos no existe variación en el resultado.
- No es necesario analizar la ejecución de 8 entrepisos para ver su comportamiento, se recomienda hacerlo solo para tres entrepisos.

4.1.1.2 Resultados para dos pisos apuntalados

Este procedimiento fue empleado para la construcción del edificio objeto de estudio, en el cual se emplearon los siguientes tiempos de partida:

$$T_C : 7; T_D : 10$$

La Figura 33, muestra el proceso de CD para dos juegos de equipos apuntalados consecutivos.

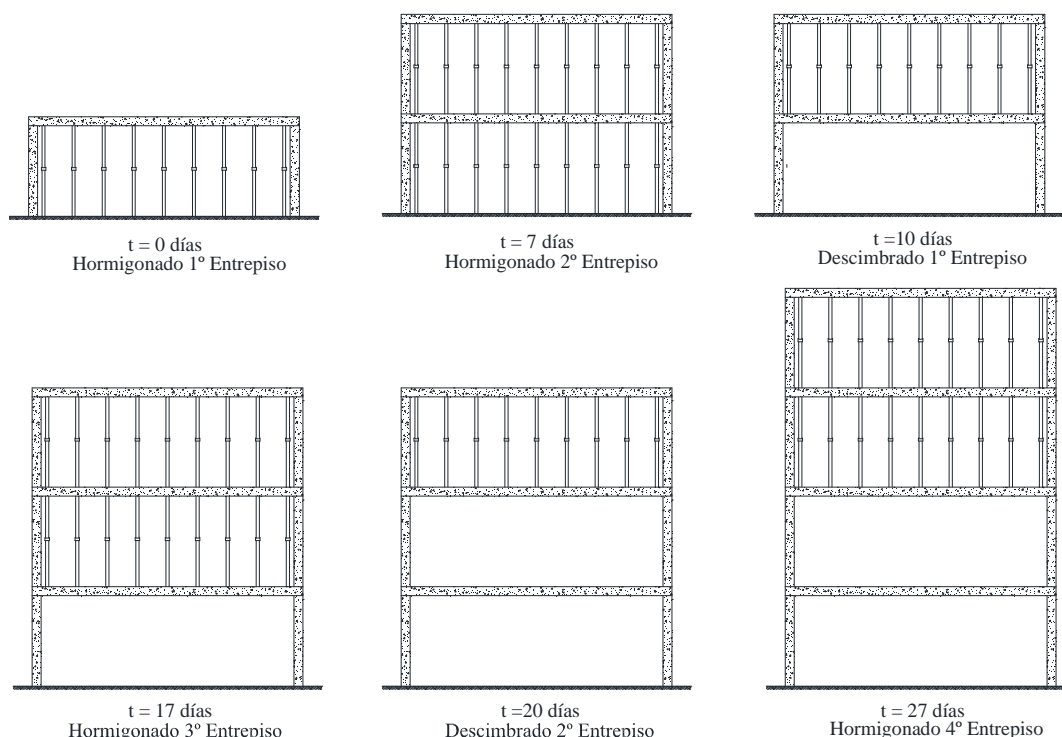


Figura 33. Proceso de CD, para dos juegos de equipo apuntalados consecutivos

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, se encuentra que el T_C se puede reducir a 5 días.

Las condiciones para determinar los T_D , están dados por la evolución de las propiedades del concreto, esto lo abordaremos en el análisis de plazos que realizaremos en el capítulo siguiente.

Las cargas en los puntales y entrepisos que resultaron para un $T_C = 5$, fueron los siguientes.

Tabla 15. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-2J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	2.14	3.90	14.10	12.34	0.48	1.52	5.89	2.66	10.35	13.58	0.33	1.67
Descimbrado Entrepiso 1	2	6.06	4.22	2.06	3.90	0.52	0.48	2.11	5.35	6.01	2.77	0.66	0.34
	1	10.18	12.02	0.00	0.00	1.48	0.00	14.13	10.89	0.00	0.00	1.34	0.00
Hormigonado Entrepiso 3	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	2	10.62	9.49	5.62	6.75	1.17	0.83	8.45	10.10	7.79	6.14	1.24	0.76
	1	13.74	14.87	0.00	0.00	1.83	0.00	15.91	14.25	0.00	0.00	1.76	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	3	2.36	2.16	5.76	5.96	0.27	0.73	1.59	2.77	6.53	5.35	0.34	0.66
	2	13.88	14.08	0.00	0.00	1.73	0.00	14.65	13.47	0.00	0.00	1.66	0.00
Hormigonado Entrepiso 4	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	3	6.92	7.23	9.31	9.01	0.89	1.11	7.93	8.27	8.31	7.97	1.02	0.98
	2	17.43	17.13	0.00	0.00	2.11	0.00	16.43	16.09	0.00	0.00	1.98	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	4	3.79	3.01	4.33	5.11	0.37	0.63	1.69	2.85	6.43	5.27	0.35	0.65
	3	12.45	13.23	0.00	0.00	1.63	0.00	14.55	13.39	0.00	0.00	1.65	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	8.35	8.18	7.89	8.06	1.01	0.99	8.03	7.90	8.21	8.34	0.97	1.03
	3	16.01	16.18	0.00	0.00	1.99	0.00	16.32	16.46	0.00	0.00	2.03	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	5	3.26	2.77	4.86	5.35	0.34	0.66	2.66	2.98	5.45	5.14	0.37	0.63
	4	12.98	13.47	0.00	0.00	1.66	0.00	13.57	13.26	0.00	0.00	1.63	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	8.12	7.94	8.12	8.30	0.98	1.02	8.20	8.03	8.04	8.21	0.99	1.01
	4	16.24	16.42	0.00	0.00	2.02	0.00	16.16	16.33	0.00	0.00	2.01	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	6	3.09	2.87	5.03	5.24	0.35	0.65	3.27	2.93	4.85	5.18	0.36	0.64
	5	13.15	13.36	0.00	0.00	1.65	0.00	12.97	13.30	0.00	0.00	1.64	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	7.31	8.04	8.93	8.19	0.99	1.01	10.01	7.99	6.23	8.25	0.98	1.02
	5	17.05	16.31	0.00	0.00	2.01	0.00	14.35	16.37	0.00	0.00	2.02	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	7	3.75	2.84	4.37	5.28	0.35	0.65	1.27	2.95	6.85	5.17	0.36	0.64
	6	12.49	13.40	0.00	0.00	1.65	0.00	14.97	13.29	0.00	0.00	1.64	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	8.24	8.01	8.00	8.23	0.99	1.01	7.19	8.00	9.04	8.24	0.99	1.01
	6	16.12	16.35	0.00	0.00	2.01	0.00	17.16	16.36	0.00	0.00	2.01	0.00
Descimbrado Entrepiso 7	8	3.36	2.85	4.76	5.27	0.35	0.65	1.84	2.95	6.28	5.17	0.36	0.64
	7	12.88	13.39	0.00	0.00	1.65	0.00	14.40	13.29	0.00	0.00	1.64	0.00

De los resultados de cargas obtenidas con el algoritmo del NPS, se encuentra:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.

- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 2 al realizar el hormigonado del entrepiso 4 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior a los dos entrepisos consecutivamente apuntalados, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 5, el 3 asume la mayor carga.
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Si se variaran los plazos no existe variación en el resultado.
- No es necesario analizar la ejecución de 8 entrepisos para ver su comportamiento, se recomienda hacerlo solo para tres entrepisos.

4.1.1.3 Resultados para tres pisos apuntalados

Para tres juegos consecutivos de equipo, de acuerdo al análisis de cargas se tomaron en cuenta los tiempos que se presentan a continuación:

$T_C : 7$; $T_D : 15$

La Figura 34, muestra el proceso de CD para tres juegos de equipos apuntalados consecutivos.

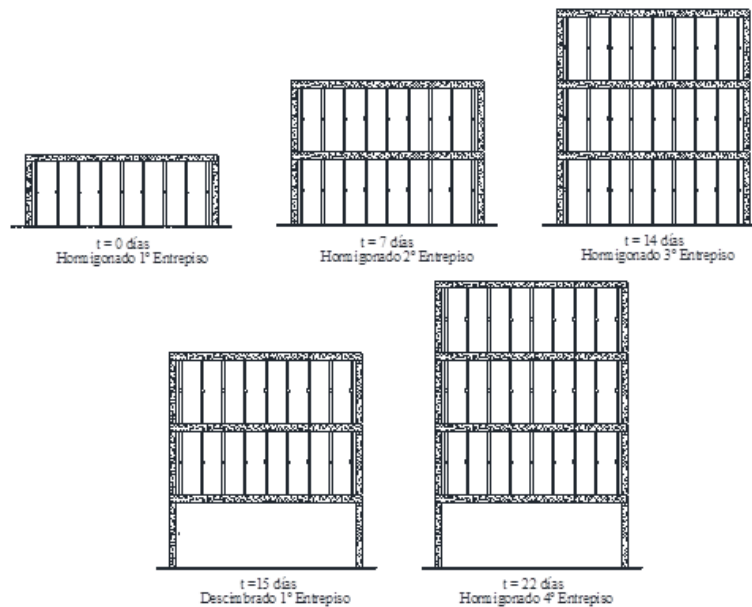


Figura 34. Proceso de CD, para tres juegos de equipos apuntalados consecutivos

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, se encuentra que el T_C se pueden reducir a 5 días.

Las condiciones para determinar los T_D , están dadas por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entrepisos que se obtuvieron para $T_C=5$, se presente en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CD-3J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	2.14	3.90	14.10	12.34	0.48	1.52	5.89	2.66	10.35	13.58	0.33	1.67
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 3	2	3.10	4.72	13.14	11.52	0.58	1.42	6.24	3.62	10.00	12.61	0.45	1.55
	1	3.54	5.60	17.72	14.04	0.69	1.73	7.28	4.21	10.84	16.52	0.52	2.03
	3	3.67	1.60	4.45	6.52	0.20	0.80	0.45	3.51	7.67	4.61	0.43	0.57
Descimbrado Entrepiso 1	2	8.28	8.21	7.95	8.03	1.01	0.99	8.04	7.95	8.20	8.29	0.98	1.02
	1	12.40	14.55	0.00	0.00	1.79	0.00	15.87	12.90	0.00	0.00	1.59	0.00
	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 4	3	7.49	6.30	8.75	9.94	0.78	1.22	6.71	8.43	9.53	7.81	1.04	0.96
	2	10.75	10.47	6.12	7.58	1.29	0.93	9.51	9.86	8.13	6.07	1.21	0.75
	1	14.24	15.70	0.00	0.00	1.93	0.00	16.25	14.19	0.00	0.00	1.75	0.00
	4	1.27	0.91	6.85	7.21	0.11	0.89	0.34	1.08	7.78	7.04	0.13	0.87
Descimbrado Entrepiso 2	3	9.28	8.09	6.96	8.15	1.00	1.00	8.06	10.40	8.18	5.84	1.28	0.72
	2	13.81	15.36	0.00	0.00	1.89	0.00	15.96	12.88	0.00	0.00	1.59	0.00
	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 5	4	5.09	5.67	11.15	10.57	0.70	1.30	6.60	5.75	9.64	10.49	0.71	1.29
	3	11.75	10.23	7.53	8.46	1.26	1.04	9.53	12.76	8.23	5.84	1.57	0.72
	2	15.64	16.58	0.00	0.00	2.04	0.00	16.35	13.96	0.00	0.00	1.72	0.00
	5	1.34	1.09	6.78	7.03	0.13	0.87	0.69	0.84	7.43	7.28	0.10	0.90
Descimbrado Entrepiso 3	4	7.05	7.81	9.19	8.43	0.96	1.04	8.05	7.28	8.19	8.96	0.90	1.10
	3	15.97	15.46	0.00	0.00	1.90	0.00	15.62	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 6	5	5.51	5.87	10.73	10.37	0.72	1.28	5.88	5.44	10.36	10.80	0.67	1.33
	4	9.29	9.98	9.56	8.51	1.23	1.05	9.92	9.51	8.55	9.41	1.17	1.16
	3	17.68	16.63	0.00	0.00	2.05	0.00	16.67	17.53	0.00	0.00	2.16	0.00
	6	1.74	1.10	6.38	7.02	0.14	0.86	1.26	1.35	6.86	6.77	0.17	0.83
Descimbrado Entrepiso 4	5	8.36	8.02	7.88	8.22	0.99	1.01	7.77	7.90	8.47	8.34	0.97	1.03
	4	14.26	15.24	0.00	0.00	1.88	0.00	15.33	15.11	0.00	0.00	1.86	0.00
	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 7	6	5.34	5.87	10.90	10.36	0.72	1.28	7.81	5.95	8.43	10.29	0.73	1.27
	5	11.07	10.19	7.95	8.30	1.25	1.02	8.84	10.13	7.71	8.28	1.25	1.02
	4	16.07	16.41	0.00	0.00	2.02	0.00	15.83	16.40	0.00	0.00	2.02	0.00
	7	1.53	1.07	6.59	7.05	0.13	0.87	0.63	1.18	7.49	6.93	0.15	0.85
Descimbrado Entrepiso 5	6	7.50	7.97	8.74	8.27	0.98	1.02	10.35	8.11	5.89	8.13	1.00	1.00
	5	15.33	15.32	0.00	0.00	1.89	0.00	13.38	15.06	0.00	0.00	1.85	0.00
	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 8	7	5.20	5.85	11.04	10.39	0.72	1.28	6.49	5.79	9.75	10.45	0.71	1.29
	6	9.89	10.14	9.26	8.37	1.25	1.03	12.25	10.34	5.62	8.22	1.27	1.01
	5	17.38	16.49	0.00	0.00	2.03	0.00	13.74	16.34	0.00	0.00	2.01	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	8	1.92	1.08	6.20	7.04	0.13	0.87	0.23	1.18	7.89	6.94	0.14	0.85

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
	7	7.91	7.96	8.33	8.28	0.98	1.02	7.42	7.94	8.82	8.30	0.98	1.02
	6	14.53	15.32	0.00	0.00	1.89	0.00	16.70	15.24	0.00	0.00	1.88	0.00

De los resultados obtenidos se observa:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 3 al realizar el hormigonado del entrepiso 6 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior a los tres entrepisos consecutivamente apuntalados, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 7, el 4 asume la mayor carga.
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Si se variaran los plazos no existe variación en el resultado.
- Con solo el análisis de 6 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de entrepisos.

4.1.1.4 Resultados para cuatro pisos apuntalados

Para cuatro juegos consecutivos de equipo, de acuerdo al análisis de cargas se tomaron en cuenta los tiempos que se presentan a continuación:

$$T_C : 7; \quad T_D : 22$$

La Figura 35, muestra el proceso de CD para cuatro juegos de equipos apuntalados consecutivos.

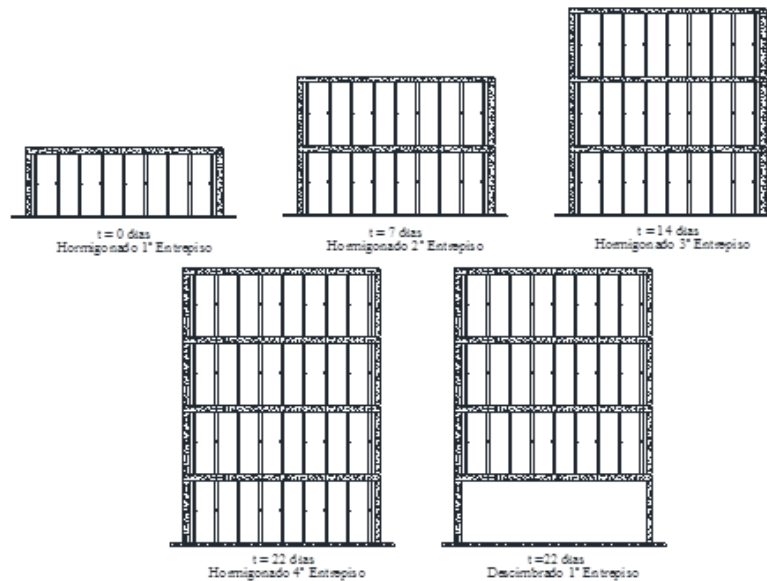


Figura 35. Proceso de CD, para cuatro juegos de equipos apuntalados consecutivos

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, encontramos que el T_C se pueden reducir a 5 días. Las condiciones para determinar los T_D , están dadas por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entresijos que se obtuvieron para $T_C = 5$ para cuatro juegos de equipo apuntalado consecutivo, se presente en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados de cargas para puntales y entresijos proceso de CD-4J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 3	1	2.14	3.90	14.10	12.34	0.48	1.52	5.89	2.66	10.35	13.58	0.33	1.67
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 4	2	3.10	4.72	13.14	11.52	0.58	1.42	6.24	3.62	10.00	12.61	0.45	1.55
	1	3.54	5.60	17.72	14.04	0.69	1.73	7.28	4.21	10.84	16.52	0.52	2.03
	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Descimbrado Entrepiso 1	3	3.42	4.63	12.82	11.61	0.57	1.43	6.26	4.68	9.98	11.56	0.58	1.42
	2	4.97	6.81	15.97	12.92	0.84	1.59	7.70	5.22	10.40	14.46	0.64	1.78
	1	4.36	6.32	19.73	14.72	0.78	1.81	7.58	4.87	10.94	17.71	0.60	2.18
	4	2.11	0.64	6.01	7.48	0.08	0.92	0.10	1.54	8.02	6.58	0.19	0.81
Hormigonado Entrepiso 5	3	6.42	5.89	7.71	9.71	0.73	1.20	6.64	7.48	9.50	7.22	0.92	0.89
	2	10.12	10.29	5.71	7.54	1.27	0.93	9.50	9.52	8.12	5.83	1.17	0.72
	1	13.83	15.65	0.00	0.00	1.93	0.00	16.24	13.95	0.00	0.00	1.72	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	5.74	5.35	10.50	10.89	0.66	1.34	6.35	6.12	9.88	10.12	0.75	1.25
	3	8.60	7.92	10.02	11.09	0.98	1.37	8.10	9.67	9.91	8.57	1.19	1.05
	2	11.46	11.21	6.68	7.99	1.38	0.98	9.82	10.33	8.20	6.36	1.27	0.78
Descimbrado Entrepiso 2	1	14.80	16.11	0.00	0.00	1.98	0.00	16.32	14.48	0.00	0.00	1.78	0.00
	5	0.55	0.37	7.56	7.75	0.05	0.95	0.20	0.47	7.92	7.65	0.06	0.94

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
	4	6.55	6.07	9.13	9.80	0.75	1.21	6.77	6.97	9.27	8.80	0.86	1.08
	3	10.36	9.71	6.90	8.21	1.20	1.01	9.83	11.60	7.56	5.31	1.43	0.65
	2	15.02	16.33	0.00	0.00	2.01	0.00	15.68	13.43	0.00	0.00	1.65	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	4.58	5.08	11.65	11.16	0.63	1.37	5.37	5.01	10.87	11.23	0.62	1.38
	4	8.58	8.12	11.19	11.15	1.00	1.37	8.58	9.09	10.40	10.26	1.12	1.26
	3	11.62	10.58	7.69	8.69	1.30	1.07	10.66	12.62	7.86	5.76	1.55	0.71
	2	15.81	16.81	0.00	0.00	2.07	0.00	15.98	13.88	0.00	0.00	1.71	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	6	0.63	0.43	7.49	7.69	0.05	0.95	0.31	0.34	7.81	7.78	0.04	0.96
	5	5.62	5.93	9.98	9.89	0.73	1.22	5.83	5.63	10.10	10.26	0.69	1.26
	4	10.41	10.20	7.69	7.80	1.26	0.96	9.91	10.50	8.31	7.88	1.29	0.97
	3	15.81	15.92	0.00	0.00	1.96	0.00	16.43	16.00	0.00	0.00	1.97	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	4.07	5.15	12.17	11.09	0.63	1.37	6.83	4.87	9.40	11.37	0.60	1.40
	5	8.04	7.98	12.25	11.23	0.98	1.38	6.86	7.72	10.66	11.76	0.95	1.45
	4	11.70	11.08	8.67	8.27	1.37	1.02	10.27	11.47	8.51	8.42	1.41	1.04
	3	16.79	16.39	0.00	0.00	2.02	0.00	16.63	16.54	0.00	0.00	2.04	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	7	0.82	0.41	7.29	7.71	0.05	0.95	0.26	0.50	7.86	7.62	0.06	0.94
	6	5.24	5.95	10.18	9.88	0.73	1.22	7.87	5.78	8.10	9.96	0.71	1.23
	5	10.36	9.96	7.94	8.05	1.23	0.99	8.71	9.80	7.51	8.28	1.21	1.02
	4	16.05	16.17	0.00	0.00	1.99	0.00	15.63	16.40	0.00	0.00	2.02	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	4.32	5.12	11.92	11.11	0.63	1.37	6.11	5.03	10.13	11.21	0.62	1.38
	6	7.37	8.00	12.67	11.23	0.99	1.38	9.73	7.87	8.52	11.45	0.97	1.41
	5	11.86	10.84	8.93	8.51	1.34	1.05	8.99	10.76	7.64	8.82	1.32	1.09
	4	17.05	16.63	0.00	0.00	2.05	0.00	15.76	16.94	0.00	0.00	2.09	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	8	0.89	0.42	7.23	7.70	0.05	0.95	0.13	0.52	7.99	7.59	0.06	0.94
	7	5.58	5.95	9.76	9.87	0.73	1.22	6.63	5.98	9.47	9.73	0.74	1.20
	6	9.54	10.04	8.34	7.95	1.24	0.98	12.24	10.04	5.36	7.81	1.24	0.96
	5	16.46	16.07	0.00	0.00	1.98	0.00	13.47	15.92	0.00	0.00	1.96	0.00

De los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, se encuentra:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 2 al realizar el hormigonado del entrepiso 6 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior a los tres entrepisos consecutivamente apuntalados, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 7, el 3 asume la mayor carga.
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{Ec} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Si se variaran los plazos no existe variación en el resultado.

- Con solo el análisis de 6 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de entrepisos.

4.1.2 Análisis de cargas proceso de cimbrado – clareado - descimbrado

En el numeral 2.1.2.3, se describe el proceso de cimbrado – clareado - descimbrado, el cual se presenta mediante esquemas en el presente capítulo, en cada uno de los entrepisos apuntalados analizados en el desarrollo de este numeral. El análisis de las cargas se realizó tomando como punto de partida los tiempos para el ciclo constructivo empleado por la constructora, se aclara que estos análisis no son aplicables a procesos que involucren un solo juego de equipo auxiliar, sin embargo se mostrara como complemento al estudio.

Se presentarán resultados para 1, 2, 3 y 4 juegos de equipos o entrepisos apuntalados consecutivamente.

4.1.2.1 Resultados para un piso apuntalado

Se asumió un tiempo de 7 días como tiempo para realizar el cimbrado, 2 días para realizar el clareado y 14 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_{CL} : 2 \quad T_D : 14$$

La Figura 36 muestra gráficamente el proceso de CCD para un piso apuntalado.

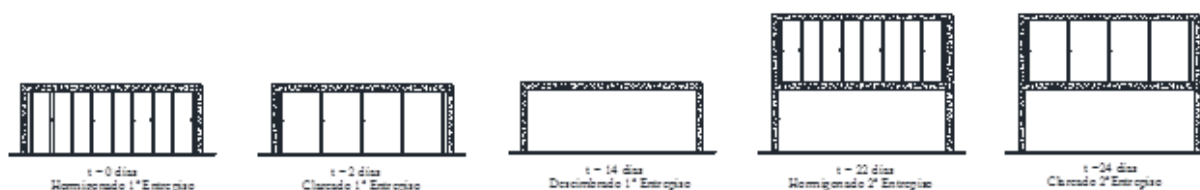


Figura 36. Proceso de CCD, para un juego de equipos apuntalado

Las cargas obtenidas en puntales y entrepisos se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-1J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Clareado Entrepiso 1	1	1.83	4.29	6.29	3.83	0.53	0.47	5.53	2.15	2.59	5.97	0.26	0.74
Descimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 2	2	4.42	5.51	3.70	2.61	0.68	0.32	6.05	4.35	2.07	3.77	0.54	0.46
	1	11.82	10.73	0.00	0.00	1.32	0.00	10.19	11.89	0.00	0.00	1.46	0.00

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP	QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP
Descimbrado Entrepiso 2	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 3	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	2	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 3	3	4.39	5.30	3.73	2.82	0.65	0.35	6.05	5.12	2.07	3.00	0.63	0.37
	2	11.85	10.94	0.00	0.00	1.35	0.00	10.19	11.12	0.00	0.00	1.37	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 4	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	3	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 4	4	4.39	5.38	3.73	2.74	0.66	0.34	6.05	4.63	2.07	3.49	0.57	0.43
	3	11.85	10.86	0.00	0.00	1.34	0.00	10.19	11.61	0.00	0.00	1.43	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 5	5	4.39	5.38	3.73	2.74	0.66	0.34	6.05	4.61	2.07	3.51	0.57	0.43
	4	11.85	10.86	0.00	0.00	1.34	0.00	10.19	11.63	0.00	0.00	1.43	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 6	6	4.39	5.38	3.73	2.74	0.66	0.34	6.05	4.63	2.07	3.49	0.57	0.43
	5	11.85	10.86	0.00	0.00	1.34	0.00	10.19	11.61	0.00	0.00	1.43	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 7	7	4.39	5.38	3.73	2.74	0.66	0.34	6.05	4.63	2.07	3.49	0.57	0.43
	6	11.85	10.86	0.00	0.00	1.34	0.00	10.19	11.61	0.00	0.00	1.43	0.00
Descimbrado Entrepiso 7	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Clareado Entrepiso 8	8	4.39	5.38	3.73	2.74	0.66	0.34	6.05	4.63	2.07	3.49	0.57	0.43
	7	11.85	10.86	0.00	0.00	1.34	0.00	10.19	11.61	0.00	0.00	1.43	0.00
Descimbrado Entrepiso 8	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

De los resultados obtenidos mediante la aplicación del NPS se puede resaltar:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 1 al realizar el hormigonado del entrepiso 2 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior al entrepiso consecutivamente apuntalado, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 4, el 3 asume la mayor carga.
- Cuando realizamos la operación de clareado, el entrepiso sume aproximadamente el 65% de Q_{EC} .

- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{Ec} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 4 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de entrepisos.

4.1.2.2 Resultados para dos pisos apuntalados

Se asumió un tiempo de 7 días como tiempo para realizar el cimbrado, 2 días para realizar el clareado y 10 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_{CL} : 2 \quad T_D : 10$$

La Figura 37, muestra gráficamente el proceso de CCD para dos pisos apuntalados.

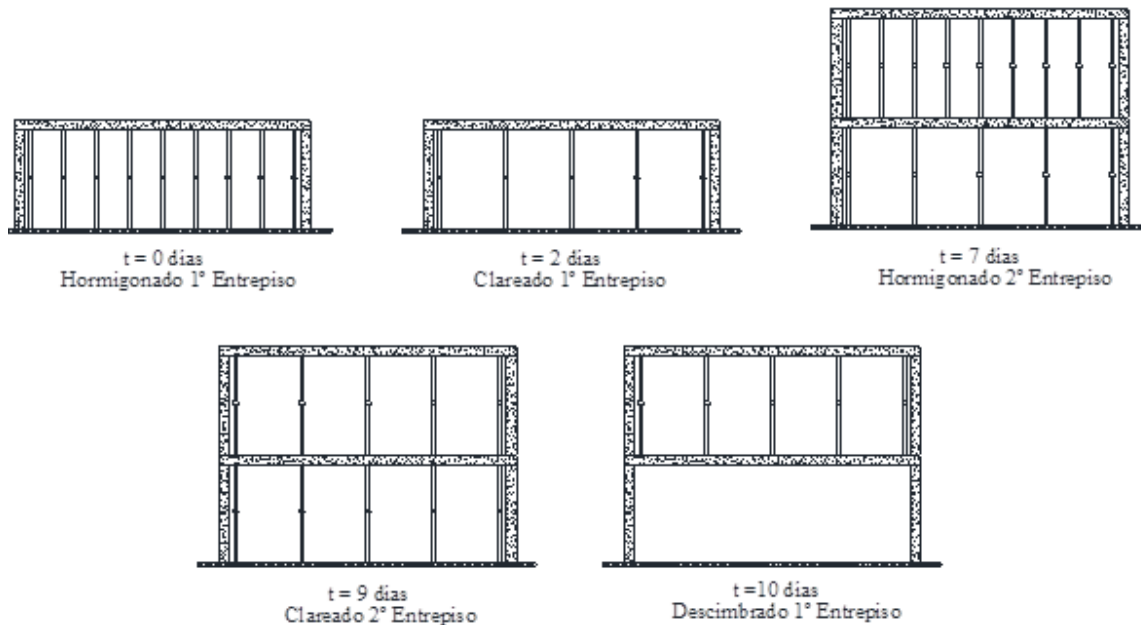


Figura 37. Proceso de CCD, para dos juegos de equipos apuntalados consecutivos

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, encontramos que el T_C se pueden reducir a 5 días.

Como se mencionó en el numeral anterior, las condiciones para determinar los T_D , están dados por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entrepisos que resultaron para un $T_C=5$, se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-2J

Operación	Entepiso	VANO CENTRAL					VANO ESQUINA				
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Clareado Entrepiso 1	1	1.83	4.29	6.29	3.83	0.53	0.47	5.53	2.15	2.59	5.97	0.26	0.74
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	3.97	9.01	12.27	7.23	1.11	0.89	11.42	4.64	4.82	11.60	0.57	1.43
Clareado Entrepiso 2	2	2.89	5.16	5.23	2.96	0.64	0.36	5.93	3.07	2.19	5.05	0.38	0.62
	1	3.23	6.02	10.12	5.05	0.74	0.62	7.12	3.72	3.18	9.45	0.46	1.16
Descimbrado Entrepiso 1	2	7.06	6.58	1.06	1.54	0.81	0.19	6.58	6.89	1.54	1.23	0.85	0.15
	1	9.18	9.66	0.00	0.00	1.19	0.00	9.66	9.35	0.00	0.00	1.15	0.00
Hormigonado Entrepiso 3	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	2	11.62	12.25	4.61	3.99	1.51	0.49	12.92	11.58	3.32	4.66	1.43	0.57
	1	12.73	12.11	0.00	0.00	1.49	0.00	11.43	12.78	0.00	0.00	1.57	0.00
Clareado Entrepiso 3	3	3.63	5.05	4.49	3.07	0.62	0.38	5.96	4.45	2.16	3.67	0.55	0.45
	2	9.62	8.74	2.99	2.44	1.08	0.30	8.28	9.02	2.00	2.77	1.11	0.34
	1	11.11	10.56	0.00	0.00	1.30	0.00	10.12	10.89	0.00	0.00	1.34	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	3	4.85	5.71	3.27	2.41	0.70	0.30	6.35	5.71	1.77	2.41	0.70	0.30
	2	11.39	10.53	0.00	0.00	1.30	0.00	9.89	10.53	0.00	0.00	1.30	0.00
Hormigonado Entrepiso 4	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	3	9.41	11.18	6.83	5.05	1.38	0.62	12.69	11.14	3.55	5.10	1.37	0.63
	2	14.95	13.17	0.00	0.00	1.62	0.00	11.67	13.21	0.00	0.00	1.63	0.00
Clareado Entrepiso 4	4	3.62	5.10	4.49	3.02	0.63	0.37	5.96	4.19	2.16	3.93	0.52	0.48
	3	7.40	7.76	5.21	3.37	0.96	0.42	8.05	8.35	2.23	3.70	1.03	0.46
	2	13.33	11.49	0.00	0.00	1.42	0.00	10.35	11.82	0.00	0.00	1.46	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	4	5.75	6.08	2.37	2.04	0.75	0.25	6.40	5.51	1.72	2.61	0.68	0.32
	3	10.49	10.16	0.00	0.00	1.25	0.00	9.84	10.73	0.00	0.00	1.32	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	10.31	11.64	5.92	4.60	1.43	0.57	12.74	10.49	3.50	5.75	1.29	0.71
	3	14.04	12.72	0.00	0.00	1.57	0.00	11.62	13.87	0.00	0.00	1.71	0.00
Clareado Entrepiso 5	5	3.62	5.11	4.49	3.01	0.63	0.37	5.96	4.10	2.16	4.02	0.51	0.49
	4	8.30	8.16	4.31	2.97	1.00	0.37	8.09	7.99	2.19	4.15	0.98	0.51
	3	12.43	11.09	0.00	0.00	1.37	0.00	10.31	12.27	0.00	0.00	1.51	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	5	5.38	5.97	2.74	2.15	0.74	0.26	6.39	5.59	1.73	2.53	0.69	0.31
	4	10.86	10.26	0.00	0.00	1.26	0.00	9.85	10.65	0.00	0.00	1.31	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	9.94	11.53	6.29	4.71	1.42	0.58	12.73	10.56	3.51	5.68	1.30	0.70
	4	14.41	12.83	0.00	0.00	1.58	0.00	11.63	13.80	0.00	0.00	1.70	0.00
Clareado Entrepiso 6	6	3.62	5.11	4.49	3.01	0.63	0.37	5.96	4.10	2.16	4.02	0.51	0.49
	5	7.94	8.05	4.68	3.08	0.99	0.38	8.08	8.06	2.20	4.07	0.99	0.50
	4	12.80	11.20	0.00	0.00	1.38	0.00	10.32	12.19	0.00	0.00	1.50	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	6	5.53	6.01	2.59	2.11	0.74	0.26	6.39	5.56	1.73	2.56	0.68	0.32
	5	10.70	10.23	0.00	0.00	1.26	0.00	9.85	10.68	0.00	0.00	1.32	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	10.10	11.56	6.14	4.68	1.42	0.58	12.73	10.53	3.51	5.70	1.30	0.70
	5	14.26	12.80	0.00	0.00	1.58	0.00	11.63	13.82	0.00	0.00	1.70	0.00
Clareado Entrepiso 7	7	3.62	5.11	4.49	3.01	0.63	0.37	5.96	4.10	2.16	4.02	0.51	0.49
	6	8.09	8.08	4.53	3.04	1.00	0.37	8.08	8.04	2.20	4.10	0.99	0.50
	5	12.65	11.16	0.00	0.00	1.37	0.00	10.31	12.22	0.00	0.00	1.50	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	7	5.47	6.00	2.65	2.12	0.74	0.26	6.39	5.57	1.73	2.55	0.69	0.31

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
	6	10.77	10.24	0.00	0.00	1.26	0.00	9.85	10.67	0.00	0.00	1.31	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	10.03	11.55	6.20	4.69	1.42	0.58	12.73	10.54	3.51	5.69	1.30	0.70
	6	14.32	12.81	0.00	0.00	1.58	0.00	11.63	13.81	0.00	0.00	1.70	0.00
Clareado Entrepiso 8	8	3.62	5.11	4.49	3.01	0.63	0.37	5.96	4.10	2.16	4.02	0.51	0.49
	7	8.03	8.07	4.59	3.05	0.99	0.38	8.08	8.05	2.20	4.09	0.99	0.50
	6	12.71	11.17	0.00	0.00	1.38	0.00	10.31	12.21	0.00	0.00	1.50	0.00
Descimbrado Entrepiso 7	8	5.50	6.00	2.62	2.12	0.74	0.26	6.39	5.57	1.73	2.55	0.69	0.31
	7	10.74	10.24	0.00	0.00	1.26	0.00	9.85	10.67	0.00	0.00	1.31	0.00

Analizando los resultados de cargas obtenidas mediante el algoritmo del NPS, se encuentra:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 4 al realizar el hormigonado del entrepiso 6 para el vano central y el vano de esquina.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior a los entrepisos consecutivamente apuntalados, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 7, el 5 asume la mayor carga.
- Cuando realizamos la operación de clareado, el entrepiso sume aproximadamente el 65% de Q_{Ec} y los puntales el 25% restante.
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{Ec} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 6 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.
- Se optimiza un 50% en cuanto a cantidad de equipo auxiliar utilizado, logrando disminuir la cantidad de equipo a utilizar para los siguientes entrepisos.

4.1.2.3 Resultados para tres pisos apuntalados

Se asumió un tiempo de 7 días como tiempo para realizar el cimbrado, 2 días para realizar el clareado y 17 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_{CL} : 2 \quad T_D : 17.$$

En la Figura 38, presenta el proceso enunciado.

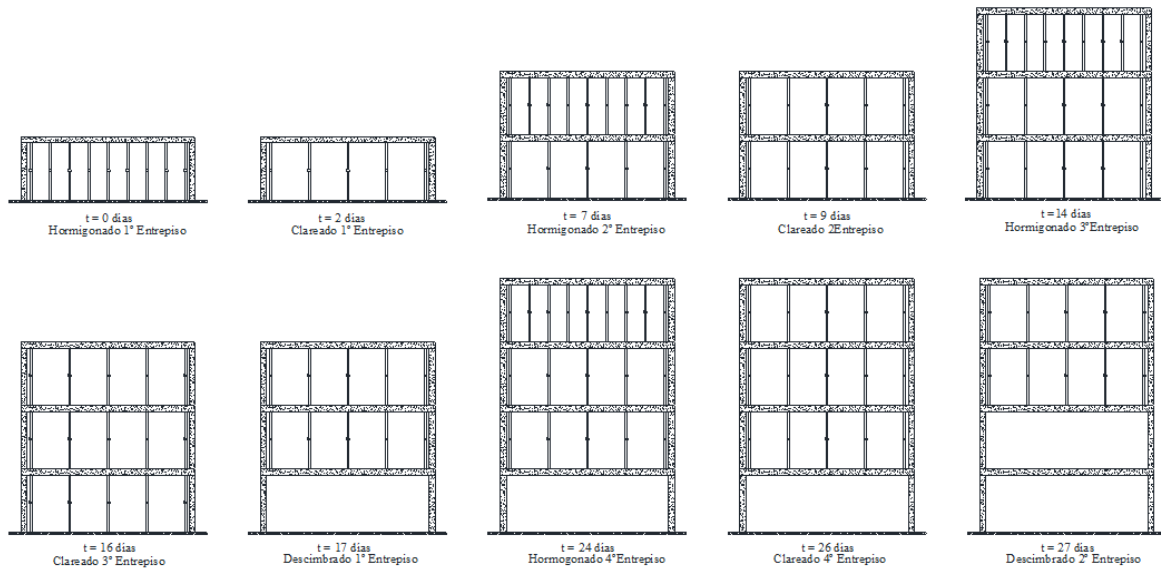


Figura 38. Proceso de CCD, para tres juegos de equipos apuntalados consecutivos

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, se evidencia que T_C se pueden reducir a 5 días.

Las condiciones para determinar los T_D , están dados por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entrepisos que resultaron para un $T_C = 5$, se presentan a continuación:

Tabla 20. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-3J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Clareado Entrepiso 1	1	1.83	4.29	6.29	3.83	0.53	0.47	5.53	2.15	2.59	5.97	0.26	0.74
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Clareado Entrepiso 2	1	3.97	9.01	12.27	7.23	1.11	0.89	11.48	4.71	4.76	11.53	0.58	1.42
	2	2.89	5.16	5.23	2.96	0.64	0.36	5.93	3.06	2.19	5.06	0.38	0.62
Hormigonado Entrepiso 3	1	3.23	6.02	10.12	5.05	0.74	0.62	7.14	3.76	3.17	9.42	0.46	1.16
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	2	5.99	10.52	10.25	5.72	1.30	0.70	12.21	6.59	4.02	9.65	0.81	1.19
Clareado Entrepiso 3	1	4.63	7.68	13.74	6.16	0.95	0.76	8.51	5.29	3.63	12.48	0.65	1.54
	3	3.21	5.02	4.91	3.10	0.62	0.38	5.94	4.12	2.17	4.00	0.51	0.49
	2	4.81	7.23	8.22	3.98	0.89	0.49	7.62	4.81	2.68	7.31	0.59	0.90
Descimbrado Entrepiso 1	1	4.07	6.64	12.27	5.46	0.82	0.67	7.51	4.51	3.29	10.91	0.56	1.34
	3	5.68	5.45	2.44	2.67	0.67	0.33	6.07	6.47	2.05	1.65	0.80	0.20
	2	8.38	8.41	2.18	2.38	1.04	0.29	8.15	7.68	2.02	2.09	0.95	0.26
	1	10.30	10.50	0.00	0.00	1.29	0.00	10.14	10.21	0.00	0.00	1.26	0.00

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 4	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	3	9.50	10.70	6.74	5.54	1.32	0.68	12.38	11.34	3.86	4.90	1.40	0.60
	2	10.84	10.45	4.01	3.21	1.29	0.40	9.59	9.61	2.39	3.41	1.18	0.42
	1	12.13	11.33	0.00	0.00	1.40	0.00	10.51	11.53	0.00	0.00	1.42	0.00
Clareado Entrepiso 4	4	3.42	5.08	4.69	3.04	0.63	0.37	5.95	4.05	2.17	4.07	0.50	0.50
	3	7.92	7.44	4.89	3.72	0.92	0.46	7.77	8.92	2.53	3.27	1.10	0.40
	2	9.79	9.16	3.22	2.68	1.13	0.33	8.53	8.64	2.12	2.75	1.06	0.34
	1	11.34	10.80	0.00	0.00	1.33	0.00	10.24	10.87	0.00	0.00	1.34	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	4	4.07	5.30	4.05	2.82	0.65	0.35	6.03	4.54	2.09	3.58	0.56	0.44
	3	8.86	7.99	3.31	2.95	0.98	0.36	8.11	9.82	2.10	1.88	1.21	0.23
	2	11.43	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00	10.22	9.99	0.00	0.00	1.23	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	7.89	10.60	8.35	5.64	1.30	0.69	12.36	9.19	3.88	7.05	1.13	0.87
	3	11.33	9.93	5.14	3.83	1.22	0.47	9.53	12.19	2.47	2.98	1.50	0.37
	2	13.26	11.95	0.00	0.00	1.47	0.00	10.59	11.09	0.00	0.00	1.37	0.00
Clareado Entrepiso 5	5	3.42	5.08	4.70	3.04	0.63	0.37	5.94	3.99	2.18	4.13	0.49	0.51
	4	6.32	7.30	6.50	3.85	0.90	0.47	7.73	6.91	2.57	5.33	0.85	0.66
	3	10.27	8.70	4.35	3.27	1.07	0.40	8.49	11.02	2.20	2.43	1.36	0.30
	2	12.47	11.39	0.00	0.00	1.40	0.00	10.32	10.55	0.00	0.00	1.30	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	5	4.30	5.37	3.82	2.74	0.66	0.34	6.03	4.35	2.09	3.77	0.54	0.46
	4	7.58	8.03	4.36	2.83	0.99	0.35	8.08	7.56	2.13	4.34	0.93	0.53
	3	12.48	10.95	0.00	0.00	1.35	0.00	10.25	12.46	0.00	0.00	1.53	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	8.12	10.68	8.12	5.56	1.32	0.68	12.35	8.90	3.89	7.33	1.10	0.90
	4	10.05	9.99	6.19	3.69	1.23	0.45	9.52	9.81	2.49	5.65	1.21	0.70
	3	14.31	11.81	0.00	0.00	1.45	0.00	10.61	13.77	0.00	0.00	1.70	0.00
Clareado Entrepiso 6	6	3.42	5.08	4.70	3.04	0.63	0.37	5.94	3.98	2.18	4.14	0.49	0.51
	5	6.54	7.38	6.27	3.77	0.91	0.46	7.73	6.68	2.57	5.58	0.82	0.69
	4	8.99	8.75	5.40	3.14	1.08	0.39	8.47	8.70	2.22	5.00	1.07	0.62
	3	13.52	11.26	0.00	0.00	1.39	0.00	10.34	13.12	0.00	0.00	1.62	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	6	4.51	5.36	3.61	2.76	0.66	0.34	6.03	4.70	2.09	3.42	0.58	0.42
	5	8.11	8.08	3.62	2.80	0.99	0.34	8.09	8.00	2.12	3.53	0.99	0.44
	4	11.73	10.91	0.00	0.00	1.34	0.00	10.24	11.65	0.00	0.00	1.44	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	8.33	10.67	7.91	5.57	1.31	0.69	12.35	9.26	3.89	6.98	1.14	0.86
	5	10.58	10.04	5.45	3.65	1.24	0.45	9.52	10.25	2.49	4.85	1.26	0.60
	4	13.57	11.77	0.00	0.00	1.45	0.00	10.60	12.97	0.00	0.00	1.60	0.00
Clareado Entrepiso 7	7	3.42	5.08	4.70	3.04	0.63	0.37	5.94	3.98	2.18	4.14	0.49	0.51
	6	6.75	7.37	6.06	3.78	0.91	0.47	7.73	7.04	2.57	5.22	0.87	0.64
	5	9.53	8.80	4.65	3.10	1.08	0.38	8.47	9.14	2.22	4.20	1.13	0.52
	4	12.77	11.22	0.00	0.00	1.38	0.00	10.34	12.32	0.00	0.00	1.52	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	7	4.36	5.36	3.76	2.76	0.66	0.34	6.03	4.58	2.09	3.53	0.56	0.44
	6	8.11	8.06	3.77	2.82	0.99	0.35	8.09	8.15	2.12	3.51	1.00	0.43
	5	11.89	10.94	0.00	0.00	1.35	0.00	10.24	11.63	0.00	0.00	1.43	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	8.18	10.67	8.06	5.57	1.31	0.69	12.35	9.14	3.89	7.10	1.13	0.87

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Clareado Entrepiso 8	6	10.57	10.02	5.60	3.67	1.23	0.45	9.52	10.39	2.49	4.82	1.28	0.59
	5	13.72	11.79	0.00	0.00	1.45	0.00	10.60	12.94	0.00	0.00	1.59	0.00
	8	3.42	5.08	4.70	3.04	0.63	0.37	5.94	3.98	2.18	4.14	0.49	0.51
	7	6.60	7.37	6.21	3.79	0.91	0.47	7.73	6.92	2.57	5.34	0.85	0.66
	6	9.52	8.78	4.81	3.13	1.08	0.39	8.47	9.29	2.22	4.17	1.14	0.51
	5	12.93	11.25	0.00	0.00	1.38	0.00	10.34	12.29	0.00	0.00	1.51	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	8	4.39	5.36	3.73	2.76	0.66	0.34	6.03	4.58	2.09	3.54	0.56	0.44
	7	8.00	8.06	3.84	2.81	0.99	0.35	8.09	8.02	2.12	3.63	0.99	0.45
	6	11.96	10.93	0.00	0.00	1.35	0.00	10.24	11.75	0.00	0.00	1.45	0.00

Al analizar los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, encontramos que:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 2 al realizar el hormigonado del entrepiso 5 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior a los entrepisos consecutivamente apuntalados, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 6, el 3 asume la mayor carga.
- Cuando realizamos la operación de clareado, el entrepiso sume aproximadamente el 65% de Q_{EC} y los puntales el 35% restante.
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 5 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.
- Se optimiza un 50% en cuanto a cantidad de equipo auxiliar utilizado, logrando disminuir la cantidad de equipo a utilizar para los siguientes entrepisos.

4.1.2.4 Resultados para cuatro pisos apuntalados

Se asumió un tiempo de 7 días como tiempo para realizar el cimbrado, 2 días para realizar el clareado y 24 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_{CL} : 2 \quad T_D : 24$$

El proceso se describe mediante la Figura 39.

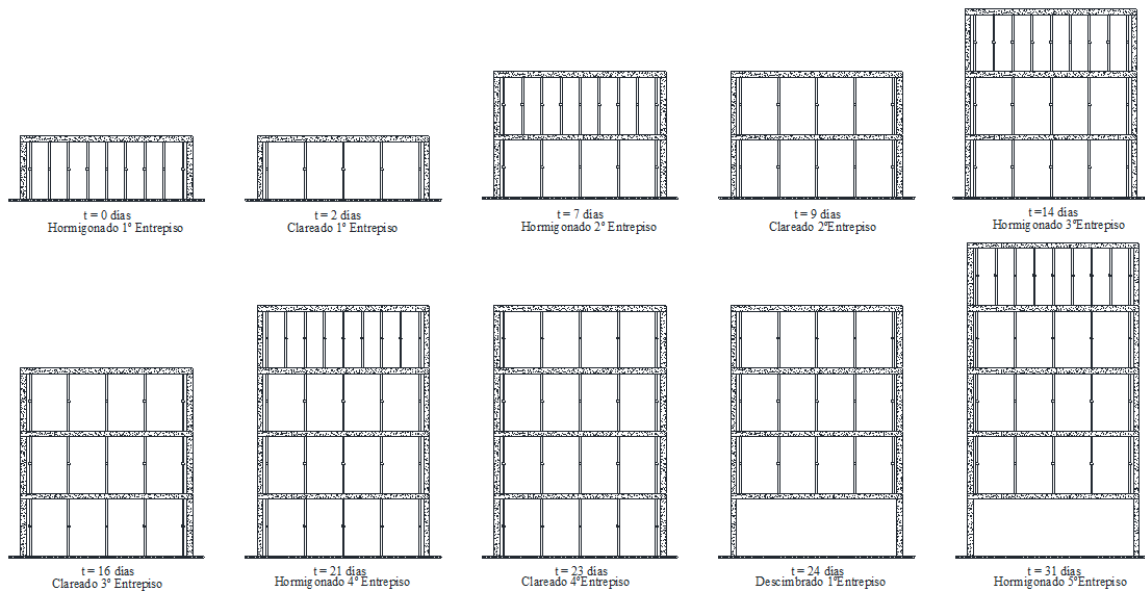


Figura 39. Proceso de CCD, para cuatro juegos de equipos apuntalados consecutivos

Después de un análisis inicial a los datos obtenidos, se encuentra que el T_C se pueden reducir a 5 días.

Como se mencionó en el numeral anterior, las condiciones para determinar los T_D , están dados por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entrepisos que resultaron para un $T_C=5$, fueron los siguientes:

Tabla 21. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CCD-4J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Clareado Entrepiso 1	1	1.83	4.29	6.29	3.83	0.53	0.47	5.53	2.15	2.59	5.97	0.26	0.74
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	3.97	9.01	12.27	7.23	1.11	0.89	11.42	4.64	4.82	11.60	0.57	1.43
Clareado Entrepiso 2	2	2.89	5.16	5.23	2.96	0.64	0.36	5.93	3.07	2.19	5.05	0.38	0.62
	1	3.23	6.02	10.12	5.05	0.74	0.62	7.12	3.72	3.18	9.45	0.46	1.16
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 3	2	5.99	10.52	10.25	5.72	1.30	0.70	12.17	6.53	4.06	9.71	0.80	1.20
	1	4.63	7.68	13.74	6.16	0.95	0.76	8.52	5.23	3.67	12.59	0.64	1.55
	3	3.21	5.02	4.91	3.10	0.62	0.38	5.95	4.14	2.17	3.98	0.51	0.49
Clareado Entrepiso 3	2	4.81	7.23	8.22	3.98	0.89	0.49	7.61	4.78	2.68	7.32	0.59	0.90
	1	4.07	6.64	12.27	5.46	0.82	0.67	7.49	4.46	3.31	10.97	0.55	1.35
	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 4	3	6.63	10.24	9.61	6.00	1.26	0.74	12.21	8.67	4.03	7.56	1.07	0.93
	2	6.68	9.19	11.05	4.93	1.13	0.61	9.06	6.38	3.09	9.31	0.79	1.15

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Clareado Entrepiso 4	1	4.88	7.22	14.29	5.83	0.89	0.72	7.80	5.13	3.41	12.30	0.63	1.51
	4	3.22	4.98	4.90	3.14	0.61	0.39	5.91	3.93	2.21	4.19	0.48	0.52
	3	5.32	7.06	7.71	4.19	0.87	0.52	7.67	6.50	2.67	5.81	0.80	0.72
	2	5.94	7.98	9.89	4.34	0.98	0.53	8.00	5.60	2.79	8.33	0.69	1.03
	1	4.55	6.86	13.46	5.60	0.84	0.69	7.57	4.80	3.33	11.65	0.59	1.43
Descimbrado Entrepiso 1	4	4.61	5.12	3.51	3.00	0.63	0.37	5.93	4.97	2.19	3.15	0.61	0.39
	3	7.34	7.40	4.28	3.72	0.91	0.46	7.77	8.37	2.53	2.90	1.03	0.36
	2	9.46	9.16	2.95	2.68	1.13	0.33	8.53	8.44	2.12	2.59	1.04	0.32
	1	11.07	10.80	0.00	0.00	1.33	0.00	10.24	10.71	0.00	0.00	1.32	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	8.24	10.39	8.00	5.84	1.28	0.72	12.22	9.47	4.02	6.77	1.17	0.83
	3	9.52	9.29	6.60	4.68	1.14	0.58	9.21	10.57	2.93	4.32	1.30	0.53
	2	10.80	9.85	3.92	2.95	1.21	0.36	8.85	9.28	2.20	3.16	1.14	0.39
	1	12.04	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00	10.32	11.28	0.00	0.00	1.39	0.00
Clareado Entrepiso 5	5	3.22	4.97	4.90	3.15	0.61	0.39	5.90	3.87	2.22	4.24	0.48	0.52
	4	6.84	7.19	6.18	4.08	0.89	0.50	7.66	7.34	2.68	5.03	0.90	0.62
	3	8.65	8.12	5.65	4.08	1.00	0.50	8.16	9.51	2.64	3.63	1.17	0.45
	2	10.25	9.42	3.52	2.78	1.16	0.34	8.62	8.87	2.14	2.88	1.09	0.35
	1	11.64	10.90	0.00	0.00	1.34	0.00	10.26	11.00	0.00	0.00	1.35	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	5	3.59	5.04	4.53	3.08	0.62	0.38	5.92	4.09	2.20	4.03	0.50	0.50
	4	7.37	7.37	5.28	3.83	0.91	0.47	7.73	7.73	2.59	4.42	0.95	0.54
	3	9.57	8.68	3.84	3.27	1.07	0.40	8.50	10.39	2.21	2.14	1.28	0.26
	2	11.96	11.39	0.00	0.00	1.40	0.00	10.33	10.26	0.00	0.00	1.26	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	7.21	10.32	9.03	5.92	1.27	0.73	12.17	8.50	4.07	7.74	1.05	0.95
	4	9.55	9.26	7.60	4.77	1.14	0.59	9.20	9.89	2.99	5.97	1.22	0.74
	3	10.91	9.33	4.81	3.56	1.15	0.44	8.82	11.46	2.29	2.63	1.41	0.32
	2	12.93	11.68	0.00	0.00	1.44	0.00	10.41	10.75	0.00	0.00	1.32	0.00
Clareado Entrepiso 6	6	3.22	4.98	4.90	3.14	0.61	0.39	5.91	3.84	2.21	4.28	0.47	0.53
	5	5.81	7.11	7.21	4.15	0.88	0.51	7.63	6.43	2.70	5.97	0.79	0.73
	4	8.68	8.09	6.65	4.18	1.00	0.51	8.12	8.86	2.70	5.22	1.09	0.64
	3	10.36	8.92	4.41	3.37	1.10	0.42	8.59	10.95	2.23	2.40	1.35	0.30
	2	12.53	11.49	0.00	0.00	1.42	0.00	10.35	10.51	0.00	0.00	1.29	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	6	3.68	5.07	4.44	3.05	0.62	0.38	5.92	3.99	2.20	4.13	0.49	0.51
	5	6.47	7.35	6.09	3.82	0.90	0.47	7.70	6.70	2.61	5.55	0.82	0.68
	4	9.83	8.82	4.38	3.12	1.09	0.38	8.48	9.46	2.25	4.22	1.16	0.52
	3	12.50	11.24	0.00	0.00	1.38	0.00	10.37	12.34	0.00	0.00	1.52	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	7.30	10.35	8.94	5.89	1.27	0.73	12.18	8.38	4.06	7.85	1.03	0.97

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
	5	8.65	9.24	8.40	4.76	1.14	0.59	9.16	8.81	3.02	7.17	1.08	0.88
	4	11.17	9.48	5.35	3.40	1.17	0.42	8.80	10.48	2.33	4.81	1.29	0.59
	3	13.47	11.52	0.00	0.00	1.42	0.00	10.45	12.92	0.00	0.00	1.59	0.00
Clareado Entrepiso 7	7	3.22	4.98	4.90	3.14	0.61	0.39	5.91	3.84	2.21	4.27	0.47	0.53
	6	5.90	7.14	7.12	4.12	0.88	0.51	7.64	6.32	2.70	6.07	0.78	0.75
	5	7.78	8.07	7.45	4.17	0.99	0.51	8.09	7.80	2.72	6.39	0.96	0.79
	4	10.62	9.07	4.95	3.22	1.12	0.40	8.57	9.99	2.27	4.52	1.23	0.56
	3	13.07	11.34	0.00	0.00	1.40	0.00	10.39	12.64	0.00	0.00	1.56	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	7	3.73	5.07	4.39	3.05	0.62	0.38	5.92	4.12	2.20	4.00	0.51	0.49
	6	6.65	7.36	5.86	3.81	0.91	0.47	7.71	6.82	2.60	5.30	0.84	0.65
	5	9.08	8.77	4.90	3.16	1.08	0.39	8.46	8.92	2.26	4.49	1.10	0.55
	4	13.02	11.28	0.00	0.00	1.39	0.00	10.38	12.61	0.00	0.00	1.55	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	7.36	10.35	8.88	5.89	1.27	0.73	12.18	8.52	4.06	7.72	1.05	0.95
	6	8.83	9.26	8.17	4.75	1.14	0.58	9.17	8.93	3.01	6.90	1.10	0.85
	5	10.42	9.43	5.87	3.44	1.16	0.42	8.78	9.93	2.35	5.09	1.22	0.63
	4	13.99	11.56	0.00	0.00	1.42	0.00	10.46	13.21	0.00	0.00	1.63	0.00
Clareado Entrepiso 8	8	3.22	4.98	4.90	3.14	0.61	0.39	5.91	3.85	2.21	4.27	0.47	0.53
	7	5.96	7.13	7.06	4.13	0.88	0.51	7.64	6.46	2.70	5.94	0.80	0.73
	6	7.95	8.09	7.22	4.16	1.00	0.51	8.10	7.93	2.71	6.13	0.98	0.75
	5	9.87	9.01	5.47	3.26	1.11	0.40	8.55	9.45	2.29	4.80	1.16	0.59
	4	13.59	11.38	0.00	0.00	1.40	0.00	10.40	12.92	0.00	0.00	1.59	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	8	3.79	5.07	4.33	3.05	0.62	0.38	5.92	4.14	2.20	3.98	0.51	0.49
	7	6.78	7.36	5.67	3.81	0.91	0.47	7.71	6.99	2.60	5.11	0.86	0.63
	6	9.39	8.79	4.40	3.13	1.08	0.39	8.47	9.12	2.25	4.11	1.12	0.51
	5	12.52	11.25	0.00	0.00	1.39	0.00	10.37	12.23	0.00	0.00	1.51	0.00

Al analizar los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, encontramos que:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 2 al realizar el hormigonado del entrepiso 6 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior a los entrepisos consecutivamente apuntalados, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 7, el 3 asume la mayor carga.
- Cuando realizamos la operación de clareado, el entrepiso sume aproximadamente el 65% de Q_{EC} y los puntales el 35% restante.

- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{Ec} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 6 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.
- Se optimiza un 50% en cuanto a cantidad de equipo auxiliar utilizado, logrando disminuir la cantidad de equipo a utilizar para los siguientes entrepisos.

4.1.3 Análisis de cargas proceso de cimbrado – recimbrado - descimbrado

En el numeral 2.1.2.2, se describe el proceso de cimbrado – recimbrado - descimbrado, el cual se presenta mediante esquemas en el presente capítulo, en cada uno de los entrepisos apuntalados analizados en el desarrollo de este numeral. El análisis de las cargas se realizó tomando como punto de partida los tiempos para el ciclo constructivo empleado por la constructora, se aclara que estos análisis no son aplicables a procesos que involucren un solo juego de equipo auxiliar, sin embargo se mostrara como complemento al estudio.

Se presentarán resultados para 1, 2, 3 y 4 juegos de equipos o entrepisos apuntalados consecutivamente.

4.1.3.1 Resultados para un piso apuntalado

Se asumió un tiempo de 7 días como tiempo para realizar el cimbrado, 2 días para realizar el clareado y 14 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_R : 2 \quad T_D : 14$$

La Figura 40, muestra gráficamente el proceso de CRD para un piso apuntalado.

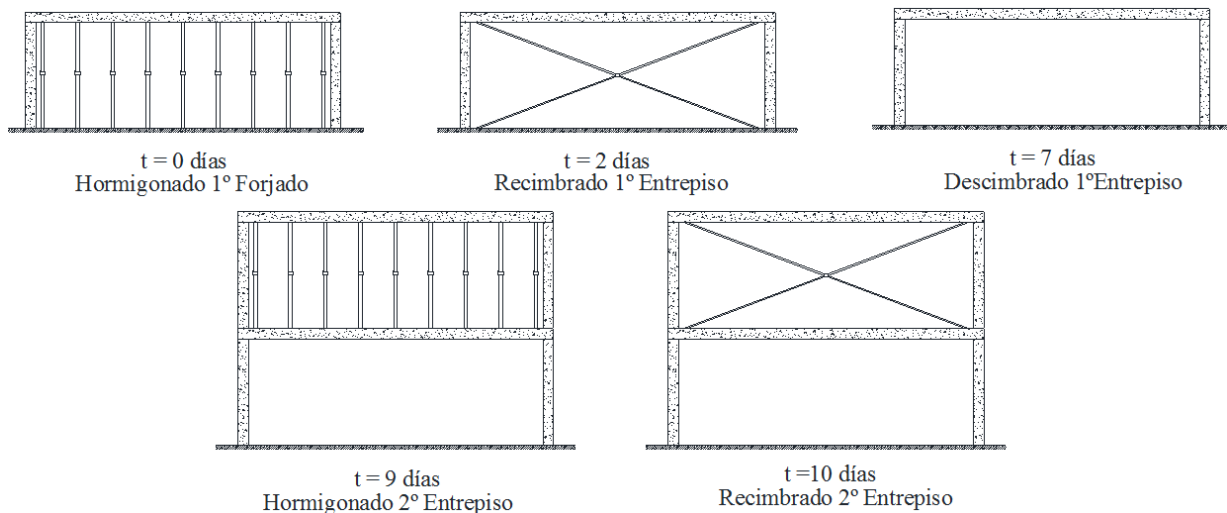


Figura 40. Proceso de CRD, para un juego de equipos apuntalados

Las cargas en puntales y entrepisos obtenidas se presentan a continuación:

Tabla 22. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CRD-1J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 2	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 3	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 3	2	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 4	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 4	3	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 5	4	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 6	5	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 7	6	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 7	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 8	7	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00	16.24	16.24	0.00	0.00	2.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 8	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

Al analizar los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, se encuentra:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 1 al realizar el hormigonado del entrepiso 2 para el vano central y el vano de esquina, ya que este se encuentra descimbrado en su totalidad.

- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior al entrepiso consecutivamente apuntalado, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 3, el 2 asume la mayor carga la totalidad de Q_{EC} .
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 2 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.

4.1.3.2 Resultados para dos pisos apuntalados

Se asumió un tiempo de 7 días para realizar el cimbrado, 2 días para el recimbrado y 10 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_R : 2 \quad T_D : 10$$

La Figura 41, muestra en qué consiste este proceso.

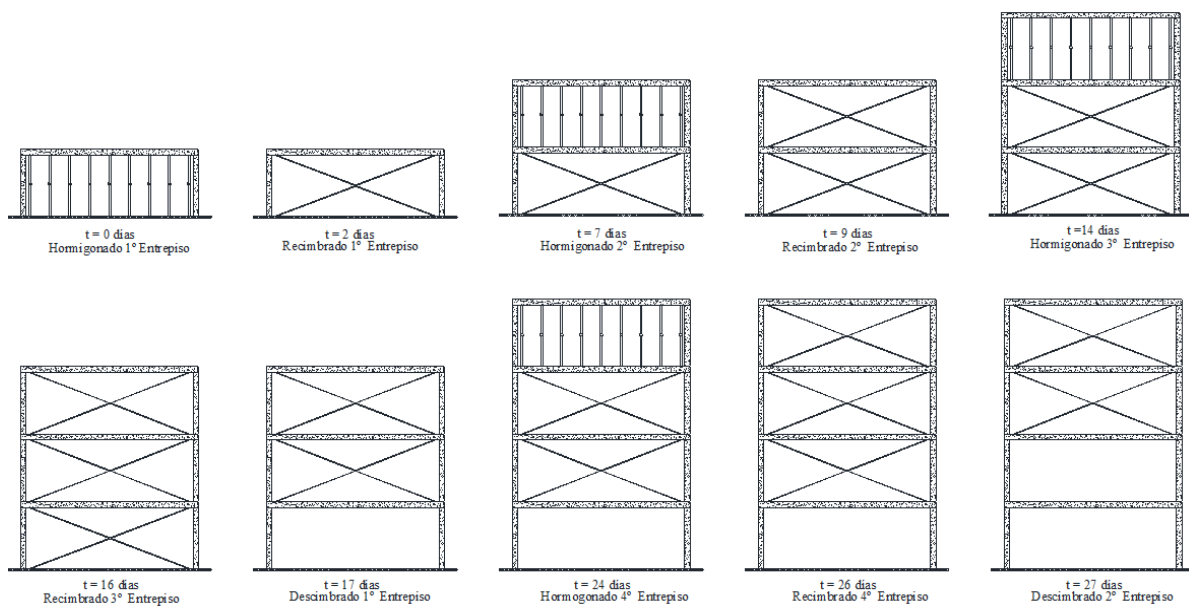


Figura 41. Proceso de CRD, para dos juegos de entrepisos apuntalados

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, se reduce el T_C a 5 días.

Como se mencionó en el numeral anterior, las condiciones para determinar los T_D , están dadas por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entrepisos que resultaron para un $T_C=5$, fueron los siguientes:

Tabla 23. Resultados de cargas para puntales y entresijos proceso de CRD-2J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP	QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	10.26	12.02	5.98	4.22	1.48	0.52	10.26	12.02	5.98	4.22	1.48	0.52
Recimbrado Entrepiso 2	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 1	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 3	2	12.68	13.39	3.56	2.85	1.65	0.35	12.68	13.39	3.56	2.85	1.65	0.35
	1	11.68	10.97	0.00	0.00	1.35	0.00	11.68	10.97	0.00	0.00	1.35	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 3	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 4	3	12.68	13.18	3.56	3.06	1.62	0.38	12.68	13.18	3.56	3.06	1.62	0.38
	2	11.68	11.17	0.00	0.00	1.38	0.00	11.68	11.17	0.00	0.00	1.38	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 4	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 5	4	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36
	3	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 5	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 6	5	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36
	4	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 6	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 7	6	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36
	5	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 7	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 8	7	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36	12.68	13.29	3.56	2.95	1.64	0.36
	6	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00	11.68	11.07	0.00	0.00	1.36	0.00
Recimbrado Entrepiso 8	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{max}	CE	CP	QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{max}	CE	CP
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 7	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

Al analizar los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, se encuentra:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 2 al realizar el hormigonado del entrepiso 3 para el vano central y el vano de esquina.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior al entrepiso consecutivamente apuntalado al que se va a hormigonar, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 4, el 3 asume la mayor carga la totalidad de Q_{EC} .
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 4 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.

4.1.3.3 Resultados para tres pisos apuntalados

Se asumió un tiempo de 7 días el cimbrado, 2 días para realizar el recimbrado y 17 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_R : 2 \quad T_D : 17$$

La Figura 42, muestra en qué consiste este proceso.

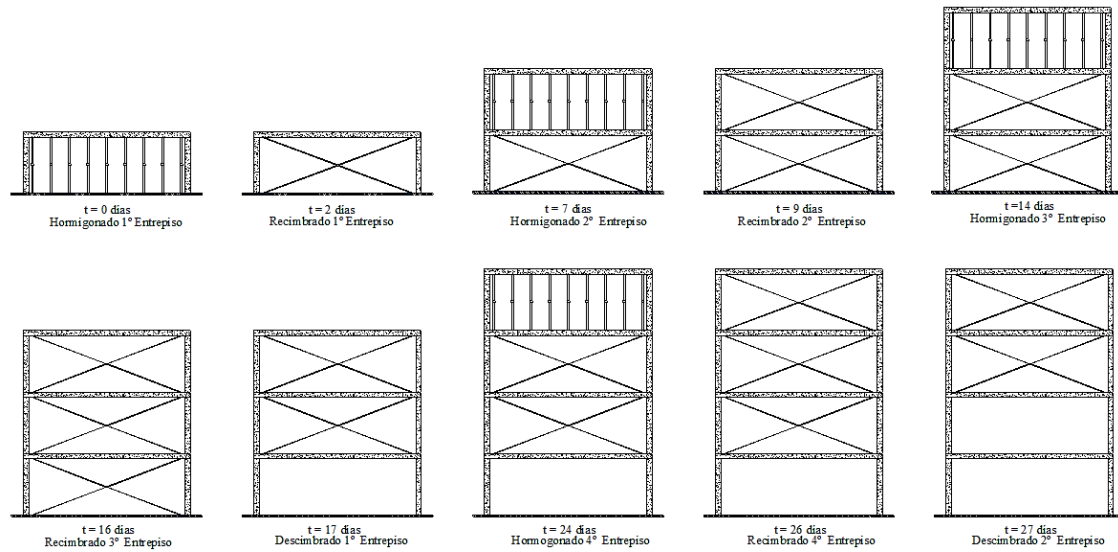


Figura 42. Proceso de CRD, para tres juegos de equipos apuntalados

Al realizar el análisis con el algoritmo del NPS, se encuentra que el T_C se puede reducir a 5 días.

Como ya se mencionó, las condiciones para determinar los T_D , están dados por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entresijos que resultaron para un $T_C=5$, fueron los siguientes:

Tabla 24. Resultados de cargas para puntales y entresijos proceso de CRD-3J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP	QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	10.26	12.02	5.98	4.22	1.48	0.52	14.01	10.78	2.23	5.46	1.33	0.67
Recimbrado Entrepiso 2	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 3	2	11.21	12.84	5.02	3.40	1.58	0.42	14.36	11.74	1.88	4.49	1.45	0.55
	1	9.52	9.82	3.62	1.70	1.21	0.21	9.51	9.67	0.49	2.94	1.19	0.36
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 3	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 1	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Hormigonado Entrepiso 4	3	11.94	12.82	4.30	3.42	1.58	0.42	14.38	13.04	1.86	3.20	1.61	0.39
	2	10.59	10.38	1.83	1.15	1.28	0.14	9.59	10.03	0.39	1.29	1.24	0.16
	1	9.95	9.27	0.00	0.00	1.14	0.00	8.51	9.41	0.00	0.00	1.16	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 4	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	11.94	12.88	4.30	3.36	1.59	0.41	14.38	12.79	1.86	3.44	1.58	0.42
	3	10.59	10.26	1.83	1.22	1.26	0.15	9.59	10.49	0.39	1.08	1.29	0.13
	2	9.95	9.34	0.00	0.00	1.15	0.00	8.51	9.20	0.00	0.00	1.13	0.00
Recimbrado Entrepiso 5	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	11.94	12.90	4.30	3.34	1.59	0.41	14.38	12.72	1.86	3.52	1.57	0.43
	4	10.59	10.29	1.83	1.17	1.27	0.14	9.59	10.35	0.39	1.28	1.27	0.16
	3	9.95	9.29	0.00	0.00	1.14	0.00	8.51	9.40	0.00	0.00	1.16	0.00
Recimbrado Entrepiso 6	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	11.94	12.90	4.30	3.34	1.59	0.41	14.38	12.72	1.86	3.52	1.57	0.43
	5	10.59	10.29	1.83	1.17	1.27	0.14	9.59	10.35	0.39	1.28	1.27	0.16
	4	9.95	9.29	0.00	0.00	1.14	0.00	8.51	9.40	0.00	0.00	1.16	0.00
Recimbrado Entrepiso 7	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	11.94	12.90	4.30	3.34	1.59	0.41	14.38	12.72	1.86	3.52	1.57	0.43
	6	10.59	10.29	1.83	1.17	1.27	0.14	9.59	10.35	0.39	1.28	1.27	0.16
	5	9.95	9.29	0.00	0.00	1.14	0.00	8.51	9.40	0.00	0.00	1.16	0.00
Recimbrado Entrepiso 8	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 6	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

Al analizar los resultados de cargas calculadas con el algoritmo del NPS, se encuentra:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 4 al realizar el hormigonado del entrepiso 5 para el vano central y el vano de esquina.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior al entrepiso consecutivamente apuntalado al que se va a hormigonar, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 6, el 5 asume la mayor carga la totalidad de Q_{EC} .

- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 5 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.

4.1.3.4 Resultados para cuatro pisos apuntalados

Se asumió un tiempo de 7 días el cimbrado, 2 días para realizar el recimbrado y 24 días para retirar el equipo del entrepiso.

$$T_C : 7 \quad T_R : 2 \quad T_D : 24$$

La Figura 43, presente el proceso estudiado.

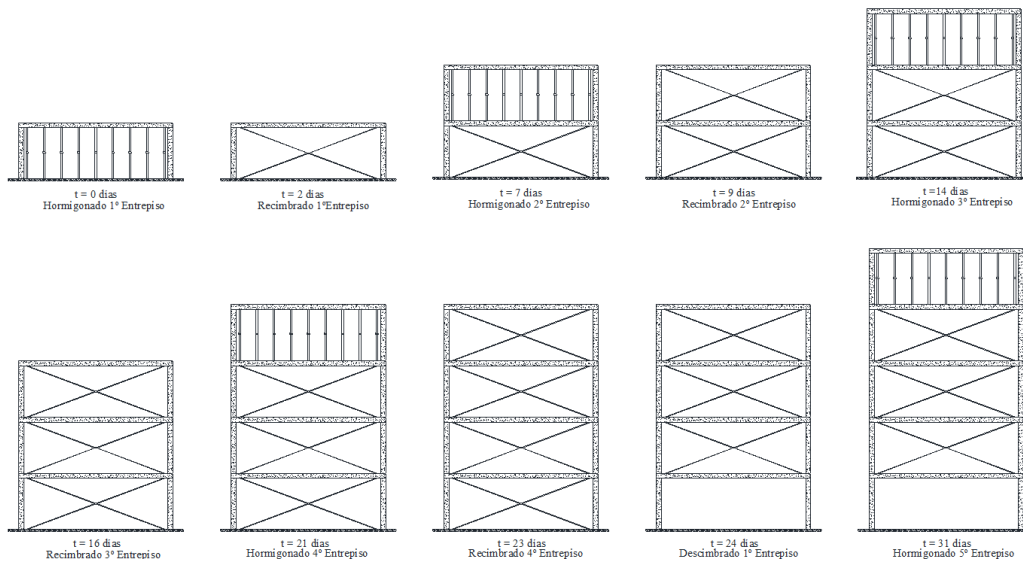


Figura 43. Proceso de CRD, para tres juegos de equipos apuntalados

Como en los casos anteriores el tiempo T_C se puede reducir a 5 días.

Como ya se mencionó anteriormente, las condiciones para determinar los T_D , están dados por la evolución de las propiedades del concreto. Las cargas en los puntales y entrepisos que resultaron para un $T_C=5$, fueron los siguientes:

Tabla 25. Resultados de cargas para puntales y entrepisos proceso de CRD-4J

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP	QE _{max}	QE _{med}	QP _{max}	QP _{med}	CE	CP
Hormigonado Entrepiso 1	1	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
Recimbrado Entrepiso 1	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 2	2	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	1	10.26	12.02	5.98	4.22	1.48	0.52	14.01	10.78	2.23	5.46	1.33	0.67

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
Recimbrado Entrepiso 2	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 3	3	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	2	11.21	12.84	5.02	3.40	1.58	0.42	14.36	11.74	1.88	4.49	1.45	0.55
	1	9.52	9.82	3.62	1.70	1.21	0.21	9.51	9.67	0.49	2.94	1.19	0.36
Recimbrado Entrepiso 3	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 4	4	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	3	11.54	12.75	4.70	3.49	1.57	0.43	14.38	12.80	1.86	3.44	1.58	0.42
	2	9.99	10.21	2.83	1.40	1.26	0.17	9.57	9.72	0.41	1.84	1.20	0.23
	1	8.93	8.84	2.01	0.69	1.09	0.08	8.42	8.77	0.10	1.19	1.08	0.15
Recimbrado Entrepiso 4	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 1	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 5	5	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	4	11.74	12.83	4.49	3.41	1.58	0.42	14.38	12.70	1.86	3.54	1.56	0.44
	3	10.30	10.15	2.31	1.38	1.25	0.17	9.58	10.31	0.40	1.34	1.27	0.17
	2	9.46	9.04	0.97	0.46	1.11	0.06	8.44	8.93	0.08	0.53	1.10	0.07
	1	9.09	8.58	0.00	0.00	1.06	0.00	8.20	8.65	0.00	0.00	1.07	0.00
Recimbrado Entrepiso 5	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 2	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 6	6	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	5	11.74	12.83	4.49	3.40	1.58	0.42	14.38	12.66	1.86	3.58	1.56	0.44
	4	10.30	10.17	2.31	1.35	1.25	0.17	9.58	10.23	0.40	1.46	1.26	0.18
	3	9.46	8.99	0.97	0.48	1.11	0.06	8.44	9.13	0.08	0.45	1.12	0.06
	2	9.09	8.60	0.00	0.00	1.06	0.00	8.20	8.57	0.00	0.00	1.06	0.00
Recimbrado Entrepiso 6	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	2	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 3	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 7	7	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	6	11.74	12.84	4.49	3.40	1.58	0.42	14.38	12.65	1.86	3.59	1.56	0.44
	5	10.30	10.17	2.31	1.35	1.25	0.17	9.58	10.21	0.40	1.50	1.26	0.18
	4	9.46	9.00	0.97	0.46	1.11	0.06	8.44	9.08	0.08	0.54	1.12	0.07

Operación	Entrepiso	VANO CENTRAL						VANO ESQUINA					
		QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP	QEmax	QEmed	QPmax	QPmax	CE	CP
	3	9.09	8.58	0.00	0.00	1.06	0.00	8.20	8.66	0.00	0.00	1.07	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Recimbrado Entrepiso 7	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	3	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 4	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	4	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Hormigonado Entrepiso 8	8	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00	0.00	0.00	8.12	8.12	0.00	1.00
	7	11.74	12.84	4.49	3.40	1.58	0.42	14.38	12.65	1.86	3.59	1.56	0.44
	6	10.30	10.17	2.31	1.35	1.25	0.17	9.58	10.21	0.40	1.50	1.26	0.18
	5	9.46	9.00	0.97	0.46	1.11	0.06	8.44	9.08	0.08	0.54	1.12	0.07
Recimbrado Entrepiso 8	4	9.09	8.58	0.00	0.00	1.06	0.00	8.20	8.66	0.00	0.00	1.07	0.00
	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
Descimbrado Entrepiso 5	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	8	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	7	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	6	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00
	5	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00	8.12	8.12	0.00	0.00	1.00	0.00

De los datos obtenidos se observa:

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina.
- La mayor carga se obtiene en el entrepiso 4 al realizar el hormigonado del entrepiso 5 para el vano central y el vano de esquina.
- Se presenta un comportamiento similar en el entrepiso inmediatamente anterior al entrepiso consecutivamente apuntalado al que se va a hormigonar, como se observa al realizar el hormigonado de los entrepiso 6, el 5 asume la mayor carga la totalidad de Q_{EC} .
- Al realizar el descimbrado el entrepiso asume la totalidad de su Q_{EC} .
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} .
- Con solo el análisis de 5 entrepisos se puede generalizar el comportamiento de los entrepisos para edificaciones que cuenten con mayor cantidad de estos.

4.2 ANALISIS DE TIEMPOS

Una vez se obtienen resultados de carga en puntales y entrepisos utilizando el NPS, se aplica la metodología establecida por Calavera 1981 y Fernández 1986, donde se utiliza la evolución de las propiedades del concreto, para determinar el tiempo en el cual el entrepiso es capaz de soportar las cargas resultantes del proceso constructivo. Se realizó para los vanos central y de esquina, de igual forma los T_C de inicio fueron los que se indicaron en el análisis de cargas, llegando a un T_C mínimo, en donde el comportamiento del entrepiso cumpliera con la evolución de sus propiedades de resistencia, necesarias para soportar las cargas que interactúan sobre él. Este análisis se hizo para la construcción de 8 entrepisos.

Para ayudar a su entendimiento los resultados se expresaran de la siguiente forma:

T_C : Tiempo requerido para realizar la operación de cimbrado del entrepiso (días).

T_{CL} : Tiempo requerido para realizar la operación de clareado del entrepiso (días).

T_R : Tiempo requerido para realizar la operación de recimbrado del entrepiso (días).

T_D : Tiempo requerido para realizar la operación de descimbrado del entrepiso (días).

T_P : Tiempo propuesto para realizar la ejecución de 8 entrepisos con un $T_C = 7$ días, acumulado (días).

T_{CR} : Tiempo resultante requerido para realizar la operación de cimbrado del entrepiso después de aplicar el algoritmo del NPS y la metodología de Calavera 1981 y Fernández 1986 (días).

T_{RP} : Tiempo resultante para realizar la ejecución de 8 entrepisos después de aplicar el algoritmo del NPS acumulado (días).

T_{RM} : Tiempo resultante mejorado para realizar 8 entrepisos después de aplicar el algoritmo del NPS con un $T_C = 5$ días (días).

De igual forma mediante las siguientes figuras se presentan las diferentes operaciones que interviene en los procesos estudiados:

T_C : Tiempo requerido para realizar la operación de cimbrado, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

1. Armado y hormigonado de columnas.
2. Movimiento de equipo.

3. Armado de equipo auxiliar.
4. Instalación de acero de refuerzo y aligerante.

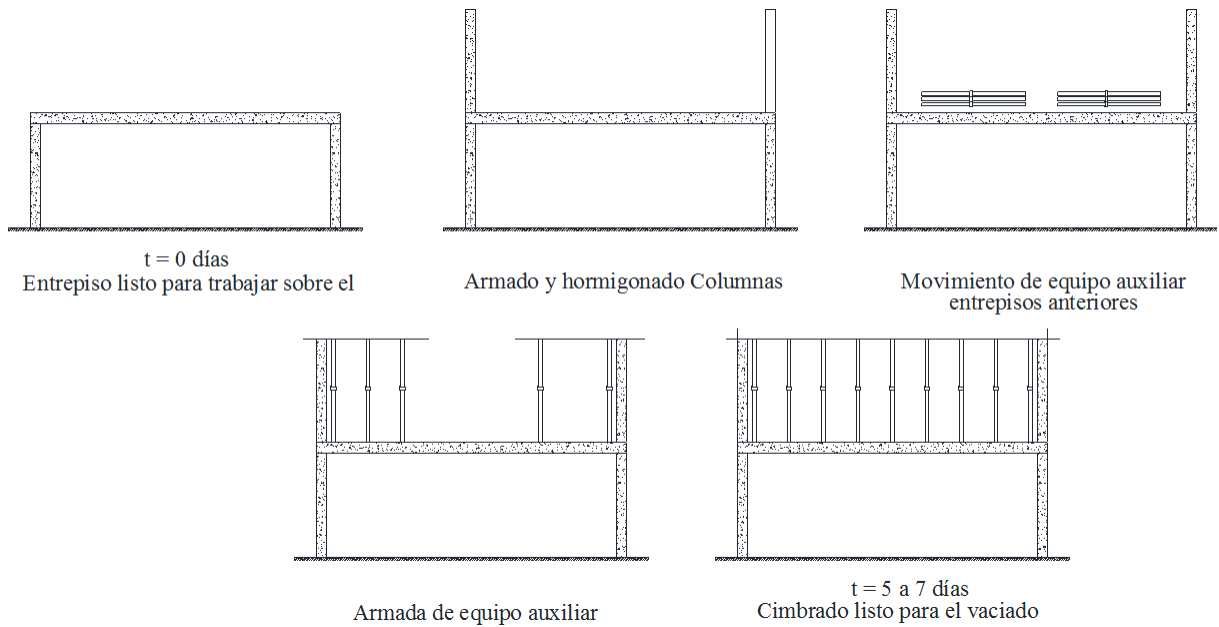


Figura 44. Operaciones realizadas para el vaciado

T_{CL} : Tiempo requerido para realizar la operación de clareado del entrecimso, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

1. Retiro de aproximadamente 50 % del equipo auxiliar.
2. Disposición del equipo retirado para el siguiente entrecimso

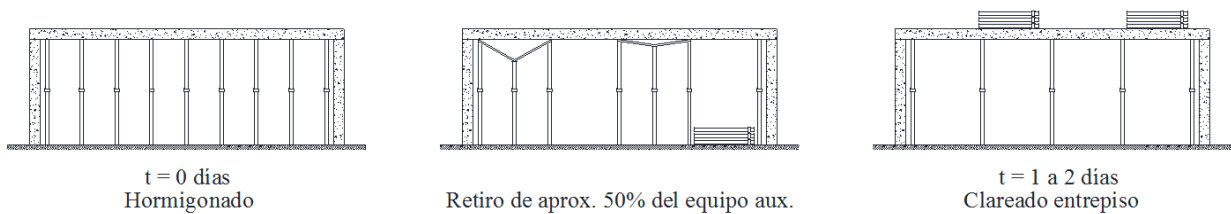


Figura 45. Operaciones realizadas para el clareado

T_R : Tiempo requerido para realizar la operación de recimbrado del entrecimso, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

1. Retiro de del equipo auxiliar.
2. Disposición del equipo retirado para el siguiente entrecimso que no se usara como es el caso de cerchas y camillas.
3. Instalación de puntales en los elementos principales del entrecimso.

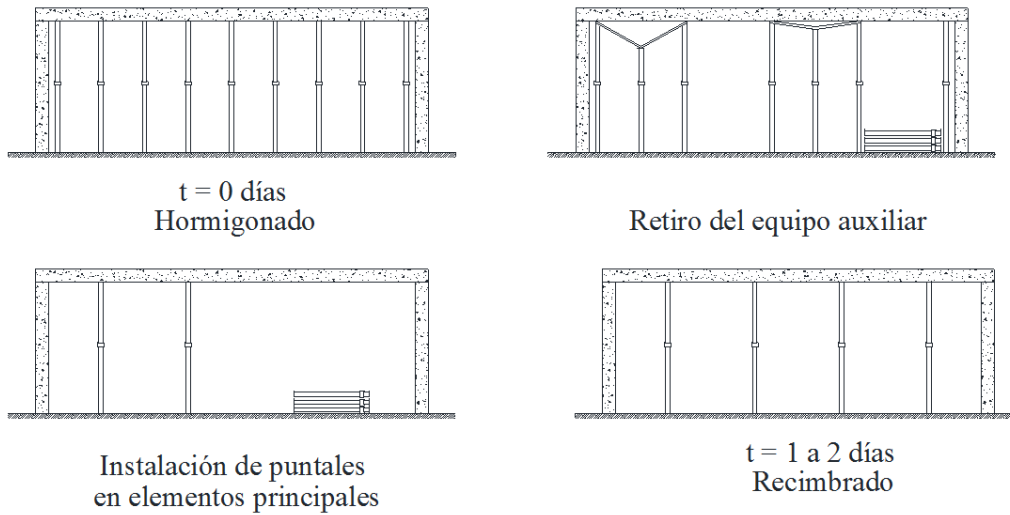


Figura 46. Operaciones realizadas para el recimbrado

T_D : Tiempo requerido para realizar la operación de descimbrado del entrepiso, el cual incluye las siguientes sub operaciones:

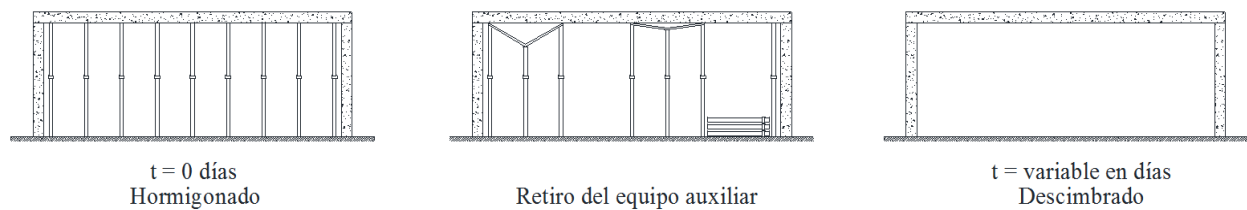


Figura 47. Operaciones realizadas para el descimbrado

A continuación se relaciona un ejemplo para la interpretación de las tablas donde se expresan los resultados obtenidos:

Tabla 26. Ejemplo explicativo tablas de resultados

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TIEMPO CICLO		TIEMPO CICLO			
			TCR	Td	TRP	TCR	Td	TRM	TCR	Td
1	Hormigonado	0	7	17	0	7	16	0	5	12
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	17			16			12		
2	Hormigonado	7	7	20	7	7	18	5	5	14
	Clareado	9			9			7		
	Descimbrado	27			25			19		
3	Hormigonado	14	10	23	14	9	20	10	7	16
	Clareado	16			16			12		
	Descimbrado	37			34			26		
4	Hormigonado	24	10	23	23	9	20	17	7	16
	Clareado	26			25			19		
	Descimbrado	47			43			33		
5	Hormigonado	34	10	23	32	9	20	24	7	16
	Clareado	36			34			26		
	Descimbrado	57			52			40		
6	Hormigonado	44	10	23	41	9	20	31	7	16
	Clareado	46			43			33		
	Descimbrado	67			61			47		
7	Hormigonado	54	10	23	50	9	20	38	7	16
	Clareado	56			52			40		
	Descimbrado	77			70			54		
8	Hormigonado	64	10	23	59	9	20	45	7	16
	Clareado	66			61			47		
	Descimbrado	87			79			61		

En la columna de entrepiso, se observa la cantidad de entrepiso consecutivamente apuntalados.

1. En la columna T_P , se tienen los datos de tiempos propuestos como datos de entrada que se utilizaron en el algoritmo del NPS.
2. Las columnas que tienen como título T_{CR} expresan el tiempo que transcurre entre el hormigonado de un entrepiso inmediatamente siguiente.
3. Las columnas que tienen como título T_D expresan el tiempo que transcurre para realizar todo CCD (CD o CRD) un mismo entrepiso.
4. La columna que tiene como título T_{RP} , son los tiempos resultantes después de haber ingresado los tiempos establecidos en la columna T_P , en el algoritmo del NPS y haber aplicado la metodología de Calavera 1981 y Fernández 1986.
5. La columna que tiene como título T_{RM} , son los tiempos resultantes mejorados después de haber ingresado $T_C=5$ días, en el algoritmo del NPS y haber aplicado la metodología de Calavera 1981 y Fernández 1986.

Con esta información, se logra interpretar el resultado de la siguiente forma para el entrepiso 6:

Tiempos propuestos T_P , con un $T_c = 7$ días:

- La operación de hormigonado se realiza el día 44, la de clareado el día 46 y el de descimbrado es el día 66.
- El tiempo que transcurre entre la fundida del entrepiso anterior y el 6 es de 10 días.
- El tiempo necesario para realizar el proceso de CCD es de 23 días.

Al ingresar estos datos de tiempos al algoritmo del NPS, da como resultado los tiempos propuestos mejorados T_{RP} :

- La operación de hormigonado se realiza el día 41, la de clareado el día 43 y el de descimbrado es el día 61.
- El tiempo que transcurre entre la fundida del entrepiso anterior y el del entrepiso 6 es de 9 días.
- El tiempo necesario para realizar el proceso de CCD es de 20 días.

Con los resultados anteriores y aplicando nuevamente el algoritmo del NPS, para un $T_c = 5$ días:

- La operación de hormigonado se realiza el día 31, la de clareado el día 33 y el de descimbrado es el día 61.
- El tiempo que transcurre entre la fundida del entrepiso anterior y el del entrepiso 6 es de 7 días.
- El tiempo necesario para realizar el proceso de CCD es de 16 días.

Como se observa en el entrepiso 8, en la operación de descimbrado en las columnas de T_P , T_{RP} y T_{RC} se ve la totalidad de tiempo que se necesita para realizar la ejecución de los 8 entrepisos, pasando de un $T_P = 87$ días, y un $T_{RP} = 79$ días y llegando a un $T_{RC} = 61$ días.

Teniendo ya las herramientas que facilitaran el entendimiento de los resultados se inicia con el análisis de los diferentes procesos a continuación.

4.2.1 Análisis de plazos proceso de cimbrado – descimbrado

Como punto de partida se utilizaron los resultados obtenidos en el análisis de cargas para determinar los plazos en los que se pueden ejecutar los diferentes procesos constructivos.

Se presentarán resultados de análisis de plazos para 1, 2, 3 y 4 juegos de equipos o entrepisos apuntalados consecutivamente.

4.2.1.1 Resultados para un piso apuntalado

La Figura 48, resume como se obtuvieron los plazos.

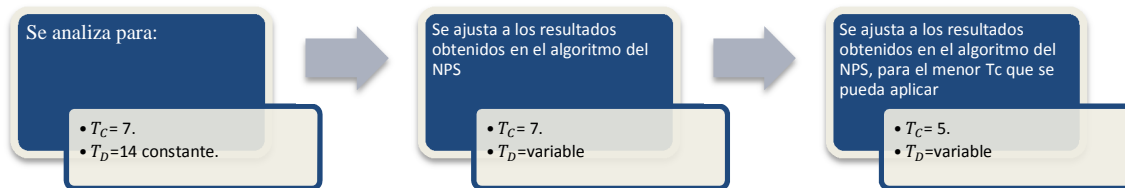


Figura 48. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-1J

La Tabla 27 y la Tabla 28, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 27. Resultados de plazos proceso de CD-1J – Vano central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Homigonado	0	} 21	} 14	0	} 29	} 22	0	} 29	} 22
	Descimbrado	14								
2	Homigonado	21	} 21	} 14	29	} 29	} 22	29	} 29	} 22
	Descimbrado	35								
3	Homigonado	42	} 21	} 14	58	} 29	} 22	58	} 29	} 22
	Descimbrado	56								
4	Homigonado	63	} 21	} 14	87	} 29	} 22	87	} 29	} 22
	Descimbrado	77								
5	Homigonado	84	} 21	} 14	116	} 29	} 22	116	} 29	} 22
	Descimbrado	98								
6	Homigonado	105	} 21	} 14	145	} 29	} 22	145	} 29	} 22
	Descimbrado	119								
7	Homigonado	126	} 21	} 14	174	} 29	} 22	174	} 29	} 22
	Descimbrado	140								
8	Homigonado	147	} 21	} 14	203	} 29	} 22	203	} 29	} 22
	Descimbrado	161								

Tabla 28. Resultados de plazos proceso de CD-1J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	T_p	TIEMPO CICLO		T_{RP}	TIEMPO CICLO		T_{RM}	TIEMPO CICLO	
			T_{CR}	T_D		T_{CR}	T_D		T_{CR}	T_D
1	Homigonado	0	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	14								
2	Homigonado	21	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	35								
3	Homigonado	42	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	56								
4	Homigonado	63	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	77								
5	Homigonado	84	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	98								
6	Homigonado	105	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	119								
7	Homigonado	126	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	140								
8	Homigonado	147	}	21	}	14	}	29	}	22
	Descimbrado	161								

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometidos a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_c = 5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D son iguales, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos..
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 161, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 225.
- No existe variación entre los vanos analizados para este proceso.

4.2.1.2 Resultados para dos pisos apuntalados

La Figura 49, resume como se obtuvieron los plazos.

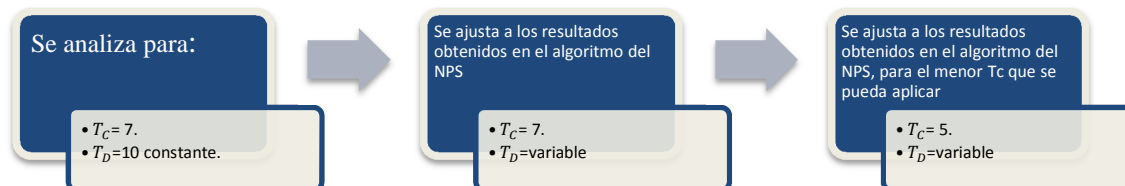


Figura 49. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-2J

La Tabla 29 y Tabla 30 presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 29. Resultados de plazos proceso de CD-2J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	10	0	7	8	0	5	6
	Descimbrado	10			8			6		
2	Hormigonado	7	10	13	7	10	11	5	12	13
	Descimbrado	20			18			18		
3	Hormigonado	17	10	13	17	16	17	17	9	10
	Descimbrado	30			34			27		
4	Hormigonado	27	10	13	33	8	9	26	14	15
	Descimbrado	40			42			41		
5	Hormigonado	37	10	13	41	14	15	40	9	10
	Descimbrado	50			56			50		
6	Hormigonado	47	10	13	55	9	10	49	14	15
	Descimbrado	60			65			64		
7	Hormigonado	57	10	13	64	13	14	63	9	10
	Descimbrado	70			78			73		
8	Hormigonado	67	10	13	77	12	12	72	14	15
	Descimbrado	80			89			87		

Tabla 30. Resultados de plazos proceso de CD-2J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	10	0	7	9	0	5	7
	Descimbrado	10			9			7		
2	Hormigonado	7	10	13	7	9	10	5	9	10
	Descimbrado	20			17			15		
3	Hormigonado	17	10	13	16	13	14	14	13	14
	Descimbrado	30			30			28		
4	Hormigonado	27	10	13	29	11	12	27	10	11
	Descimbrado	40			41			38		
5	Hormigonado	37	10	13	40	12	13	37	12	13
	Descimbrado	50			53			50		
6	Hormigonado	47	10	13	52	11	12	49	11	12
	Descimbrado	60			64			61		
7	Hormigonado	57	10	13	63	12	13	60	11	14
	Descimbrado	70			76			74		
8	Hormigonado	67	10	13	75	12	12	71	14	12
	Descimbrado	80			87			83		

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometidos a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la

capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.

- Al analizar la $T_C=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 80, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 83 para el vano de esquina y de 87 para el vano central, recordemos que para el vano central las cargas medias son mayores, por ende que sus plazos serán mayores.
- Al tener disponibilidad de dos juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene un juego de equipo.

4.2.1.3 Resultados para tres pisos apuntalados

La Figura 50, resume como se obtuvieron los plazos.

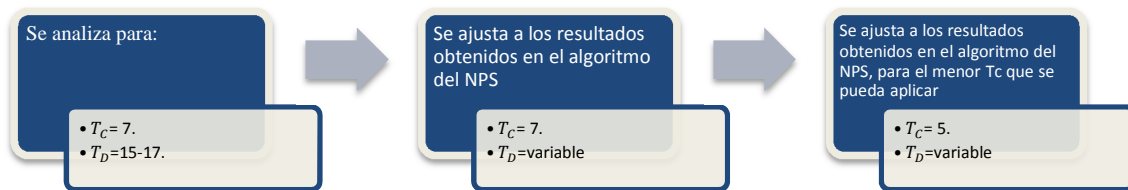


Figura 50. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-3J

La Tabla 31 y la Tabla 32, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 31. Resultados de plazos proceso de CD-3J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Homigonado	0	7	15	0	7	15	0	5	16
	Descimbrado	15								
2	Homigonado	7	7	16	7	19	5	24	5	19
	Descimbrado	23								
3	Homigonado	14	8	17	14	20	10	30	11	20
	Descimbrado	31								
4	Homigonado	22	8	17	22	20	21	40	8	19
	Descimbrado	39								
5	Homigonado	30	8	17	33	19	29	48	6	19
	Descimbrado	47								
6	Homigonado	38	8	17	41	19	35	54	10	19
	Descimbrado	55								
7	Homigonado	46	8	17	49	19	45	64	8	19
	Descimbrado	63								
8	Homigonado	54	8	17	57	19	53	72	8	19
	Descimbrado	71								

Tabla 32. Resultados de plazos proceso de CD-3J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO					
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD				
1	Hormigonado	0	}	7	}	15	}	7	}	15	}	5	}	11
	Descimbrado	15												
2	Hormigonado	7	}	7	}	16	}	7	}	16	}	5	}	11
	Descimbrado	23												
3	Hormigonado	14	}	8	}	17	}	8	}	22	}	6	}	22
	Descimbrado	31												
4	Hormigonado	22	}	8	}	17	}	8	}	20	}	5	}	22
	Descimbrado	39												
5	Hormigonado	30	}	8	}	17	}	11	}	20	}	16	}	23
	Descimbrado	47												
6	Hormigonado	38	}	8	}	17	}	8	}	18	}	6	}	18
	Descimbrado	55												
7	Hormigonado	46	}	8	}	17	}	8	}	18	}	6	}	18
	Descimbrado	63												
8	Hormigonado	54	}		}	17	}		}	18	}		}	18
	Descimbrado	71												

Del análisis a los resultados obtenidos se tiene:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometidos a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_C = 5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 71, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 72 para el vano de esquina y de 67 para el vano central, recordemos que para el vano central las cargas medias son mayores, por ende que sus plazos serán mayores.
- Al tener disponibilidad de tres juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene dos juegos de equipo.

4.2.1.4 Resultados para cuatro pisos apuntalados

La Figura 51, resume como se obtuvieron los plazos.

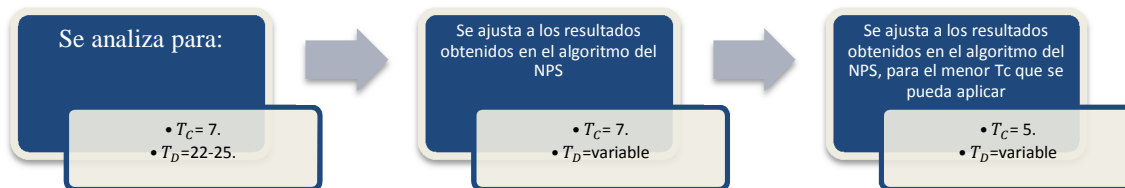


Figura 51. Proceso de cálculo plazos constructivos, CD-4J

La Tabla 33 y la Tabla 34, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 33. Resultados de plazos proceso de CD-4J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	22	0	7	22	0	5	20
	Descimbrado	22								
2	Hormigonado	7	7	23	7	7	23	5	5	23
	Descimbrado	30								
3	Hormigonado	14	7	24	14	7	22	10	5	24
	Descimbrado	38								
4	Hormigonado	21	8	25	21	8	22	15	10	25
	Descimbrado	46								
5	Hormigonado	29	8	25	29	8	22	25	8	22
	Descimbrado	54								
6	Hormigonado	37	8	25	37	6	22	33	6	21
	Descimbrado	62								
7	Hormigonado	45	8	25	43	7	22	39	6	21
	Descimbrado	70								
8	Hormigonado	53	8	25	50	7	22	45	6	21
	Descimbrado	78								

Tabla 34. Resultados de plazos proceso de CD-4J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	22	0	7	22	0	5	16
	Descimbrado	22								
2	Hormigonado	7	7	23	7	7	23	5	5	17
	Descimbrado	30								
3	Hormigonado	14	7	24	14	7	24	10	5	21
	Descimbrado	38								
4	Hormigonado	21	8	25	21	8	25	15	6	23
	Descimbrado	46								
5	Hormigonado	29	8	25	29	8	25	21	6	23
	Descimbrado	54								
6	Hormigonado	37	8	25	37	8	23	27	9	23
	Descimbrado	62								
7	Hormigonado	45	8	25	45	8	23	36	7	23
	Descimbrado	70								
8	Hormigonado	53	8	25	53	7	23	43	6	23
	Descimbrado	78								

De los datos obtenidos se tiene lo que se indica a continuación:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometidos a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D disminuyen, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_C=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 78, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 66 para los dos vanos, pero sus T_{CR} y T_D son diferentes, siendo el del vano central el mayor valor para cada uno de sus casos, recordemos que para el vano central las cargas medias son mayores, por ende que sus plazos en sus T_{CR} serán mayores.
- Al tener disponibilidad de cuatro juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene tres juegos de equipo.

4.2.2 Análisis de plazos proceso de cimbrado – clareado – descimbrado

Como punto de partida se utilizaron los resultados obtenidos en el análisis de cargas para determinar los plazos en los que se pueden ejecutar el proceso constructivo estudiado.

Se presentarán resultados de análisis de plazos para 1, 2, 3 y 4 juegos de equipos o entrepisos apuntalados consecutivamente.

4.2.2.1 Resultados para un piso apuntalado

La Figura 52, representa el proceso realizado para la determinación de plazos en el proceso CCD para un juego de puntales.

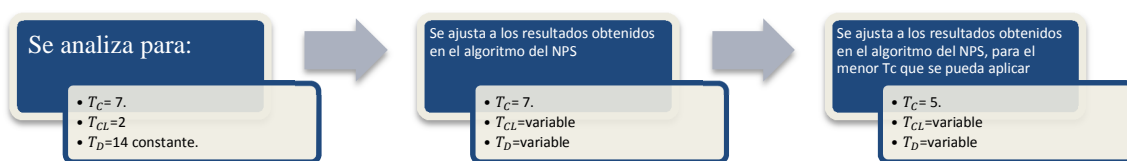


Figura 52. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-1J

La Tabla 35 y la Tabla 36, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 35. Resultados de plazos proceso de CCD-1J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	2								
	Descimbrado	14								
2	Hormigonado	21	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	23								
	Descimbrado	35								
3	Hormigonado	42	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	44								
	Descimbrado	56								
4	Hormigonado	63	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	65								
	Descimbrado	77								
5	Hormigonado	84	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	86								
	Descimbrado	98								
6	Hormigonado	105	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	107								
	Descimbrado	119								
7	Hormigonado	126	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	128								
	Descimbrado	140								
8	Hormigonado	147	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	149								
	Descimbrado	161								

Tabla 36. Resultados de plazos proceso de CCD-1J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	Tp	TIEMPO CICLO		TRp	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	Td		TCR	Td		TCR	Td
1	Hormigonado	0	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	2								
	Descimbrado	14								
2	Hormigonado	21	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	23								
	Descimbrado	35								
3	Hormigonado	42	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	44								
	Descimbrado	56								
4	Hormigonado	63	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	65								
	Descimbrado	77								
5	Hormigonado	84	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	86								
	Descimbrado	98								
6	Hormigonado	105	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	107								
	Descimbrado	119								
7	Hormigonado	126	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	128								
	Descimbrado	140								
8	Hormigonado	147	}	14	}	}	22	}	}	22
	Clareado	149								
	Descimbrado	161								

De los resultados obtenidos se encuentra:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometido a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_c=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D son iguales, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos..
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 161, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 225.
- No existe variación entre los vanos analizados para este proceso.
- Sus resultados T_p y para T_{RM} para los 8 entrepisos son iguales a los obtenidos en el proceso de cimbrado descimbrado con un entrepiso apuntalado.

4.2.2.2 Resultados para dos pisos apuntalados

La Figura 53, presenta el proceso mediante el cual se realizó el cálculo de plazos.

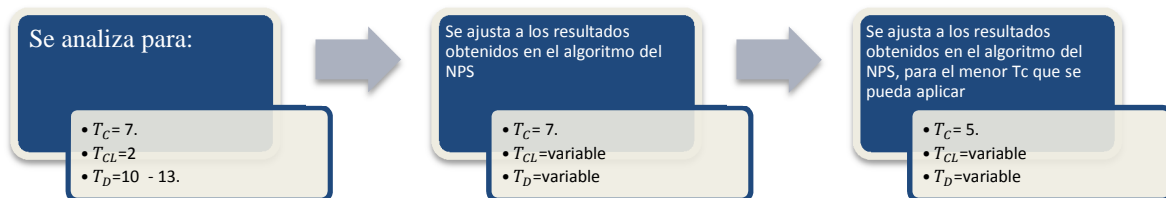


Figura 53. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-2J

La Tabla 37 y la Tabla 38, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 37. Resultados de plazos proceso de CCD-2J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	10	0	7	9	0	5	7
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	10			9			7		
2	Hormigonado	7	10	13	7	9	11	5	7	9
	Clareado	9			9			7		
	Descimbrado	20			18			14		
3	Hormigonado	17	10	13	16	9	11	12	7	9
	Clareado	19			18			14		
	Descimbrado	30			27			21		
4	Hormigonado	27	10	13	25	9	11	19	7	9
	Clareado	29			27			21		
	Descimbrado	40			36			28		
5	Hormigonado	37	10	13	34	9	11	26	7	9
	Clareado	39			36			28		
	Descimbrado	50			45			35		
6	Hormigonado	47	10	13	43	9	11	33	7	9
	Clareado	49			45			35		
	Descimbrado	60			54			42		
7	Hormigonado	57	10	13	52	9	11	40	7	9
	Clareado	59			54			42		
	Descimbrado	70			63			49		
8	Hormigonado	67	10	13	61	9	11	47	7	9
	Clareado	69			63			49		
	Descimbrado	80			72			56		

Tabla 38. Resultados de plazos proceso de CCD-2J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	10	0	7	9	0	5	7
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	10			9			7		
2	Hormigonado	7	10	13	7	9	11	5	7	9
	Clareado	9			8			7		
	Descimbrado	20			18			14		
3	Hormigonado	17	10	13	16	9	11	12	7	9
	Clareado	19			17			13		
	Descimbrado	30			27			21		
4	Hormigonado	27	10	13	25	9	11	19	7	9
	Clareado	29			26			20		
	Descimbrado	40			36			28		
5	Hormigonado	37	10	13	34	9	11	26	7	9
	Clareado	39			35			27		
	Descimbrado	50			45			35		
6	Hormigonado	47	10	13	43	9	11	33	7	9
	Clareado	49			44			34		
	Descimbrado	60			54			42		
7	Hormigonado	57	10	13	52	9	11	40	7	9
	Clareado	59			53			41		
	Descimbrado	70			63			49		
8	Hormigonado	67	10	13	61	9	11	47	7	9
	Clareado	69			62			48		
	Descimbrado	80			72			56		

Del análisis realizado a los resultados obtenidos, se observa:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometido a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_c=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 80, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 56 para los dos vanos, al igual que sus T_{CR} y T_D .
- Al tener disponibilidad de dos juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene tres juegos de equipo.

4.2.2.3 Resultados para tres pisos apuntalados

La Figura 54, muestra el proceso realizado para la obtención de los plazos para tres pisos consecutivos apuntalados.

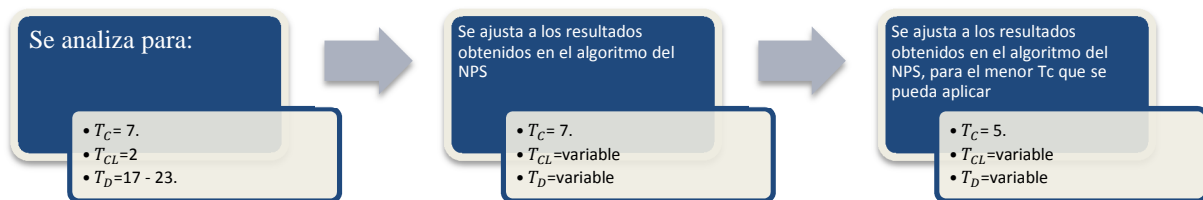


Figura 54. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-3J

La Tabla 39 y la Tabla 40, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 39. Resultados de plazos proceso de CCD-3J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	17	0	7	16	0	5	12
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	17			16			12		
2	Hormigonado	7	7	20	7	7	18	5	5	14
	Clareado	9			9			7		
	Descimbrado	27			25			19		
3	Hormigonado	14	10	23	14	9	20	10	7	16
	Clareado	16			16			12		
	Descimbrado	37			34			26		
4	Hormigonado	24	10	23	23	9	20	17	7	16
	Clareado	26			25			19		
	Descimbrado	47			43			33		
5	Hormigonado	34	10	23	32	9	20	24	7	16
	Clareado	36			34			26		
	Descimbrado	57			52			40		
6	Hormigonado	44	10	23	41	9	20	31	7	16
	Clareado	46			43			33		
	Descimbrado	67			61			47		
7	Hormigonado	54	10	23	50	9	20	38	7	16
	Clareado	56			52			40		
	Descimbrado	77			70			54		
8	Hormigonado	64	10	23	59	9	20	45	7	16
	Clareado	66			61			47		
	Descimbrado	87			79			61		

Tabla 40. Resultados de plazos proceso de CCD-3J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	17	0	7	16	0	5	12
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	17			16			12		
2	Hormigonado	7	7	20	7	7	17	5	5	13
	Clareado	9			8			6		
	Descimbrado	27			24			18		
3	Hormigonado	14	10	23	14	9	18	10	7	14
	Clareado	16			15			11		
	Descimbrado	37			32			24		
4	Hormigonado	24	10	23	23	8	17	17	6	13
	Clareado	26			24			18		
	Descimbrado	47			40			30		
5	Hormigonado	34	10	23	31	8	17	23	6	13
	Clareado	36			32			24		
	Descimbrado	57			48			36		
6	Hormigonado	44	10	23	39	8	17	29	6	13
	Clareado	46			40			30		
	Descimbrado	67			56			42		
7	Hormigonado	54	10	23	47	8	17	35	6	13
	Clareado	56			48			36		
	Descimbrado	77			64			48		
8	Hormigonado	64	10	23	55	9	17	41	7	13
	Clareado	66			56			42		
	Descimbrado	87			72			54		

Al analizar los resultados de plazos calculados, se encuentra:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometidos a cargas mayores que las de diseño.

- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_C=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 87, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 54 para el vano de esquina y de 61 para el vano central, recordemos que para el vano central las cargas medias son mayores, por ende que sus plazos serán mayores.
- Al tener disponibilidad de tres juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene dos juegos de equipo.

4.2.2.4 Resultados para cuatro pisos apuntalados

En la Figura 55, se puede ver el proceso realizado para la obtención de plazos para cuatro juegos de entrepisos apuntalados consecutivos para el proceso constructivo de CCD.

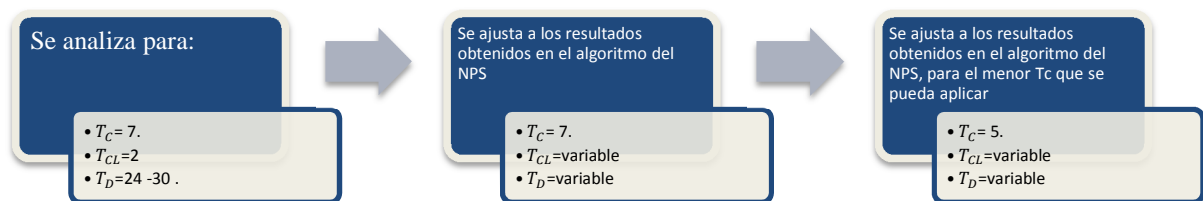


Figura 55. Proceso de cálculo plazos constructivos, CCD-4J

La Tabla 41 y la Tabla 42, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 41. Resultados de plazos proceso de CCD-4J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	24	0	7	23	0	5	17
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	24			23			17		
2	Hormigonado	7	7	27	7	7	25	5	5	19
	Clareado	9			9			7		
	Descimbrado	34			32			24		
3	Hormigonado	14	7	30	14	7	27	10	5	21
	Clareado	16			16			12		
	Descimbrado	44			41			31		
4	Hormigonado	21	10	33	21	9	29	15	7	23
	Clareado	23			23			17		
	Descimbrado	54			50			38		
5	Hormigonado	31	10	33	30	9	29	22	7	22
	Clareado	33			32			24		
	Descimbrado	64			59			44		
6	Hormigonado	41	10	33	39	9	29	29	7	22
	Clareado	43			41			31		
	Descimbrado	74			68			51		
7	Hormigonado	51	10	33	48	9	29	36	7	22
	Clareado	53			50			38		
	Descimbrado	84			77			58		
8	Hormigonado	61	10	33	57	9	29	43	7	22
	Clareado	63			59			45		
	Descimbrado	94			86			65		

Tabla 42. Resultados de plazos proceso de CCD-4J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	24	0	7	23	0	5	17
	Clareado	2			1			1		
	Descimbrado	24			23			17		
2	Hormigonado	7	7	27	7	7	24	5	5	18
	Clareado	9			8			6		
	Descimbrado	34			31			23		
3	Hormigonado	14	7	30	14	7	25	10	5	19
	Clareado	16			15			11		
	Descimbrado	44			39			29		
4	Hormigonado	21	10	33	21	9	26	15	7	20
	Clareado	23			22			16		
	Descimbrado	54			47			35		
5	Hormigonado	31	10	33	30	8	25	22	6	19
	Clareado	33			31			23		
	Descimbrado	64			55			41		
6	Hormigonado	41	10	33	38	8	25	28	6	19
	Clareado	43			39			29		
	Descimbrado	74			63			47		
7	Hormigonado	51	10	33	46	8	25	34	6	19
	Clareado	53			47			35		
	Descimbrado	84			71			53		
8	Hormigonado	61	10	33	54	9	25	40	7	19
	Clareado	63			55			41		
	Descimbrado	94			79			59		

De los datos de plazos obtenidos se encuentra:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometido a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_C=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 97, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 59 para el vano de esquina y de 65 para el vano central, recordemos que para el vano central las cargas medias son mayores, por ende que sus plazos serán mayores.
- Al tener disponibilidad de cuatro juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene tres juegos de equipo.

4.2.3 Análisis de plazos proceso de cimbrado – recimbrado – descimbrado

Como punto de partida se utilizaron los resultados obtenidos en el análisis de cargas para determinar los plazos en los que se puede ejecutar el proceso constructivo de cimbrado – recimbrado – descimbrado.

Se presentarán resultados de análisis de plazos para 1, 2, 3 y 4 juegos de equipos o entrepisos apuntalados consecutivamente.

4.2.3.1 Resultados para un piso apuntalado

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, resume como se obtuvieron los plazos.

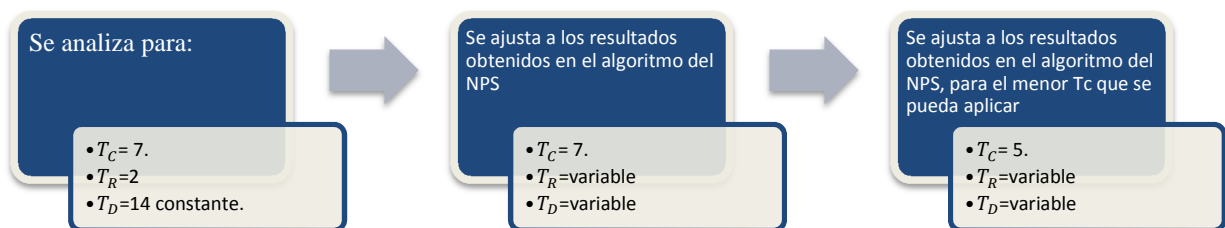


Figura 56. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-1J

La Tabla 43 y la Tabla 44, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 43. Resultados de plazos proceso de CRD-1J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	}	} 14	0	}	} 22	0	}	} 22
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	14			22			22		
2	Hormigonado	21	}	} 14	29	}	} 22	29	}	} 22
	Recimbrado	23			31			31		
	Descimbrado	35			51			51		
3	Hormigonado	42	}	} 14	58	}	} 22	58	}	} 22
	Recimbrado	44			60			60		
	Descimbrado	56			80			80		
4	Hormigonado	63	}	} 14	87	}	} 22	87	}	} 22
	Recimbrado	65			89			89		
	Descimbrado	77			109			109		
5	Hormigonado	84	}	} 14	116	}	} 22	116	}	} 22
	Recimbrado	86			118			118		
	Descimbrado	98			138			138		
6	Hormigonado	105	}	} 14	145	}	} 22	145	}	} 22
	Recimbrado	107			147			147		
	Descimbrado	119			167			167		
7	Hormigonado	126	}	} 14	174	}	} 22	174	}	} 22
	Recimbrado	128			176			176		
	Descimbrado	140			196			196		
8	Hormigonado	147	}	} 14	203	}	} 22	203	}	} 22
	Recimbrado	149			205			205		
	Descimbrado	161			225			225		

Tabla 44. Resultados de plazos proceso de CRD-1J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	Tp	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			T _{CR}	T _D		T _{CR}	T _D		T _{CR}	T _D
1	Hormigonado	0	}	} 14	0	}	} 22	0	}	} 22
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	14			22			22		
2	Hormigonado	21	}	} 14	29	}	} 22	29	}	} 22
	Recimbrado	23			31			31		
	Descimbrado	35			51			51		
3	Hormigonado	42	}	} 14	58	}	} 22	58	}	} 22
	Recimbrado	44			60			60		
	Descimbrado	56			80			80		
4	Hormigonado	63	}	} 14	87	}	} 22	87	}	} 22
	Recimbrado	65			89			89		
	Descimbrado	77			109			109		
5	Hormigonado	84	}	} 14	116	}	} 22	116	}	} 22
	Recimbrado	86			118			118		
	Descimbrado	98			138			138		
6	Hormigonado	105	}	} 14	145	}	} 22	145	}	} 22
	Recimbrado	107			147			147		
	Descimbrado	119			167			167		
7	Hormigonado	126	}	} 14	174	}	} 22	174	}	} 22
	Recimbrado	128			176			176		
	Descimbrado	140			196			196		
8	Hormigonado	147	}	} 14	203	}	} 22	203	}	} 22
	Recimbrado	149			205			205		
	Descimbrado	161			225			225		

Al analizar los resultados de plazos calculados, se encuentra:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometido a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_c = 5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D son iguales, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos..
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 161, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 225.
- No existe variación entre los vanos analizados para este proceso.
- Sus resultados T_p y para T_{RM} para los 8 entrepisos son iguales a los obtenidos en el proceso de cimbrado y descimbrado con un entrepiso apuntalado.

4.2.3.2 Resultados para dos pisos apuntalados

La Figura 57, resume el procedimiento utilizado para la obtención de datos.

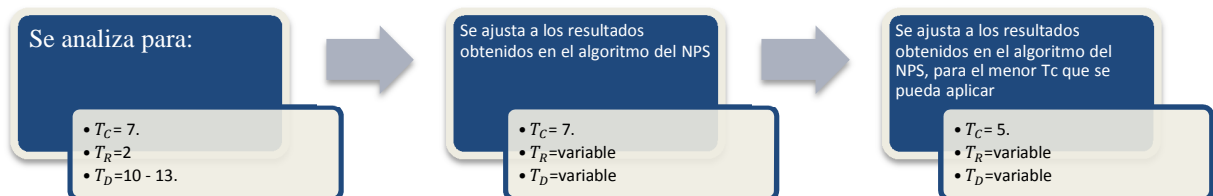


Figura 57. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-2J

La Tabla 45 y la Tabla 46, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 45. Resultados de plazos proceso de CRD -2J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	10	0	7	9	0	5	7
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	10			9			7		
2	Hormigonado	7	10	13	7	9	11	5	8	10
	Recimbrado	9			9			7		
	Descimbrado	20			18			15		
3	Hormigonado	17	10	13	16	9	11	13	7	9
	Recimbrado	19			18			15		
	Descimbrado	30			27			22		
4	Hormigonado	27	10	13	25	9	11	20	8	10
	Recimbrado	29			27			22		
	Descimbrado	40			36			30		
5	Hormigonado	37	10	13	34	9	11	28	8	10
	Recimbrado	39			36			30		
	Descimbrado	50			45			38		
6	Hormigonado	47	10	13	43	9	11	36	8	10
	Recimbrado	49			45			38		
	Descimbrado	60			54			46		
7	Hormigonado	57	10	13	52	9	11	44	8	10
	Recimbrado	59			54			46		
	Descimbrado	70			63			54		
8	Hormigonado	67	10	13	61	9	11	52	7	10
	Recimbrado	69			63			54		
	Descimbrado	80			72			62		

Tabla 46. Resultados de plazos proceso de CRD -2J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	10	0	7	9	0	5	7
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	10			9			7		
2	Hormigonado	7	10	13	7	9	11	5	7	9
	Recimbrado	9			9			7		
	Descimbrado	20			18			14		
3	Hormigonado	17	10	13	16	9	11	12	11	13
	Recimbrado	19			18			14		
	Descimbrado	30			27			25		
4	Hormigonado	27	10	13	25	9	11	23	7	9
	Recimbrado	29			27			25		
	Descimbrado	40			36			32		
5	Hormigonado	37	10	13	34	9	11	30	7	9
	Recimbrado	39			36			32		
	Descimbrado	50			45			39		
6	Hormigonado	47	10	13	43	9	11	37	7	9
	Recimbrado	49			45			39		
	Descimbrado	60			54			46		
7	Hormigonado	57	10	13	52	9	11	44	7	9
	Recimbrado	59			54			46		
	Descimbrado	70			63			53		
8	Hormigonado	67	10	13	61	9	11	51	7	9
	Recimbrado	69			63			53		
	Descimbrado	80			72			60		

Al analizar los resultados de plazos calculados, se encuentra:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometido a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_C=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 80, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 60 para el vano de esquina y de 62 para el vano central, recordemos que para el vano central las cargas medias son mayores, por ende que sus plazos serán mayores.
- Al tener disponibilidad de dos juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene un juego de equipo.

4.2.3.3 Resultados para tres pisos apuntalados

La Figura 58, resume el procedimiento utilizado para la obtención de datos.

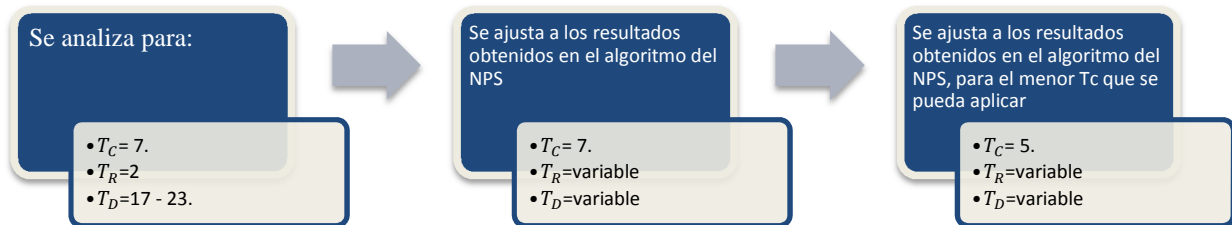


Figura 58. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-3J

La Tabla 47 y la Tabla 48, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 47. Resultados de plazos proceso de CRD -3J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	17	0	7	16	0	5	12
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	17			16			12		
2	Hormigonado	7	7	20	7	7	17	5	5	14
	Recimbrado	9			9			7		
	Descimbrado	27			24			19		
3	Hormigonado	14	10	23	14	9	19	10	7	16
	Recimbrado	16			16			12		
	Descimbrado	37			33			26		
4	Hormigonado	24	10	23	23	8	19	17	7	16
	Recimbrado	26			25			19		
	Descimbrado	47			42			33		
5	Hormigonado	34	10	23	31	9	20	24	7	16
	Recimbrado	36			33			26		
	Descimbrado	57			51			40		
6	Hormigonado	44	10	23	40	9	20	31	7	16
	Recimbrado	46			42			33		
	Descimbrado	67			60			47		
7	Hormigonado	54	10	23	49	9	20	38	7	16
	Recimbrado	56			51			40		
	Descimbrado	77			69			54		
8	Hormigonado	64	10	23	58	9	20	45	7	16
	Recimbrado	66			60			47		
	Descimbrado	87			78			61		

Tabla 48. Resultados de plazos proceso de CRD -3J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	17	0	7	16	0	5	12
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	17			16			12		
2	Hormigonado	7	7	20	7	7	18	5	5	14
	Recimbrado	9			9			7		
	Descimbrado	27			25			19		
3	Hormigonado	14	10	23	14	9	20	10	7	16
	Recimbrado	16			16			12		
	Descimbrado	37			34			26		
4	Hormigonado	24	10	23	23	9	20	17	7	16
	Recimbrado	26			25			19		
	Descimbrado	47			43			33		
5	Hormigonado	34	10	23	32	9	20	24	7	16
	Recimbrado	36			34			26		
	Descimbrado	57			52			40		
6	Hormigonado	44	10	23	41	9	20	31	7	16
	Recimbrado	46			43			33		
	Descimbrado	67			61			47		
7	Hormigonado	54	10	23	50	9	20	38	7	16
	Recimbrado	56			52			40		
	Descimbrado	77			70			54		
8	Hormigonado	64	10	23	59	9	20	45	7	16
	Recimbrado	66			61			47		
	Descimbrado	87			79			61		

De los datos de plazos calculados se destaca:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometidos a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_C=5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 87, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 61 para los dos vanos, al igual que sus T_{CR} y T_D .
- Al tener disponibilidad de tres juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene dos juegos de equipo.

4.2.3.4 Resultados para cuatro pisos apuntalados

La Figura 59, resume el procedimiento utilizado para la obtención de datos.

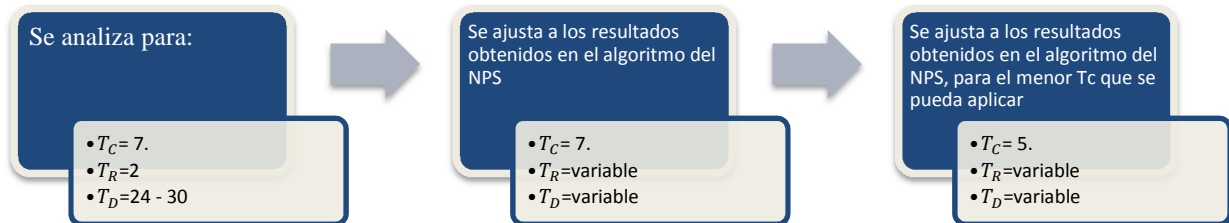


Figura 59. Proceso de cálculo plazos constructivos, CRD-4J

La Tabla 49 y la Tabla 50, presentan el cálculo de plazos obtenidos para el vano central y de esquina respectivamente.

Tabla 49. Resultados de plazos proceso de CRD -4J – Vano de central

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	24	0	7	23	0	5	17
	Clareado	2			2			2		
	Descimbrado	24			23			17		
2	Hormigonado	7	7	27	7	7	25	5	5	19
	Clareado	9			9			7		
	Descimbrado	34			32			24		
3	Hormigonado	14	7	30	14	7	27	10	5	21
	Clareado	16			16			12		
	Descimbrado	44			41			31		
4	Hormigonado	21	10	33	21	9	29	15	7	23
	Clareado	23			23			17		
	Descimbrado	54			50			38		
5	Hormigonado	31	10	33	30	9	30	22	7	23
	Clareado	33			32			24		
	Descimbrado	64			60			45		
6	Hormigonado	41	10	33	39	9	29	29	7	23
	Clareado	43			41			31		
	Descimbrado	74			68			52		
7	Hormigonado	51	10	33	48	9	29	36	7	23
	Clareado	53			50			38		
	Descimbrado	84			77			59		
8	Hormigonado	61	10	33	57	9	29	43	7	23
	Clareado	63			60			45		
	Descimbrado	94			86			66		

Tabla 50. Resultados de plazos proceso de CRD -4J – Vano de esquina

ENTREPISO	PROCESO	TP	TIEMPO CICLO		TRP	TIEMPO CICLO		TRM	TIEMPO CICLO	
			TCR	TD		TCR	TD		TCR	TD
1	Hormigonado	0	7	24	0	7	23	0	5	17
	Recimbrado	2			2			2		
	Descimbrado	24			23			17		
2	Hormigonado	7	7	27	7	7	25	5	5	19
	Recimbrado	9			9			7		
	Descimbrado	34			32			24		
3	Hormigonado	14	7	30	14	7	27	10	5	21
	Recimbrado	16			16			12		
	Descimbrado	44			41			31		
4	Hormigonado	21	10	33	21	9	29	15	7	23
	Recimbrado	23			23			17		
	Descimbrado	54			50			38		
5	Hormigonado	31	10	33	30	9	29	22	7	23
	Recimbrado	33			32			24		
	Descimbrado	64			59			45		
6	Hormigonado	41	10	33	39	9	29	29	7	23
	Recimbrado	43			41			31		
	Descimbrado	74			68			52		
7	Hormigonado	51	10	33	48	9	29	36	7	23
	Recimbrado	53			50			38		
	Descimbrado	84			77			59		
8	Hormigonado	61	10	33	57	9	29	43	7	23
	Recimbrado	63			59			45		
	Descimbrado	94			86			66		

Al analizar los resultados de plazos calculados, se encuentra:

- Los T_p son bajos, pero no tienen en cuenta el comportamiento de las cargas y el entrepiso puede estar sometido a cargas mayores que las de diseño.
- Al analizar la viabilidad de estos tiempos en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RP} sus T_{CR} y T_D aumentan, esto soportado en que el plazo está en función de la capacidad del entrepiso para asumir las cargas de construcción que están interactuando sobre él, que a su vez tienen en cuenta la evolución de las propiedades de concreto.
- Al analizar la $T_c = 5$, en el algoritmo del NPS, da como resultado que para T_{RM} sus T_{CR} y T_D disminuyen, lo que nos permite establecer de que las exigencias de resistencia para soportar las cargas no pueden ser inferiores a estos plazos.
- El T_p para finalizar los 8 entrepisos no puede ser de 94, ya que pone en riesgo la capacidad de soportar las cargas de construcción ejercidas sobre estos, el T_{RM} es de 66 para los dos vanos, al igual que sus T_{CR} y T_D .
- Al tener disponibilidad de cuatro juegos de equipo auxiliar disminuye el tiempo de ejecución con relación a si solo se tiene tres juegos de equipo.

4.3 COMPARACIÓN PROCESOS CONSTRUCTIVOS ESTUDIADOS

Al analizar las diferentes variaciones de cargas en puntales, entrepisos y plazos, se compararon los resultados obtenidos para los entrepisos que presentaron las mayores cargas. En las gráficas a continuación se observa el comportamiento de la carga en los entrepisos y puntales a lo largo del tiempo. Las gráficas presentan los resultados de cargas únicamente en el vano central, ya que como se mencionó anteriormente, este vano está sometido a mayores cargas que el vano de esquina. En este capítulo se compararán los procesos de CCD con CD y CRD.

4.3.1 Gráficos comparativos procesos de CD – CCD

Las cargas máximas obtenidas durante el análisis, fueron las que interactúan en el entrepiso dos, para dos entrepisos consecutivamente apuntalados.

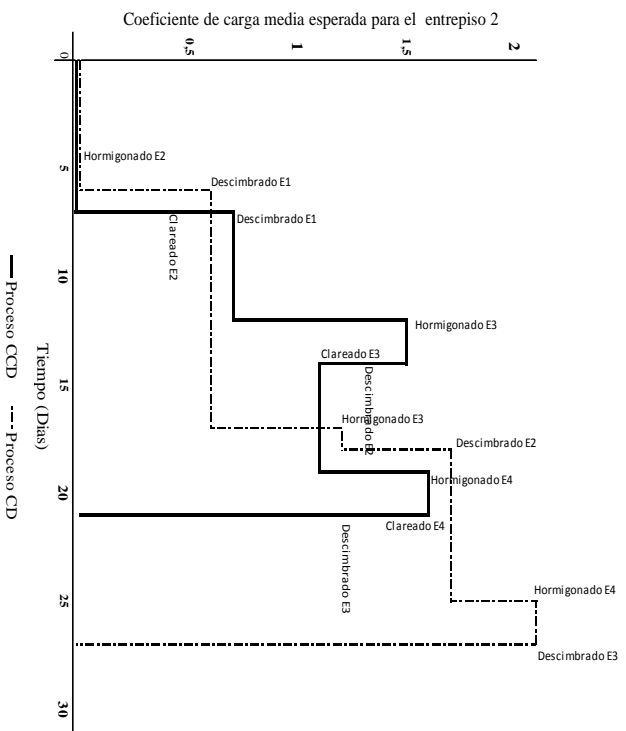


Figura 60. Gráfico comparativo cargas entrepiso 2, CD-CCD

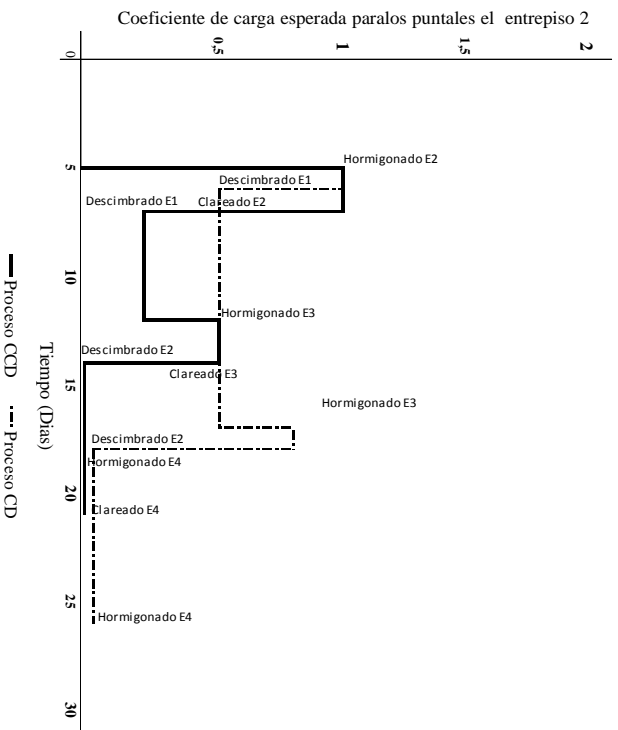


Figura 61. Gráfico comparativo carga puntales entrepiso 2, CD-CCD

De la comparación del proceso de CD con CCD podemos observar que:

- La mayor carga del entrepiso 2 sucede al realizar el hormigonado del entrepiso 4, para los dos procesos.
- La mayor carga soportada por los puntales para los dos procesos, se produce al realizar el hormigonado para el entrepiso 2, para los dos casos.
- Con respecto a tiempos, el proceso de CCD dio como resultado tiempos menores, ya que la operación intermedia que es la de clareado, ayuda a la trasmisión de cargas interactuantes en los entrepiso, por otra parte, el proceso de CD tiene una duración mayor, aproximadamente un 37% más que el del CCD.
- Ninguna carga en los entrepisos excede las cargas de diseño.
- Las mayores cargas se presentan para los procesos de CD.

4.3.2 Gráficos comparativos procesos de CCD – CRD

Las cargas máximas obtenidas durante el análisis, fueron las que interactúan en el entrepiso dos, para dos entrepisos consecutivamente apuntalados.

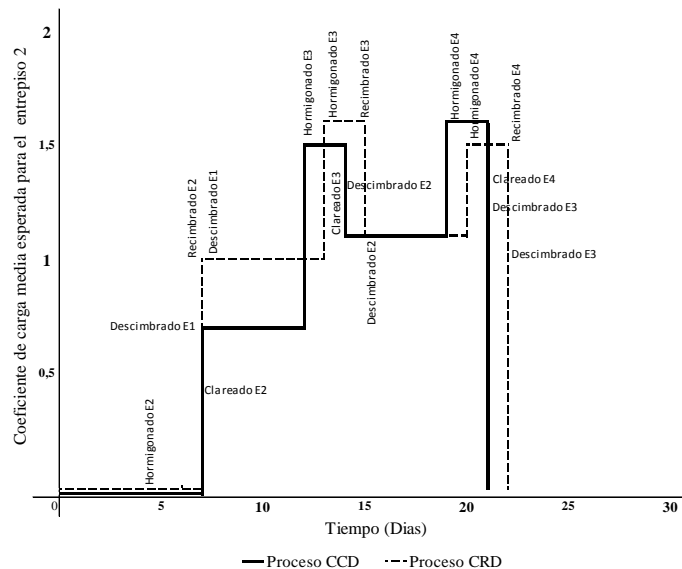


Figura 62. Gráfico comparativo carga entrepiso, CD-CCD

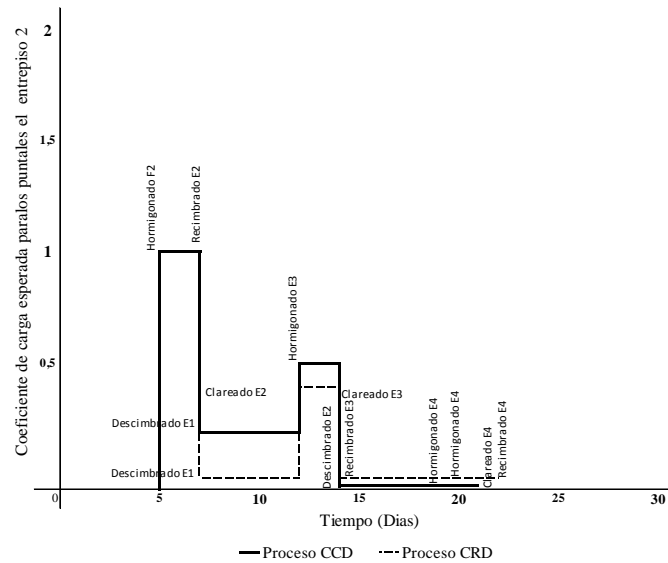


Figura 63. Gráfico comparativo cargas puntuales entrepiso 2, CD-CCD.

De la comparación del proceso de CRD con CCD podemos observar que:

- Para el proceso de CCD, la mayor carga sucede en el entrepiso 2, al realizar el hormigonado del entrepiso 4.
- Para el proceso de CRD, la mayor carga sucede en el entrepiso 2, al realizar el hormigonado del entrepiso 3.
- La mayor carga soportada por los puntales para los dos procesos, se produce al realizar el hormigonado para el entrepiso 2, para los dos casos.
- Con respecto a tiempos, el proceso de CCD dio como resultado tiempos menores, ya que la operación intermedia que es la de clareado, ayuda a la trasmisión de cargas interactuantes en los entrepiso, por otra parte, el proceso de CRD tiene una duración mayor, aproximadamente un 5% más que el del CCD.
- Aunque mantienen una similitud en sus tiempos de ejecución, el proceso de CRD es que presenta mayores cargas en los entrepisos.
- Ninguna carga en los entrepisos excede las cargas de diseño.
- Las mayores cargas se presentan para los procesos de CD.

Para concluir este análisis de cargas y plazos, en la siguiente tabla se pueden observar los plazos totales que se necesitarían para la ejecución de ocho entrepisos los cuales fueron establecidos como referentes para cada proceso estudiado.

Tabla 51. Plazos requeridos para la ejecución de 8 entrepisos procesos CD, CCD y CRD

ENTREPISO SUCEIVOS APUNTALADOS	CD VANO		CCD VANO		CRC VANO	
	CENTRAL	ESQUINA	CENTRAL	ESQUINA	CENTRAL	ESQUINA
1	225	225	225	225	225	225
2	87	83	56	56	62	60
3	72	67	61	54	61	61
4	66	66	65	59	66	66

Al analizarlos se puede considerar que:

- El menor tiempo en que se puede hacer los 8 entrepisos es la de CCD para el vano central para la combinación de dos entrepisos sucesivos apuntalados, como lo hemos mencionado antes, las cargas medias en los entrepisos es mayo para el vano central.
- Se podía pensar que al tener mayor cantidad de equipo la velocidad de ejecución debe ser mayor y por ende un menor tiempo de ejecución, si miramos la tabla anterior observamos que esta premisa no es la más indicada.
- Para los procesos donde solo se tiene un solo juego de equipo, los tiempos de ejecución son iguales, así estos proceso son muy extensos, convirtiéndose en no procedentes por su demora.
- Al utilizar 4 juegos de equipos, los procesos de CDC y CD tienen tiempos iguales.

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Al tener los datos de plazos para los diferentes procesos constructivos, se analiza la incidencia económica que tienen estos sobre los plazos utilizados en el caso de estudio y las diferentes alternativas que se han estudiado lo largo del presente capítulo. Los cálculos fueron realizados para la ejecución de 8 entrepisos con las características de la geometría descrita en el numeral 3.1.3.2 . Cabe resaltar que no se evaluara la incidencia económica de los procesos con un solo juego de equipo, por considerarse poco usual.

Para analizar la incidencia económica de cada uno de los procesos se estudiaron los costos de equipos auxiliares, personal administrativo, personal operativo, mano de obra subcontratista y otros equipos.

Como datos de entrada para el análisis, se consideraron los plazos y costos que se utilizaron para el edificio objeto de estudio, y así se aplicaron al supuesto de ejecución de 8 entrepisos, que se han tomado como referentes en el análisis.

Los resultados se expresaran como se indica a continuación:

- A: el área para los cálculos de equipos se toma de la geometría de la edificación para 714m².
- TI: Tiempo a partir del cual se inicia a contar la duración del alquiler del equipo (días).
- TF: Tiempo total de uso de cada uno de los juegos de equipos utilizados (días).
- TE: Tiempo al cual se entrega al proveedor el equipo auxiliar, para el juego 1 se ha contemplado 5 días adicionales ya que estos son el tiempo que se necesita para realizar el proceso de cimbrado inicial del entrepiso 1, de igual forma a todos los equipos se le adicionan 2 días que es el tiempo necesario para realizar la limpieza antes de entregar el equipo (días).
- TR: tiempo total real de uso de equipos auxiliares (días).
- TC: tiempo de clareado (días).

A continuación se indican cómo se toma en cuenta la cantidad de equipo auxiliar utilizado para cada uno de los procesos.

Proceso de Cimbrado - Descimbrado

En este proceso, es necesario un juego de equipo por cada piso apuntalado, ya que no existe operación intermedia que libere equipo auxiliar para utilizarlo en otros entrepisos, como se muestra en la siguiente figura.

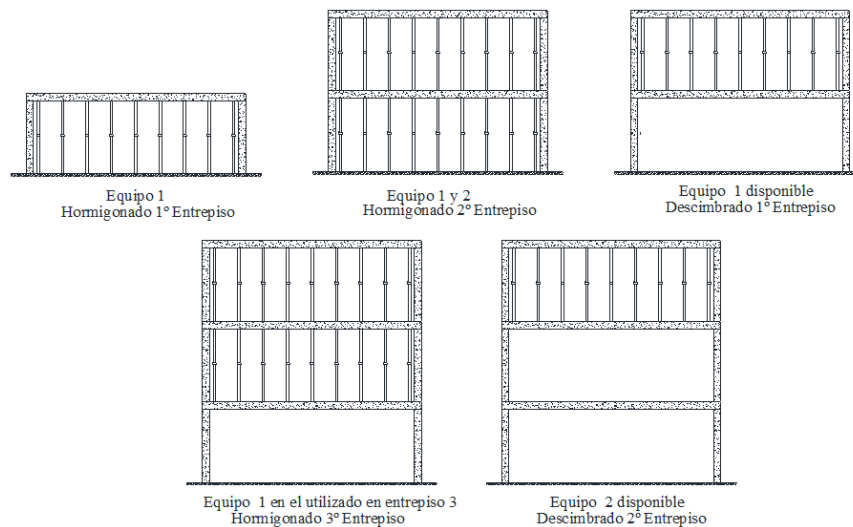


Figura 64. Ejemplo CD.

Proceso de Cimbrado – Clareado – Descimbrado

En este proceso se utilizan 1.5 juegos de equipos por cada dos entrepisos que se encuentren en ejecución. La siguiente figura muestra un ejemplo claro de lo anteriormente enunciado.

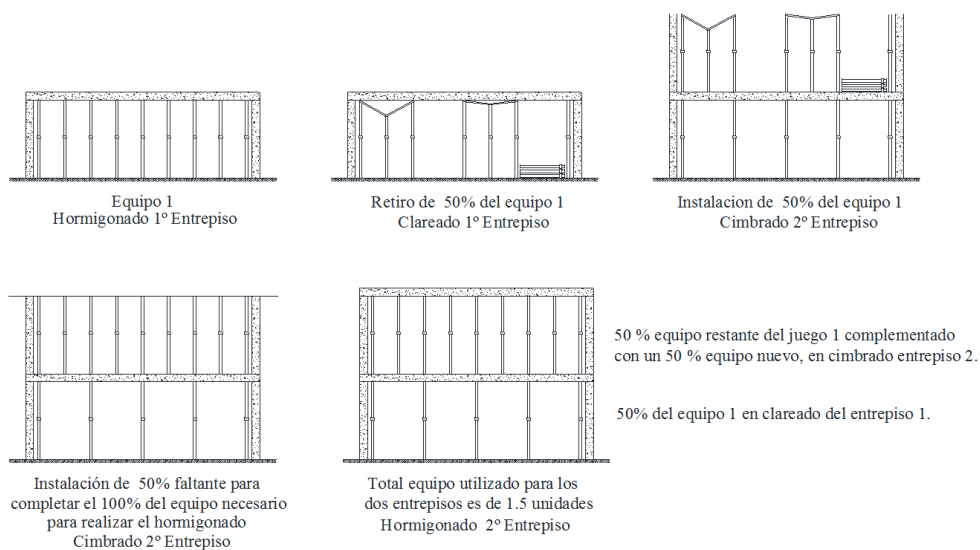


Figura 65. Ejemplo CCD.

Proceso de Cimbrado – Recimbrado – Descimbrado

En este proceso se utilizan 1 juego completo de equipo para el entrepiso hormigonado y un juego de puntales que realizan la operación del recimbrado en el entrepiso inmediatamente anterior, a continuación se presenta un ejemplo de lo anteriormente enunciado.

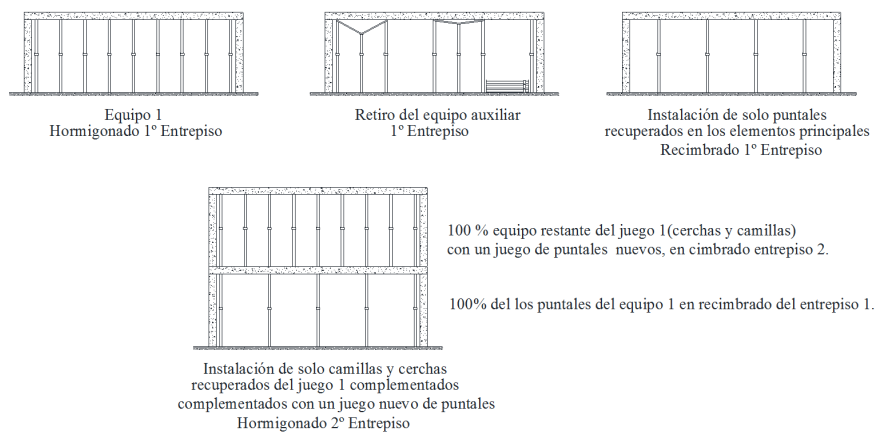


Figura 66. Ejemplo CRD

4.4.1 Equipos auxiliares

La Tabla 52, presenta el presupuesto del alquiler del equipo auxiliar diario.

Tabla 52. Costos equipo auxiliar para el área total de la placa 714 m²

Equipo	Cantidad	Valor unitario	Total
Camillas	798	\$ 150	\$ 119.700
Cerchas	245	\$ 110	\$ 26.950
Puntales	328	\$ 110	\$ 36.080
Guarderas	98	\$ 75	\$ 7.350
Tijeras	365	\$ 27	\$ 9.855
		Total	\$ 199.935

De lo anterior se observa que el valor diario de equipo utilizado para el área total de la placa de entepiso del edificio objeto de estudio es \$ 199.935,00. Para facilitar el análisis el valor se expresa en valor por metro cuadrado de equipo lo que equivale a \$ 280.

Con el fin de tomar un punto de partida para la evaluación económica, de acuerdo a la información suministrada por el constructor, se calcula el número de días total de utilización del equipo en el proyecto objeto de estudio para el proceso de CD con dos pisos apuntalados consecutivos (ver Tabla 53)

Tabla 53. Tiempo de uso equipos Edificio objeto de estudio

Tiempos de uso de equipos utilizados en la edificación de referencia en el proceso de CD con 2 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	70	79
2	7	80	82
		Total	161

Con el tiempo de utilización del equipo definido, se realiza el cálculo del valor total de alquiler del equipo para el edificio objeto de estudio (8 plantas). Para facilidad de cálculo se presentan igualmente en valor por metro cuadrado.

Tabla 54. Costo alquiler del equipo edificio objeto de estudio

Costo pagados por concepto alquiler de equipo caso de estudio			
Valor diario de	Tiempo total de utilización	Valor total pagado por	Valor por metro
\$ 199.935,00	161	\$ 32.189.535,00	\$ 5.635,42 .

A continuación se cuantifica el número de días de utilización del equipo para diferentes juegos apuntalados consecutivos y sus respectivos procesos constructivos.

4.4.1.1 Procesos constructivo CD

Para este proceso, es necesario un juego de equipo por cada piso apuntalado, ya que no existe operación intermedia que libere equipo auxiliar para ser utilizado en otros entrepisos. Los totales indican la cantidad de días que se necesitarían en cada proceso para la ejecución de 8 entrepisos consecutivos.

Tabla 55. Tiempo de utilización equipo CD-2J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CD con 2 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	73	80
2	5	87	89
Total			169

Tabla 56. Tiempo de utilización equipo CD-3J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CD con 3 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	54	61
2	5	64	66
3	10	72	54
Total			181

Tabla 57. Tiempo de utilización equipo CD-4J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CD con 4 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	47	54
2	5	54	56
3	10	60	62
4	15	66	54
Total			226

La siguiente tabla presenta la cantidad de días en que debe estar alquilado el equipo necesario para la ejecución de 8 entrepisos, dependiendo del número de entrepisos consecutivos apuntalados.

Tabla 58. Resumen tiempo de utilización equipo CD

Resumen de cantidad de días en que se debe tener alquilado los equipos para el proceso de CD	
Entrepisos apuntalados consecutivamente	TE
2	169
3	181
4	226

4.4.1.2 *Procesos constructivo CCD*

Para el proceso de cimbrado, clareado, descimbrado, se utiliza 1.5 juegos de equipos por cada dos entrepisos que se encuentren en ejecución.

Tabla 59. Tiempo de uso CCD 2J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CCD con 2 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	49	56
2	5	56	54

Es preciso recordar que el equipo 1 se utiliza en un 100% y el equipo 2 se utiliza en un 50%, lo que indica la mitad del tiempo de utilización para el segundo equipo.

Tabla 60. Tiempo de uso CCD 3J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CCD con 3 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	47	54
2	5	54	56
3	10	61	63

Para el caso de tres pisos apuntalados consecutivos, se presenta una utilización del 50% tanto del equipo 2 como del equipo 3.

Tabla 61. Tiempo de uso CCD 4J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CCD con 4 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	44	51
2	5	51	53
3	10	58	60
4	15	65	67

Igualmente que en los casos anteriores, se presenta para los pisos 2, 3 y 4 una utilización del 50% del equipo.

A continuación se presenta la cantidad de días en que debe estar alquilado el equipo necesario para la ejecución de 8 entrepisos, de acuerdo a los entrepisos consecutivos apuntalados que tenga.

Tabla 62. Resumen tiempo de utilización equipo CCD

Resumen de cantidad de días en que se debe tener alquilado los equipos para el proceso de CCD	
Entrepisos apuntalados consecutivamente	TE
2	83
3	114
4	141

4.4.1.3 Procesos constructivo CRD

En este proceso se utiliza 1 juego completo de equipo para el entrepiso a hormigonear y un único juego de puntales que están realizando la operación de recimbrado en el entrepiso inmediatamente anterior.

Tabla 63. Tiempo de uso CRD 2J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CRD con 2 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	54	56
2	5	62	64

Para este proceso se tiene una utilización del 100% del equipo para piso 1 y para el equipo 2 se cuantifican únicamente los puntales que interviene en la operación de recimbrado.

Tabla 64. Tiempo de uso CRD 3J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CRD con 3 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	47	49
2	5	54	56
3	10	61	68

De igual manera que para dos entrepisos apuntalados, para el equipo 3 y equipo 4 se cuantifican únicamente los puntales que intervienen en la operación de recimbrado.

Tabla 65. Tiempo de uso CRD 4J

Tiempos de uso de equipos por proceso de CCD con 4 entrepisos consecutivamente apuntalados			
No. Equipo	TI	TF	TE
1	0	45	47
2	5	52	54
3	10	59	61
4	15	66	73

A continuación se presenta la cantidad de días en que debe estar alquilado el equipo necesario para la ejecución de 8 entrepisos en un proceso de CRD, dependiendo de los entrepisos consecutivos apuntalados que tenga.

Tabla 66. Tiempo de uso CRD 4J

Resumen de cantidad de días en que se debe tener alquilado los equipos para el proceso de CRD		
Entrepisos apuntalados consecutivamente	Días de uso de equipo completo TE	Días de uso de solo puntales TE
2	64	56
3	68	105
4	73	162

Con esta información se obtiene los costos totales de alquiler de equipos auxiliares por cada uno de los procesos evaluados, en las siguientes tablas se presentan estos resultados para la ejecución de ocho entrepisos.

Tabla 67. Valor total de alquiler de acuerdo al proceso estudiado

No. De entresijos consecutivamente apuntalados	Valor total de alquiler de equipos de acuerdo al Proceso					
	CD		CRD		CCD	
2	\$	33.789.015	\$	15.368.200	\$	16.594.605
3	\$	39.187.260	\$	18.418.755	\$	22.792.590
4	\$	44.985.375	\$	22.036.725	\$	28.190.835

Tabla 68. Valor total de alquiler de acuerdo al proceso estudiado

No. De entresijos consecutivamente apuntalados	Valor por metro cuadrado de alquiler de equipo de acuerdo al Proceso					
	CD		CRD		CCD	
No. De Juegos						
2	\$	5.915	\$	2.691	\$	2.905
3	\$	6.861	\$	3.225	\$	3.990
4	\$	7.876	\$	3.858	\$	4.935

En la siguiente tabla se presente el porcentaje obtenido de la relación que existe entre el costo por m² de equipo pagado en el edificio objeto de estudio y los resultados de costos calculados para los diferentes procesos y pisos apuntalados consecutivos.

Tabla 69. Relación porcentual entre costos reales pagados y obtenidos para los diferentes procesos

No. De entresijos consecutivamente apuntalados	Relación del valor de metro cuadrado con el valor pagado por la constructora por concepto de alquiler de equipo					
	CD		CRD		CCD	
No. De Juegos						
2		105%		48%		52%
3		122%		57%		71%
4		140%		68%		88%

Después de haber analizado las cuantías de equipos auxiliares y sus costos se concluye:

- La menor cantidad de días utilizando el equipo es el del proceso de CRD para dos juegos de equipos.
- El menor costo de los equipos auxiliares es el CRD para dos juegos de equipos y el más elevado es el de CD para cuatro juegos de equipo.

4.4.2 Personal administrativo

Consiste en el análisis del personal directivo necesario para desarrollar este tipo de proyecto, esta estructura de personal fue la utilizada en el caso de estudio.

En la siguiente tabla se resume el valor diario pagado por la constructora por concepto del personal administrativo.

Tabla 70. Costos personal administrativo

COSTOS PERSONAL ADMINISTRATIVO			
Personal/labor	Salario Mensual	Factor Prestacional	Total
Director de obra	\$ 8.080.000	1,39	\$ 11.231.200
Residente de obra	\$ 4.000.000	1,582	\$ 6.328.000
Residente SISOMA	\$ 1.500.000	1,582	\$ 2.373.000
Auxiliar SISOMA	\$ 1.000.000	1,582	\$ 1.582.000
Almacenista	\$ 1.200.000	1,582	\$ 1.898.400
Ayudante de almacen	\$ 750.000	1,582	\$ 1.186.500
Secretaria	\$ 700.000	1,582	\$ 1.107.400
Vigilancia Privada 24 Horas	\$ 5.500.000	-	\$ 5.500.000
		Total	\$ 31.206.500
		Valor total por día	\$ 1.040.217
		Valor total por el tiempo ocho entrepisos	\$ 90.498.850

En las siguientes tablas se presentan los costos de personal administrativo calculados para los diferentes procesos constructivos estudiados y su relación con respecto a valor total de la Tabla 70.

Tabla 71. Valor personal administrativo por proceso

No. De entrepisos consecutivamente apuntalados	Valor total Personal Administrativo de acuerdo al Proceso		
	CD	CRD	CCD
2	\$ 95.699.933	\$ 69.694.517	\$ 63.453.217
3	\$ 80.096.683	\$ 68.654.300	\$ 68.654.300
4	\$ 73.855.383	\$ 73.855.383	\$ 72.815.167

Tabla 72. Relación porcentual costos reales y obtenidos para persona administrativo

No. De entrepisos consecutivamente apuntalados	Relación Personal Administrativo ejecutado con respecto a los resultados obtenidos en los diferentes procesos		
	CD	CRD	CCD
2	6%	-23%	-30%
3	-11%	-24%	-24%
4	-18%	-18%	-20%

De los datos obtenidos se analiza:

- Se puede obtener un ahorro en el proceso de CCD para dos juegos de equipos debido a que este da como resultado la menor cantidad de días utilizando personal administrativo, esto basado en lo obtenido en el desarrollo de este capítulo.
- El menor costo personal administrativo es el CCD para dos juegos de equipos y el más elevado es el de CD para dos juegos de equipo.

4.4.3 Personal operativo

Cosiste en el análisis del personal operativo necesario para desarrollar este tipo de proyecto, esta estructura de personal fue la utilizada en el caso de estudio. En la siguiente tabla observamos los costos diarios que tiene este personal, de igual forma los costos que se tendrían para la construcción ocho entrepisos, el cual tomaremos como referente para realizar nuestro estudio.

Tabla 73. Costo personal operativo

COSTOS PERSONAL OPERTIVO			
Personal/labor	Salario Mensual	Factor Prestacional	Total
Maestro general	\$ 2.500.000	1,582	\$ 3.955.000
Contramaestro	\$ 1.600.000	1,582	\$ 2.531.200
Ejero	\$ 1.100.000	1,582	\$ 1.740.200
Ayudante	\$ 700.000	1,582	\$ 1.107.400
		Total	\$ 9.333.800
		Valor total por día	\$ 311.127
		Valor total por el tiempo de la obra ejecutada	\$ 27.068.020

En la siguientes dos tablas podemos ver los costos de personal para cada uno de los procesos estudiados y su respectiva variación al compararlos con los costos de la tabla anterior.

Tabla 74. Costo personal operativo por proceso

No. De entrepisos consecutivamente apuntalados	Valor total Personal Operativo de acuerdo al Proceso		
	CD	CRD	CCD
2	\$ 28.623.653	\$ 20.845.487	\$ 18.978.727
3	\$ 23.956.753	\$ 20.534.360	\$ 20.534.360
4	\$ 22.089.993	\$ 22.089.993	\$ 21.778.867

Tabla 75. Relación porcentual costos reales y obtenidos para persona administrativo

No. De entrepisos consecutivamente apuntalados	Relación Personal Operativo ejecutado con respecto a los resultados obtenidos en los diferentes procesos		
	CD	CRD	CCD
2	2%	-7%	-9%
3	-3%	-7%	-7%
4	-6%	-6%	-6%

Después de haber analizado los costos de personal para los plazos obtenidos de los procesos evaluados se concluye:

- Se puede obtener un ahorro en el proceso de CCD para dos juegos de equipos debido a que este da como resultado la menor cantidad de días utilizando personal operativo, esto basado en lo obtenido en el desarrollo de este capítulo.
- El menor costo personal administrativo es el CCD para dos juegos de equipos y el más elevado es el de CD para dos juegos de equipo.

4.4.4 Mano de obra subcontratista

Cosiste en el análisis del personal utilizado necesario para desarrollar este tipo de proyecto, esta estructura de personal fue la utilizada en el caso de estudio. En la siguiente tabla observamos los costos diarios que tiene este personal, de igual forma los costos que se tendrían para la construcción ocho entrepisos, y su utilidad operativa, el cual tomaremos como referente para realizar nuestro estudio.

Tabla 76. Costos Mano de obra subcontratista

COSTOS PERSONAL OPERATIVO				
Personal/labor	Salario Mensual	Factor Prestacional	Cantidad	Total
Oficiales Carpintería	\$ 950.000	1,582	6	\$ 9.017.400
Ayudantes Carpintería	\$ 700.000	1,582	10	\$ 11.074.000
Oficiales Acero de Refuerzo	\$ 950.000	1,582	7	\$ 10.520.300
Ayudantes Acero de Refuerzo	\$ 700.000	1,582	7	\$ 7.751.800
Oficiales Vaciado de Concreto	\$ 950.000	1,582	3	\$ 4.508.700
Ayudantes Vaciado de Concreto	\$ 700.000	1,582	5	\$ 5.537.000
			Valor mensual	\$ 48.409.200
			Valor total nómina por día	\$ 1.613.640
			Valor total por el tiempo de la obra ejecutada	\$ 140.386.680
			Valor total del SubContrato par un Vr de m² de \$30.000	\$ 171.360.000
			Utilidad Operativa %	18,08%

En las siguientes tablas se presentan los costos de mano de obra para cada uno de los procesos estudiados y su respectiva variación al compararlos con los costos de la Tabla 76.

Tabla 77. Costo por proceso subcontrato mano de obra

No. De entrespisos consecutivamente apuntalados	Valor total Subcontrato mano de obra estructura de acuerdo al Proceso		
	CD	CRD	CCD
2	\$ 148.454.880	\$ 108.113.880	\$ 98.432.040
3	\$ 124.250.280	\$ 106.500.240	\$ 106.500.240
4	\$ 114.568.440	\$ 114.568.440	\$ 112.954.800

Tabla 78. Utilidad Operativa de acuerdo al proceso y número de juegos

No. De entrespisos consecutivamente apuntalados	Utilidad Operativa con respecto a los resultados obtenidos en los diferentes procesos		
	CD	CRD	CCD
2	13%	37%	43%
3	27%	38%	38%
4	33%	33%	34%

Una vez analizados los costos de mano de obra para los plazos obtenidos de los procesos evaluados se concluye:

- Se puede obtener un aumento en el proceso de CCD para dos juegos de equipos debido a que este da como resultado la menor cantidad de días utilizando personal operativo, esto basado en lo obtenido en el desarrollo de este capítulo.
- El menor margen de utilidad es el CD para dos juegos de equipos y el más elevado es el de CCD para dos juegos de equipo.

4.4.5 Otros equipos

Se analiza los costos de la utilización de Torre Grúa, como mecanismo que nos ayuda a garantizar los tiempos en los ciclos de cimbrado de los entrepisos. En la siguiente tabla observamos los costos diarios que tiene este equipo, de igual forma los costos que se tendrían para la construcción ocho entrepisos, y su utilidad operativa, el cual tomaremos como referente para realizar nuestro estudio.

Tabla 79. Valor total alquiler torregrua

Alquiler Torre Grua			
Personal/labor	Costo diario	Días Ejecución	Total Obra Ejecutada
Torre Grua	\$ 400.000	87	\$ 34.800.000

En la siguientes dos tablas podemos ver los costos de alquiler de la torre grúa para cada uno de los procesos estudiados y su respectiva variación al compararlos con los costos de la tabla anterior.

Tabla 80. Valor total alquiler torregrua de acuerdo al proceso

No. De entrepisos consecutivamente apuntalados	Valor total Torregrua de acuerdo al Proceso		
	CD	CRD	CCD
2	\$ 36.800.000	\$ 26.800.000	\$ 24.400.000
3	\$ 30.800.000	\$ 26.400.000	\$ 26.400.000
4	\$ 28.400.000	\$ 28.400.000	\$ 28.000.000

Tabla 81. Relación alquiler de torregrua

No. De entrepisos consecutivamente apuntalados	Relación Alquiler servicio de Torregrua ejecutado con respecto a los resultados obtenidos en los diferentes procesos		
	CD	CRD	CCD
2	6%	-23%	-30%
3	-11%	-24%	-24%
4	-18%	-18%	-20%

De lo anterior se evidencia:

- Se puede obtener un ahorro en el proceso de CCD para dos juegos de equipos debido a que este da como resultado la menor cantidad de días utilizando personal operativo, esto basado en lo obtenido en el desarrollo de este capítulo.
- El menor costo de alquiler de torre grúa es el CCD para dos juegos de equipos y el más elevado es el de CD para dos juegos de equipo.

Resumiendo los resultados anteriores, podemos ver en las siguientes tablas los costos totales en que se incurrirían para los diferentes procesos analizados, de igual forma los ahorros en que se obtendrían por cada uno de los procesos.

Tabla 82. Valor total costos personal y equipo de acuerdo al proceso

No. De entresijos consecutivamente apuntalados	Valor total Costos Personal y equipos de acuerdo al Proceso		
	CD	CRD	CCD
2	\$ 194.912.602	\$ 132.708.203	\$ 123.426.548
3	\$ 174.040.697	\$ 134.007.415	\$ 138.381.250
4	\$ 169.330.752	\$ 146.382.102	\$ 150.784.868

Nota: No incluye los subcontratos

Tabla 83. Porcentaje de ahorro con respecto al valor real pagado por la constructora para 8 pisos

No. De entresijos consecutivamente apuntalados	Relación presupuesto ejecutado con respecto a los resultados obtenidos en los diferentes procesos		
	CD	CRD	CCD
2	6%	-28%	-33%
3	-6%	-27%	-25%
4	-8%	-21%	-18%

Después de haber analizado los diferentes factores que intervienen en el análisis económico para los plazos obtenidos de los procesos evaluados se concluye:

- Se puede obtener un ahorro en el proceso de CCD para dos juegos de equipos debido a que este da como resultado la menor cantidad de días utilizando personal y equipos, esto basado en lo obtenido en el desarrollo de este capítulo.
- El menor margen de ahorro es el CD para dos juegos de equipos y el de mayor margen es el de CCD para dos juegos de equipo.
- La aplicación del algoritmo del NPS complementado con la metodología de Calavera 1981 y Fernández 1986, arroja en todos su procesos resultados positivos comparado con el caso de estudio, el cual se puede generalizar para todas las edificación que cumplan con las restricciones establecidas en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

En la presente trabajo de investigación, se estudió el comportamiento de cargas que se presentan en los entrepisos y puntales de un sistema aporcado en una sola dirección, así mismo se estudiaron los plazos necesarios para cada uno de los procesos constructivos estudiados, por último se realizó una evaluación económica tomando como referencia los costos invertidos por el constructor para la ejecución de 8 pisos y comparándolos con los costos obtenidos en cada uno de los procesos constructivos. A partir de lo anterior se exponen las siguientes conclusiones:

5.1 TRASMISION DE CARGAS

- Los coeficientes de cargas resultantes para el vano central en sus cargas medias es mayor a la del vano de esquina exceptuando los análisis para CCD – CRD para tres y cuatro pisos simultáneamente apuntalados.
- Cuando se realiza el proceso de descimbrado, la carga en puntales es 0, ya que el entrepiso asume la totalidad de la carga.
- Es conveniente el proceso de CCD ya que al realizar el proceso de clareado, el 50% del equipo que queda en interacción entre los entrepisos, ayuda a soportar las cargas que interactúan en el proceso de construcción.
- Ninguna carga, supera a la Q_{Ed} , esto garantiza a que en ningún momento se sobrecarga los entrepisos ni se ponga en riesgo su integridad.
- En el proceso intermedio de recimbrado, el entrepiso asume la carga Q_{EC} en su totalidad.
- Los ciclos de construcción juegan un papel muy importante ya que si se optimizan los procesos de armado de los equipos auxiliares se puede disminuir los plazos de ejecución.
- En cuanto a transmisión de cargas, no es posible descalificar ninguno de los procesos analizados, pero de acuerdo a los resultados obtenidos y analizados el proceso CCD presenta un mejor comportamiento.

5.2 CALCULO DE PLAZOS

- El proceso constructivo con el cual se logran ejecutar 8 entrepisos en un menor tiempo, es el proceso CCD con una combinación de dos entrepisos sucesivos apuntalados. Es preciso recordar que los datos obtenidos corresponde al vano central teniendo en cuenta que las cargas medias en los entrepisos son mayores que para el vano de esquina.
- De los resultados obtenidos en cuanto a plazos, se determina que no siempre la utilización de un mayor número de equipos de apuntalamiento logra mayor velocidad en la obra y por ende menores tiempos de ejecución. Se presenta la mejor opción es para 2 pisos apuntalados consecutivamente y empleando el proceso CCD
- De los resultados obtenidos para el uso de un solo juego de equipo de apuntalamiento, se concluye que no es procedente su implementación, debido a los altos plazos de ejecución, los cuales coinciden en los diferentes procesos constructivos.
- Los plazos obtenidos en los procesos de CD y CCD empleando 4 juegos de equipos, son iguales.

5.3 ANALISIS ECONOMICO

- El mayor ahorro se deriva de la implementación del proceso de CCD para dos juegos de equipos, lo anterior debido a que se presenta un menor plazo para utilización de equipos auxiliares y dedicaciones del personal, el ahorro es de aproximadamente el 30 %.
- En el análisis realizado da como resultado que el menor ahorro se presenta para el proceso de CD con dos entrepisos apuntalados consecutivos.
- La aplicación del algoritmo del NPS complementado con la metodología de Calavera 1981 y Fernández 1986, arroja en todos su procesos resultados positivos comparado con la ejecución real del edificio objeto de estudio. Este estudio puede generalizarse para edificación con las características y restricción establecidas en el numeral 3.1.3.2.
- Del análisis económico realizado, se concluye que con la utilización del NPS en complementación con la metodología empleada para determinar plazos, se presentan ahorros considerables y adicionalmente por el cálculo juicioso de las cargas actuantes durante la construcción se garantiza estabilidad de la obra.

5.4 APORTE ORIGINAL DE LA TESIS DE MESTRIA

Actualmente la implementación de algoritmos y metodologías de análisis de procesos de transmisión de cargas y puntales, no se usan a menudo en el gremio ni mucho menos el estudio de que procesos constructivos son más adecuados para la ejecución de estructuras aporticadas en una sola dirección, dentro de la investigación aplicada se resalta:

- La aplicación del NPS, ayuda a determinar con precisión la transmisión de la cargas entre puntales y entrepisos, integrando varios factores que permiten aprobar su grado de exactitud al momento de la obtención de resultado.
- Se comprobó que los procesos de CCD, son los que mejor resultados presentan tanto en plazos como en su análisis económico.
- El constructor puede utilizar este tipo de análisis de una forma práctica, logrando obtener ahorros hasta de un 30% en ejecución de estructuras, sin poner en riesgo su integridad durante la construcción y a futuro.

5.5 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En desarrollo del presente trabajo de investigación se evidencia la necesidad de realizar nuevos estudios que logren profundizar más.

- Generalizar la aplicación del algoritmo del NPS a todos los procesos constructivos que se desarrollen en la construcción en Colombia.
- Realizar la caracterización de los diferentes concretos utilizados en el medio, para estandarizar la evolución de sus propiedades a diferentes tiempos y resistencias, para así lograr una interpretación acertada de los plazos de descimbrado, en campo.
- Se debe analizar si los ahorros obtenidos al implementar este análisis se puede transmitir a los usuarios con el propósito de disminuir los costos de venta de m² en el medio.
- Realizar una validación de la capacidad portante de los equipos auxiliares que se encuentran en el mercado y estandarizar sus factores de seguridad para garantizar el correcto soporte de las cargas que sobre ellos actúan.
- Realizar el análisis económico para los nuevos equipos auxiliares que están llegando al mercado local, los cuales sugieren una optimización de los mismos al utilizar procedimientos similares al NPS como elementos de caculo de cargas que interactúan en los entrepisos y puntales.

REFERENCIAS

- [1] Estudios económicos CAMACOL. Evolución de las normas técnicas y la inclusión de nuevos sistemas constructivos. Revista coordinada urbana. Volumen 44. Diciembre 2012.
- [2] Estudios económicos CAMACOL. Tendencia reciente de los costos en construcción de vivienda en Colombia. Revista coordinada urbana. Volumen 31. Octubre 2011.
- [3] NSR10, 2010, Título C, Capítulo 6. página C-85.
- [4] ENV 1992-1-1 (Eurocode N° 2) (1991). "Diseño de estructuras de concreto. Parte 1: General rules and rules for Buildings".
- [5] ACI Committee 347 (2005). "Guide for shoring/reshoring of concrete multistory buildings". Farmington Hills.
- [6] Gasch I. Estudios de la evolución de cargas en entresijos y estructuras auxiliares de apuntalamiento durante la construcción de edificios de hormigón in situ mediante procesos de cimbrado, clareado y descimbrado de plantas consecutivos. Ph. D, Thesis. Universidad Politécnica de Valencia 2012.
- [7] Alvarado YA. Estudio experimental y numérico de la construcción de entresijos hormigonados in situ mediante procesos de cimbrado, clareado y descimbrado de plantas consecutivas. Ph.D. thesis. Universidad Politécnica de Valencia 2009. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/7285>.
- [8] Azkune, M., I. Puente, and A. Santilli. "Shore Overloads during Shoring Removal." *Engineering Structures* 32, no. 11 (11, 2010): 3629-3638.
- [9] BURTON, TERENCE T. "Outsourcing Revisited." *Industrial Engineer: IE* 45, no. 5 (05, 2013): 34-39.
- [10] Epaarachchi, Deepthi C., Mark G. Stewart, and David V. Rosowsky. "Structural Reliability of Multistory Buildings during Construction." *Journal of Structural Engineering* 128, no. 2 (02, 2002): 205.
- [11] Fang, Dongping, Haifeng Xi, Xiaoming Wang, Chuanmin Zhang, and Tingsheng Zhao. "Load Distribution Assessment of Reinforced Concrete Buildings during Construction with Structural Characteristic Parameter Approach." *Tsinghua Science & Technology* 14, no. 6 (12, 2009): 746-755.
- [12] Jui-Lin Peng. "Structural Modeling and Design Considerations for Double-Layer Shoring Systems." *Journal of Construction Engineering & Management* 130, no. 3 (May, 2004): 368-377.
- [13] Kajewski, Stephen L. "Multilevel Formwork Load Distribution with Posttensioned Slabs." *Journal of Construction Engineering & Management* 131, no. 2 (02, 2005): 203-210.

- [14] Kwak, Hyo-Gyoung and Jin-Kook Kim. "Determination of Efficient Shoring System in RC Frame Structures." *Building and Environment* 41, no. 12 (12, 2006): 1913-1923.
- [15] Mosallam, K. H. and W. -F Chen. "Design Considerations for Formwork in Multistorey Concrete Buildings." *Construction and Building Materials* 6, no. 1 (3, 1992): 23-30.
- [16] Mosallam, Khalid and Wai-Fah Chen. "Design Considerations for Formwork in Multistorey Concrete Buildings." *Engineering Structures* 12, no. 3 (7, 1990): 163-172.
- [17] Rosowsky, David V. and Mark G. Stewart. "Probabilistic Construction Load Model for Multistory Reinforced-Concrete Buildings." *Journal of Performance of Constructed Facilities* 15, no. 4 (11, 2001): 145.
- [18] Zhou, W. and T. Kokai. "Deflection Calculation and Control for Reinforced Concrete Flexural Members." *Canadian Journal of Civil Engineering* 37, no. 1 (01, 2010): 131-134.

