



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

USO DE MODELOS 3D Y 4D PARA EL CONTROL DE AVANCE FÍSICO Y LA  
VISUALIZACIÓN DE RESTRICCIONES DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL  
MANDANTE EN PROYECTOS FAST-TRACK DE AMPLIACIÓN DE EDIFICIOS  
DE RETAIL

MEMORÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**ALAN IGNACIO VILLEGAS GUAJARDO**

PROFESOR GUÍA:

MAURICIO JAVIER TOLEDO VILLEGAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

RICARDO ENRIQUE ROJAS PIZARRO

CLAUDIO ENRIQUE MOURGUES ALVAREZ

SANTIAGO DE CHILE

JUNIO 2014

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR : ALAN VILLEGAS  
FECHA: JUNIO 2014  
PROF. GUÍA: SR. MAURICIO TOLEDO V.

**USO DE MODELOS 3D Y 4D PARA EL CONTROL DE AVANCE FÍSICO Y LA  
VISUALIZACIÓN DE RESTRICCIONES DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL  
MANDANTE EN PROYECTOS FAST-TRACK DE AMPLIACIÓN DE  
EDIFICIOS DE RETAIL**

En los proyectos fast-track de la industria chilena es cada vez más habitual comenzar proyectos sin el diseño completo, esto ocasiona una situación de trabajo con gran incertidumbre y los métodos y herramientas para comunicar y coordinar deben ser eficientes y eficaces. Durante la participación de un proyecto fast-track de ampliación de un edificio de retail, se observa que el método convencional de control de avance físico no es suficiente para comunicar la información valiosa para la toma de decisiones del mandante, además se observa que las restricciones en que el mandante tiene influencia no son captadas ni analizadas de forma correcta, lo que ocasiona que no sean gestionadas a tiempo, y los proyectos en general presenten atraso en su fecha de término.

En esta investigación se propone una forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos de last planner que mejora el entendimiento del avance físico de la obra y, que a su vez, permite visualizar tres tipos de restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas de forma oportuna. Para lograrlo, se participa de un proyecto de fast-track de ampliación de un edificio de retail, en donde se observa el modo actual de trabajo y se plantea una propuesta de uso de modelos 3D y 4D que ayude a mejorar el actual sistema. Esta propuesta se modifica continuamente con las observaciones de profesionales que trabajan en el proyecto y por juicio experto, hasta conseguir un producto que es puesto a prueba en una validación cualitativa utilizando una experiencia de laboratorio realizada a participantes del proyecto, profesionales de la empresa mandante y a estudiantes avanzados de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, que mide el porcentaje de entendimiento de los participantes de la información de interés del mandante sobre el control de avance físico y la gestión de restricciones, y recopila la valoración de los participantes de los ítem utilizados en la propuesta.

La experiencia arroja que la propuesta que resulta de esta investigación, cumple con el objetivo de mejorar el entendimiento de la información para el control de avance físico y para la gestión de restricciones, y que la información considerada tiene un carácter importante tanto para profesionales de obra como para el mandante.

*Dedicado a mi familia, amigos  
y a todos los que colaboraron con este  
proyecto.*

# Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que colaboraron en este proyecto. A mi profesor guía Mauricio Toledo, que colaboró activamente en todo el proceso de la investigación y a mis profesores guías que con su juicio experto ayudaron a fortalecer las bases que respaldan los resultados de la investigación.

Agradezco a quienes nos dieron la oportunidad de realizar la investigación en uno de sus proyectos, y entregaron un valioso feed-back a lo largo de la investigación.

# Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos . . . . .	4
1.2. Método de investigación . . . . .	5
1.3. Guía de lectura . . . . .	9
<b>2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>10</b>
2.1. Problema . . . . .	10
2.2. Revisión de literatura . . . . .	14
2.2.1. Control de avance físico . . . . .	14
2.2.2. Visualización de restricciones asociadas al mandante . . . . .	16
2.3. Preguntas de investigación . . . . .	18
2.4. Métodos y tareas de investigación . . . . .	19
<b>3. PROPUESTA DE USO DE MODELOS 3D Y 4D</b>	<b>22</b>
3.1. Resultados de la investigación . . . . .	22
3.1.1. Control de avance físico . . . . .	22
3.1.2. Visualización de restricciones asociadas al mandante . . . . .	26
3.1.3. Planilla de gestión de restricciones . . . . .	30
3.2. Validación de la propuesta de forma de uso de modelos 3D Y 4D . . . . .	33
3.2.1. Resultados de la experiencia de laboratorio con profesionales de obra . . . . .	35
3.2.2. Resultados de la experiencia de laboratorio con estudiantes avanzados . . . . .	37
3.3. Procedimiento para generar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D . . . . .	40
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
4.1. Contribución al conocimiento . . . . .	44

4.2. Valor práctico . . . . .	44
4.3. Limitaciones . . . . .	45
4.4. Otras consideraciones . . . . .	46
4.5. Sugerencias de investigaciones futuras . . . . .	47
Bibliografía. . . . .	48
<b>ANEXOS</b>	<b>50</b>
Anexo A. Documentación utilizada en el proyecto de estudio . . . . .	50
Anexo B. Cronología de formas de propuesta de uso de modelos 3D y 4D . . . . .	61
Anexo C. Encuesta de validación de forma de uso de modelos 3D y 4D . . . . .	62
Anexo D. Propuesta consolidada de uso de modelos 3D y 4D aplicada en la reunión del día 12 de junio de 2012 . . . . .	67

# Índice de figuras

1.1. Metodología de investigación . . . . .	5
1.2. Proyecto HOMY en construcción . . . . .	6
2.1. Uso de imágenes de modelos 4D Mora et al (2010) . . . . .	14
2.2. Uso de imágenes modelo 4D en proyecto 1 (González, 2012) . . . . .	15
2.3. Uso de imágenes modelo 4D en proyecto 2 (González, 2012) . . . . .	16
2.4. Uso de programa LEWIS para control de avance físico, Sriprasert et al (2003). . . . .	16
2.5. Uso de programa LEWIS para la visualización de restricciones, Sriprasert et al (2003). . . . .	17
2.6. Tareas y métodos de investigación . . . . .	20
3.1. Propuesta de uso de modelos 3D y 4D, control de avance físico . . . . .	25
3.2. Comparación de Gestión de restricciones entre el Sistema tradicional y el Sistema propuesto. . . . .	28
3.3. Propuesta de uso de modelos 3D y 4D, gestión de restricciones . . . . .	29
3.4. Planilla de gestión de restricciones . . . . .	31
3.5. Entendimiento de profesionales de obra sobre la información mostrada para el control de avance físico. . . . .	36
3.6. Entendimiento de profesionales de obra sobre la información mostrada para la gestión de restricciones. . . . .	36
3.7. Valoración de la información mostrada en el control de avance físico por profesionales de obra. . . . .	37
3.8. Valoración de la información mostrada para la gestión de restricciones por profesionales de obra. . . . .	37
3.9. Entendimiento de estudiantes avanzados sobre la información mostrada para el control de avance físico. . . . .	38

3.10. Entendimiento de estudiantes avanzados sobre la información mostrada para la gestión de restricciones. . . . .	38
3.11. Valoración de la información mostrada en el control de avance físico por estudiantes avanzados. . . . .	39
3.12. Valoración de la información mostrada para la gestión de restricciones por estudiantes avanzados. . . . .	39
3.13. Procedimiento para generar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D . . . . .	42



# Índice de tablas

1.1. Descripción del Proyecto . . . . .	6
3.1. Clasificación de información, Control de avance físico . . . . .	23
3.2. Nivel de estructura de subdivisión del trabajo . . . . .	24
3.3. Clasificación de información, visualización de restricciones asociadas al mandante. . . . .	26
3.4. Restricciones asociadas al mandante . . . . .	27
3.5. Descripción de planilla de gestión de restricciones . . . . .	30
3.6. Esquema procedimiento de validación . . . . .	34

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

La naturaleza de la industria del retail hace necesario que continuamente los edificios se renueven o amplíen para estar al nivel del mercado y, a su vez, obliga a mandantes a completar estos proyectos en un tiempo reducido y con una elevada incertidumbre. Para poder cumplir con el plazo, generalmente los proyectos se desarrollan bajo la modalidad de fast-track o aceleración de obra, utilizando principalmente tres tipos de tácticas, las que son: cambiar la lógica del cronograma, es decir, tareas que normalmente se realizarían de forma secuencial se cambian a paralelas; agregar personal de diversos niveles de habilidad, y/o descentralizar la toma de decisiones (Carroll et al 2004). Estas tácticas traen consigo dificultades que no siempre son consideradas, y que afectan negativamente al plazo y al costo de las obras. Sin embargo, la decisión de tomar dicha forma de trabajo se mantiene debido a que los beneficios obtenidos del arriendo de los inmuebles son superiores a los costos en que se incurre al acelerar su diseño y construcción.

En lo que respecta a la elevada incertidumbre, ésta se genera por la variabilidad del mercado del retail, en el que continuamente surgen nuevas necesidades o bien se modifican, y los clientes deciden paralizar las definiciones de proyecto y/o cambiar posteriormente sus características para cubrir la mayor cantidad de necesidades posibles. Para ilustrar esto, en el momento en que se llevaba un 20 % del plazo de construcción del proyecto de estudio de la investigación, nació la necesidad de construir instalaciones de un instituto profesional sobre el actual proyecto. Esta nueva edificación modificó las solicitudes estructurales, que a su vez, impactaron negativamente en el tiempo de diseño y fabricación de la estructura metálica. A lo anterior se suma la habitual falta de

información “as built” en los proyectos de ampliación, lo cual eleva la ocurrencia de errores de diseño, los que podrían conllevar a causales de atraso, si no son analizados y comunicados a tiempo.

El resultado de la aceleración de obra y la elevada incertidumbre, es un aumento del “trabajo oculto” asociado a la coordinación y supervisión (Carroll et al 2004). Por consiguiente, los métodos y herramientas para comunicar y analizar la información relacionada con estos temas deben ser eficientes y eficaces (Hoezen et al 2006) con el fin de poder resolver de forma oportuna los problemas intrínsecos de este tipo de proyectos. Las tecnologías de información, BIM (Building Information Modeling) (Eastman et al 2008) y VDC (Virtual Design and Construction) (Kunz y Fischer, 2012; Senescu y Haymaker, 2009), ayudan a cumplir con este propósito. En efecto, la modelación 4D (modelación 3D con incorporación de un calendario de trabajo) ayuda a mostrar más claramente el plan de construcción y el estado actual de avance (McKinney y Fischer, 1998; Kuo et al 2011). Asimismo, puede ser utilizada para mostrar información de diseño y construcción, mejorando la interacción y colaboración entre especialidades dentro de un proyecto (Koo y Fischer, 2000). Por otra parte, una herramienta de gestión y control que promueve la comunicación y análisis de información, que ayuda en el manejo de la incertidumbre es “Last Planner System”<sup>1</sup>(Ballard, 2000). Esta metodología plantea 5 elementos útiles, que son:

- Programa maestro: Programa de trabajo en que se definen hitos y estrategias, y se identifican las actividades complejas.
- Programa de fase: Programa de trabajo, donde se especifican las transferencias e identifican conflictos operativos.
- Planificación intermedia: Programa de trabajo donde se liberan restricciones y se replanifican, según sea el caso.
- Planificación de trabajo semanal: Programa de trabajo en donde se toman compromisos para llevar a cabo el trabajo de una manera determinada y con cierta secuencia.
- Aprendizaje: Se mide el porcentaje de plan completado (PPC), se analizan las causas de no cumplimiento (CNC), se desarrollan e implementan de lecciones aprendidas (Campero y Alarcón, 2008).

---

<sup>1</sup>*Sistema del Último Planificador, SUP*

Investigaciones recientes han comprobado que el SUP en conjunto a la modelación 4D, “SUP-4D”, mejora el entendimiento del estado actual del proyecto y el traspaso de información a los participantes de las reuniones.(González, 2012; Mora et al 2012).

Se observa en terreno que los métodos y herramientas para comunicar y analizar la información relacionada con el avance físico y las restricciones asociadas al mandante, que dicho de otra forma, es la coordinación y supervisión desde el punto de vista del mandante, no son suficientes para que éste pueda tomar decisiones a tiempo en beneficio del proyecto, tales como, acelerar la gestión de autorizaciones para intervenir el edificio de retail o agilizar la definición y diseño de proyectos, lo que retrasa la fecha de término.

A pesar de las numerosas investigaciones sobre la utilización de modelos 3D y 4D, no existe una propuesta de uso de dichos modelos que incluya elementos de last planner, que mejore el entendimiento del progreso o avance físico en proyectos fast-track de ampliación de edificios de retail y, que a su vez, permita visualizar las restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas de forma oportuna. Para solucionar esta carencia, se necesita una herramienta capaz de mejorar y facilitar la entrega de información al mandante, para que pueda tomar decisiones oportunas durante la construcción del proyecto y, que a su vez, promueva la comunicación entre este mismo o su representante, diseñadores, equipo constructor y operador.

## 1.1. Objetivos

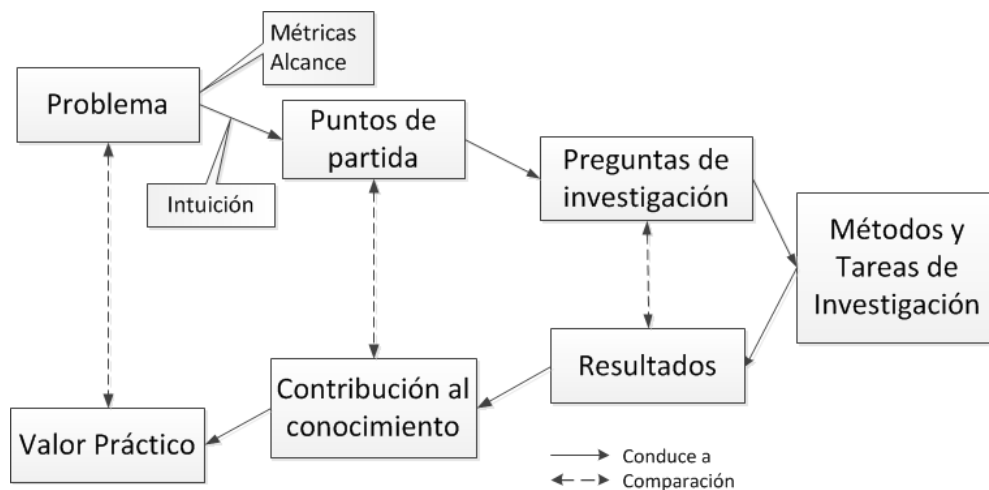
El objetivo general de esta investigación es proponer una forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos de last planner que mejore el entendimiento del avance físico de la obra y, que a su vez, permita visualizar las restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas de forma oportuna. La forma de uso de los modelos 3D y 4D comprende la definición del formato y contenido de los modelos.

### **Objetivos específicos**

- 1) Clasificar la información valiosa para el mandante con respecto al control de avance físico y a la gestión de restricciones asociadas a él.
- 2) Formalizar una ontología de las restricciones asociadas al mandante
- 3) Generar un documento que complemente el uso de los modelos 3D y 4D para la gestión de las restricciones asociadas al mandante.

## 1.2. Método de investigación

Para plantear, desarrollar y concluir esta investigación se sigue un método propuesto por *CIFE*<sup>2</sup> ‘llamado “CIFE Horseshoe Method” (Fischer, 2006). En la Figura 1.1, se exponen los pasos propuestos por la metodología de investigación utilizada.



**Figura 1.1:** Metodología de investigación

La investigación considera la participación del investigador en un proyecto de ampliación de un centro comercial, que contempla la construcción de una tienda HOMY, punto de venta de HOMECENTER, en el nivel existente +9,00 m con una superficie de 6.934,00 m<sup>2</sup> aprox. y la construcción de estacionamientos en niveles +12,00 m con una superficie de 7.486,75 m<sup>2</sup> aprox. y +15,00 m con una superficie de 15.289,45 m<sup>2</sup> aprox, ver Tabla 1.1 y Figura 1.2. El estudio se orienta desde el punto de vista del mandante, lo que permite observar en terreno las falencias que tiene este proyecto con respecto a la coordinación y a la entrega de información a éste. En particular, se observa que el método de control de avance físico utilizado no es suficiente para entender de buena forma el estado actual de la obra, y las restricciones asociadas al mandante no se entregan ni analizan de forma correcta, lo que no permite gestionarlas a tiempo. Estas falencias afectan negativamente el progreso de la obra, impactando la fecha de término del proyecto.

---

<sup>2</sup>“Center For Integrated Facility Engineering”

**Tabla 1.1:** Descripción del Proyecto

Nombre	: Obra Homy
Empresa de inspección	: ITO Asesorías e ITO SFF S.A.
Empresa Constructora Principal	: Desco S.A
Monto(UF)	: 307.253,47
Superficie(m <sup>2</sup> )	: 22.711,07
Fecha Inicio	: 05-03-2012
Fecha Término	: 29-11-2012



**Figura 1.2:** Proyecto HOMOY en construcción

Investigaciones previas sobre el uso de tecnologías de apoyo para la construcción, proporcionan soluciones intuitivas para los problemas observados. La modelación 4D (modelación 3D con incorporación de un calendario de trabajo) ayuda a mostrar más claramente el plan de construcción y el estado actual de avance (McKinney y Fischer, 1998; Kuo et al 2011). Asimismo, puede ser utilizada para mostrar información de diseño y construcción, mejorando la interacción y colaboración entre especialidades dentro de un proyecto (Koo y Fischer, 2000). “Last-planner

System” o “sistema de planificación del último planificador” (Ballard, 2000) es otra herramienta útil que entrega la literatura, que permite sincerar la planificación basada en un continuo aprendizaje de los rendimientos históricos, causas de no cumplimiento y recursos disponibles. De todo esto se desprende la siguiente hipótesis: Utilizar modelos 3D y 4D con elementos de Last-Planner, permite mejorar el sistema actual de control de avance físico y, a su vez, permite visualizar restricciones asociadas al mandante de forma oportuna para que puedan ser gestionadas.

La literatura actual proporciona puntos de partida para la investigación. Mora et al (2010) y González (2012) entregan recomendaciones para utilizar la modelación 4D en conjunto con el sistema Last-planner, Sriprasert et al (2003) utilizan una herramienta virtual que permite visualizar restricciones físicas y el estado de la obra. Chen et al (2012) realizan un estudio de la selección y evaluación de combinación de colores para modelación 4D. Los avances de estas investigaciones previas, no permiten resolver de forma concreta los problemas observados en proyectos fast-track de ampliación de edificios de retail, no obstante, permiten plantear preguntas para resolverlos:

- ¿Qué forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos Last-planner permite mejorar el control de avance físico actual del proyecto y visualizar de forma oportuna las restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas?
- ¿Es necesaria información adicional a los modelos 3D y 4D para la gestión de las restricciones asociadas al mandante?

Para responder estas preguntas, se participa durante seis meses en un proyecto específico. Inicialmente se observa la forma en que se realizan las reuniones de coordinación y en paralelo se genera un modelo 3D a partir de planos de cálculo y observación en terreno de estructuras secundarias relevantes a incorporar, se realiza una clasificación de la información valiosa para la toma de decisiones del mandante y se desarrolla una propuesta preliminar de uso de modelos 3D y 4D. Para continuar, se implementa la propuesta preliminar en las reuniones, incorporando continuamente las observaciones hechas por profesionales de obra y por expertos, proceso que se repite hasta que se obtiene un producto que responda a las necesidades del proyecto. Finalmente, para verificar la funcionalidad de la propuesta de uso de modelos 3D y 4D se realiza una validación cualitativa, debido a la dificultad de conseguir parámetros fidedignos en obra. Lo anterior consta de una experiencia de laboratorio, llamada “The Charrette Test Method” (Clayton et al



1998) que se realiza a participantes del proyecto estudiado, profesionales del departamento de control y gestión de la empresa mandante, y a estudiantes de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

Se obtienen dos grandes resultados de esta investigación, que son: una forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos de Last-planner, capaz de mejorar el control de avance físico utilizado y de permitir la visualización de restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas; y una planilla que complementa el uso de los modelos 3D y 4D para la gestión de restricciones. Estos resultados, permiten ampliar el estudio formal del uso de las herramientas virtuales hacia el beneficio del mandante o su representante en proyectos fast-track de ampliación de edificios de retail.

En relación al valor práctico de los resultados de la investigación, se puede mencionar lo siguiente:

- Permite al mandante o su representante visualizar las restricciones asociadas a ellos en el mediano plazo (4 semanas) para que puedan ser gestionadas.
- Permite al mandante o su representante llevar un control de la gestión de restricciones, a través, del uso de la planilla propuesta.
- Permite al mandante o su representante llevar el control de avance físico de forma visual, orientando la discusión hacia el cumplimiento del programa.

### 1.3. Guía de lectura

La presente memoria se divide en cuatro capítulos: en el **Capítulo 1** se describió brevemente la investigación, entregando el contexto teórico del tipo de proyecto estudiado y de las herramientas utilizadas, y un resumen del método de investigación utilizado. En el **Capítulo 2**, se analiza con más detalle el problema observado, se realiza una revisión bibliográfica para fijar los puntos de partida y se muestran los métodos y tareas de investigación. En el **Capítulo 3**, se muestran los resultados obtenidos de la investigación, su validación cualitativa y se muestra el procedimiento para generar la propuesta de modelos 3D y 4D. Finalmente, en el **Capítulo 4** se entregan las conclusiones, en las que se mencionan las contribuciones al conocimiento, valor práctico, limitaciones de la investigación, otras consideraciones y sugerencias de investigaciones futuras.

## Capítulo 2

# DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 2.1. Problema

Es indispensable que los edificios de retail se amplíen cada cierto tiempo, ya que el mercado competitivo de éstos evoluciona rápidamente y la cantidad de clientes interesados en arrendar o comprar locales es cada vez mayor. Es por esto, que la ampliación de proyectos está en constante crecimiento en importancia y número. Las ganancias obtenidas del arriendo de los inmuebles en estos proyectos son superiores a los costos en que se incurre al acelerar su diseño y construcción, lo que obliga a administradores a completar las obras en un tiempo reducido y con una elevada incertidumbre, por lo que generalmente se decide trabajar bajo la modalidad de “fast-track”. El “Project Management Institute” (PMI) define “fast-tracking” como una “técnica específica de compresión del cronograma de un proyecto que cambia la lógica de la red para solapar fases que normalmente se realizarían en forma secuencial, tales como la fase de diseño y la fase de construcción, o para llevar a cabo actividades del cronograma en forma paralela” (PMI, 2004), aunque actualmente es utilizado como un término general que se aplica tanto a la meta (reducir drásticamente el tiempo para completar un proyecto), así como los medios para lograrlo (Carroll et al 2004). Las tres tácticas o enfoques de gestión de fast-track que tienen fundamento teórico son: cambiar la lógica de las tareas, tareas que normalmente se realizarían de forma secuencial se cambian a paralelas; agregar más personal de diversos niveles de habilidad, y/o descentralizar la toma de decisiones.

El éxito de las obras de retail depende de la fecha de puesta en marcha de éstas, ya que

generalmente se busca que estén operativas en las fechas de gran demanda, como son la Navidad, fechas de regreso de vacaciones, entre otras. Lo anterior ocasiona que las aceleraciones de obra de edificios de retail consideren una compresión importante en el cronograma, tal como la superposición de la elaboración del diseño y la construcción de los proyectos, llegando en algunos casos a considerar el inicio la construcción de una obra sin tener su diseño listo. Lo antes expuesto, eleva el nivel de incertidumbre del proyecto, ya que si no se cuenta con los planos aptos para la construcción, no se puede realizar una planificación fidedigna y sólo se puede estimar la duración de las actividades en base a registros de proyectos de características similares. A esto se suma, que la incertidumbre se ve influenciada por el mercado competitivo del retail, lo que se debe a que continuamente surgen nuevas necesidades o bien son modificadas, y los clientes deciden paralizar las definiciones de proyecto y/o cambiar posteriormente sus características para poder cubrir la mayor cantidad de necesidades posibles.

El alcance de la ampliación de proyectos puede variar de la construcción de pequeños locales a la construcción de nuevos edificios, y se puede desarrollar de forma horizontal aumentando el área de la huella de los edificios o vertical incorporando niveles adicionales. Investigaciones previas señalan algunos de los problemas más comunes que se presentan en este tipo de proyectos. Sze et al (2004) muestran que en proyectos de renovación, la falta de asociación entre los constructores y clientes u operadores, promueve un estilo de trabajo independiente, en que los clientes no necesariamente deben recordar al constructor posibles problemas y la discusión se lleva a cabo sólo después de que se observan impactos adversos sobre el cumplimiento de términos de contrato. En cuanto a la coordinación y comunicación, afirman que las reuniones regulares en terreno se desarrollan de forma similar a la de proyecto simples, con reuniones irregulares de terreno sólo cuando son requeridas por los planificadores, lo que no fomenta la comunicación entre los participantes del proyecto. En los proyectos de renovación la relación que se presenta entre los ocupantes y el equipo constructor es similar al que se exhibe entre el operador del edificio y el equipo constructor en los proyectos de ampliación, más aún, en el proyecto de estudio se observa exactamente el mismo comportamiento descrito en los tres puntos antes mencionados. Carroll et al (2004), a través de sus experimentos virtuales, demuestran que “mover tareas de secuenciales a paralelas crea una coordinación más compleja de las tareas y añade demanda de tiempo de gestión”. Verifican además, que al “agregar más de uno o dos miembros al personal aumentan las exigencias de tiempo y la carga de coordinación, y puede alargar rápidamente el calendario, en especial si el personal incorporado es poco calificado”. Los resultados de estas investigacio-

nes previas, indican que en proyecto fast-track de ampliación de edificios de retail aumenta la demanda de coordinación, tiempo de gestión e importancia de la comunicación entre los actores del proyecto, en particular la comunicación entre la constructora y operador de los inmuebles.

En el proyecto de estudio se realizan reuniones de coordinación en las que participan representantes del mandante, constructora, oficina de cálculo y oficina de arquitectura. En estas sesiones es crítico mejorar y facilitar la entrega de información a los participantes del proyecto, en particular, es necesario que los actores entiendan la situación actual de avance físico y las restricciones de la obra para que puedan tomar decisiones oportunas y anticipar posibles problemas. En algunas situaciones, la falta de entendimiento de la situación actual de la obra hace que los participantes no conozcan las razones por las que no se han cumplido ciertas actividades, generando así una asignación de responsabilidades equivocada, por lo que no se obtiene un aprendizaje de la situación y el problema se repite a lo largo del proyecto. Por ejemplo, la falta de detalles de diseño por parte del ingeniero estructural, puede atrasar una partida si no se entrega a tiempo suficiente para que el constructor planifique y asigne los recursos, si no se conoce de buena forma las causas del problema, lo más probable es que se responsabilice al constructor del atraso en vez de al diseñador estructural que sería lo correcto. En otras situaciones, la falta de entendimiento de las restricciones de la obra hace que los participantes no enfoquen sus recursos en la liberación de las restricciones más críticas. Por ejemplo, la independencia del trabajo de diseñadores con respecto a la planificación del constructor, provoca que la secuencia de diseño no siga las necesidades de la secuencia planificada de construcción, lo que genera en el proyecto de estudio habituales restricciones que terminan en causas de no cumplimiento de diseño por no ser liberadas. Los puntos anteriormente expuestos permiten verificar la necesidad de mejorar y facilitar la entrega de información sobre el control de avance físico y la gestión de restricciones a los participantes del proyecto.

En el Anexo A se muestra la documentación utilizada en el proyecto de estudio durante la reunión del día 12 de junio de 2012. En esta sesión para llevar el control de avance físico se utilizó el método tradicional de curvas de avance o curvas S, el programa maestro y un esquema de planificación de montaje de estructura metálica y otro de hormigonado de losas. En estos documentos se puede observar que si bien se entrega el porcentaje por partida de avance real vs el avance planificado, no se especifica en qué sectores se realizó dicho avance (siendo el montaje de estructura metálica la partida con mayor avance y el moldaje de losas la partida con menor

avance). Por lo que no se puede saber si se está cumpliendo la secuencia constructiva que sustenta el programa maestro ni si se está avanzando en las partidas críticas del proyecto. Además, se observa que para detectar si la lógica de las actividades propuestas presenta incongruencias en los esquemas de planificación se debe hacer un análisis no superficial, lo que dificulta su análisis y, por ende, la toma de decisiones instantáneas durante la sesión. A todo lo anterior se suma la falta de un indicador de cumplimiento de la planificación a corto plazo de la constructora y la falta de análisis de las causas de no cumplimiento de las actividades que están atrasadas. Lo anteriormente enunciado evidencia la necesidad de mejorar y facilitar la entrega de información con respecto al control de avance físico a los participantes del proyecto.

Por otra parte, en la documentación utilizada en dicha reunión se puede apreciar que no se aborda directamente la gestión de las restricciones asociadas al mandante y sólo es mencionada de forma tangencial en el acta de la reunión, de esta última se puede extraer que a la fecha sólo se tiene una restricción de cálculo en la ejecución del sector Lobby 1 y otra de arquitectura en la ejecución del sector del Lobby 2 (punto 6 del acta), además que la constructora es el único organismo que tiene temas pendientes de actas anteriores, siendo 7 semanas su mayor atraso (primer punto de la tabla). Con esta información es evidente que el mandante no tiene las herramientas para tomar decisiones oportunas en cuanto a agilizar la liberación de las restricciones. Esto ocurre porque en el sistema actual de trabajo no se dan a conocer de forma clara y completa las restricciones de interés del mandante, no se definen responsables ni fechas de su liberación, ni se hace un seguimiento crítico de su gestión. Por lo tanto, es crucial mejorar y facilitar la entrega de información con respecto a la gestión de restricciones asociadas al mandante en las reuniones de coordinación.

Para cumplir con las necesidades antes expuestas, se debe proponer una forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos Last-planner, que permita mejorar la forma en que se lleva a cabo el control de avance físico, y que permita visualizar restricciones asociadas al mandante a tiempo para que puedan ser gestionadas. Además, se propone el uso de una planilla de gestión de restricciones que complemente a la propuesta de uso de modelos 3D y 4D.

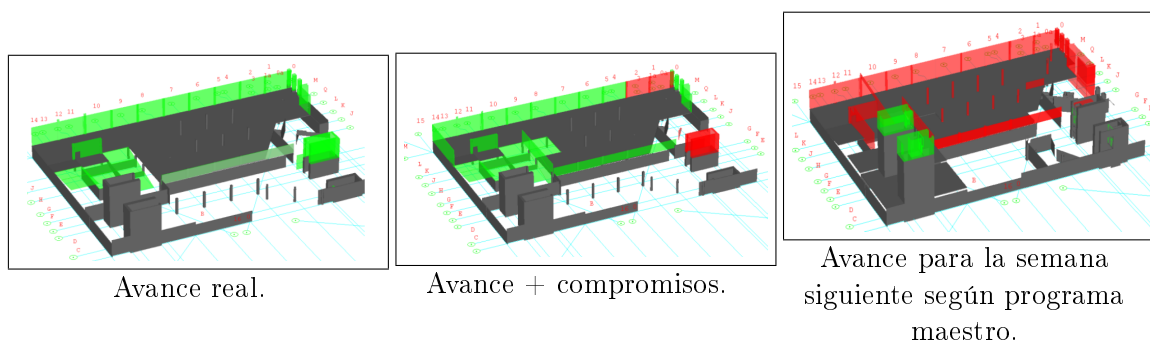
## 2.2. Revisión de literatura

La literatura estudiada entrega puntos de partida útiles a considerar para generar una respuesta al problema observado. Estos se dividen en dos grupos relacionados al área de estudio:

- Control de avance físico
- Visualización de restricciones

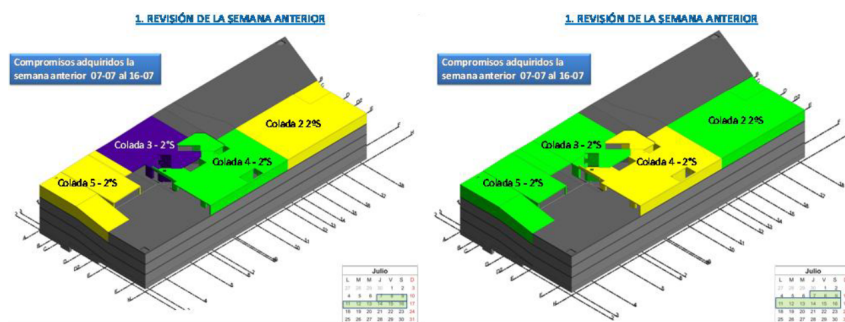
### 2.2.1. Control de avance físico

Existen numerosas investigaciones sobre el uso de modelos 3D y 4D para llevar el control de avance de un proyecto. Mora et al (2010) utilizan estas tecnologías en conjunto con el sistema del último planificador (SUP-4D). En su investigación muestran con imágenes de un modelo 4D el avance real de la semana, el avance comprometido la semana anterior y el avance para la semana siguiente según el plan maestro. Para esto utilizan una asignación de colores según la actividad comprometida: Instalaciones de moldaje (rojo), Armado de enfierradura (Verde), Hormigonado (Gris) e Instalaciones de estructura metálica (amarillo)(ver Figura 2.1). En su estudio Mora et al (2010), comprueban que “El uso de imágenes del modelo SUP-4D en las reuniones de planificación genera mayor conciencia en los actores de cuál es el atraso real de la obra y cuál es la real envergadura de los compromisos que se están tomando semana a semana”, lo que mejora los indicadores de cumplimiento de los compromisos y disminuye la incertidumbre con respecto a los rendimientos.



**Figura 2.1:** Uso de imágenes de modelos 4D Mora et al (2010)

González (2012) amplía el estudio de SUP-4D aplicando este sistema en obras de edificación en altura, donde estudia las tres formas de utilizar los modelos 4D, que son: uso de imágenes, uso de vídeos y manipulación directa del modelo 4D para los distintos niveles de planificación propuestos por el sistema del último planificador. En cuando al control de avance físico, estudia dos proyectos que utilizan de forma distinta la modelación 4D, en el primero el avance se mide según coladas y en las reuniones de planificación se utilizan dos imágenes, una que muestra los compromisos de la semana anterior de un sólo color y otra que utiliza un semáforo de cumplimiento de compromisos según color: compromisos cumplidos(verde), compromisos semi-cumplidos(amarillo) y compromisos no cumplidos(Rojo), ver Figura 2.2. En el segundo proyecto se mide el avance con respecto a las elementos de hormigón planificados. En las reuniones de planificación se muestran dos imágenes, una con las tareas programadas y otra con las tareas ejecutadas. Para ello se utiliza una asignación de colores similar a la utilizada por Mora et al (2010), según la actividad comprometida, incorporando un 70 % de transparencia a las actividades inicializadas y un color opaco a las actividades terminadas, ver Figura 2.3.

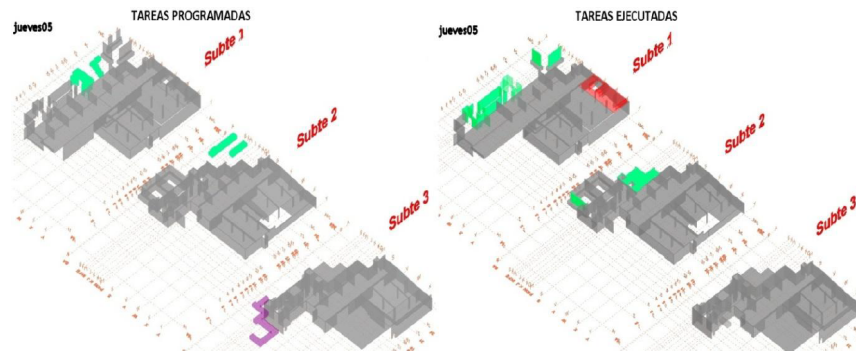


**Figura 2.2:** Uso de imágenes modelo 4D en proyecto 1 (González, 2012)

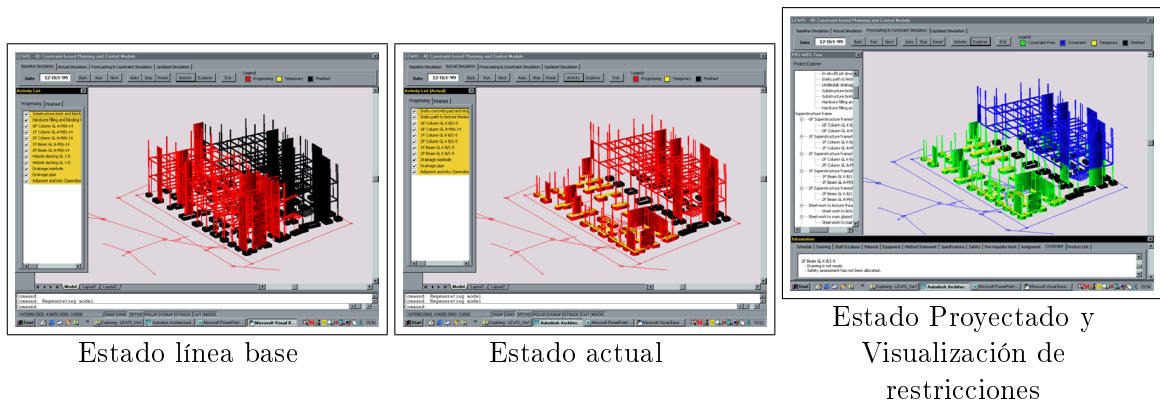
Sriprasert et al (2003) en su propuesta de un sistema de planificación y control de proyectos denominada “Multi constraint information” utilizan una herramienta llamada LEWIS<sup>1</sup> que permite visualizar el estado de avance físico del proyecto mostrando las actividades terminadas (color rojo), actividades en proceso (color negro) y actividades temporales (color amarillo), ver Figura 2.4.

<sup>1</sup> *Lean Enterprise web-based Information System*





**Figura 2.3:** Uso de imágenes modelo 4D en proyecto 2 (González, 2012)



**Figura 2.4:** Uso de programa LEWIS para control de avance físico, Sriprasert et al (2003).

Estas investigaciones aportan una base para resolver el problema observado, no obstante, están orientadas desde el punto de vista del constructor, por lo que utilizan las tecnologías para mostrar los estados de los elementos relevantes para este actor, que no necesariamente son de interés del mandante. Al punto antes expuesto se suma el hecho de que dejan a la interpretación del participante de la reunión de planificación el reconocer las actividades que están atrasadas y adelantadas, las que permiten conocer si se está siguiendo o no la secuencia constructiva programada.

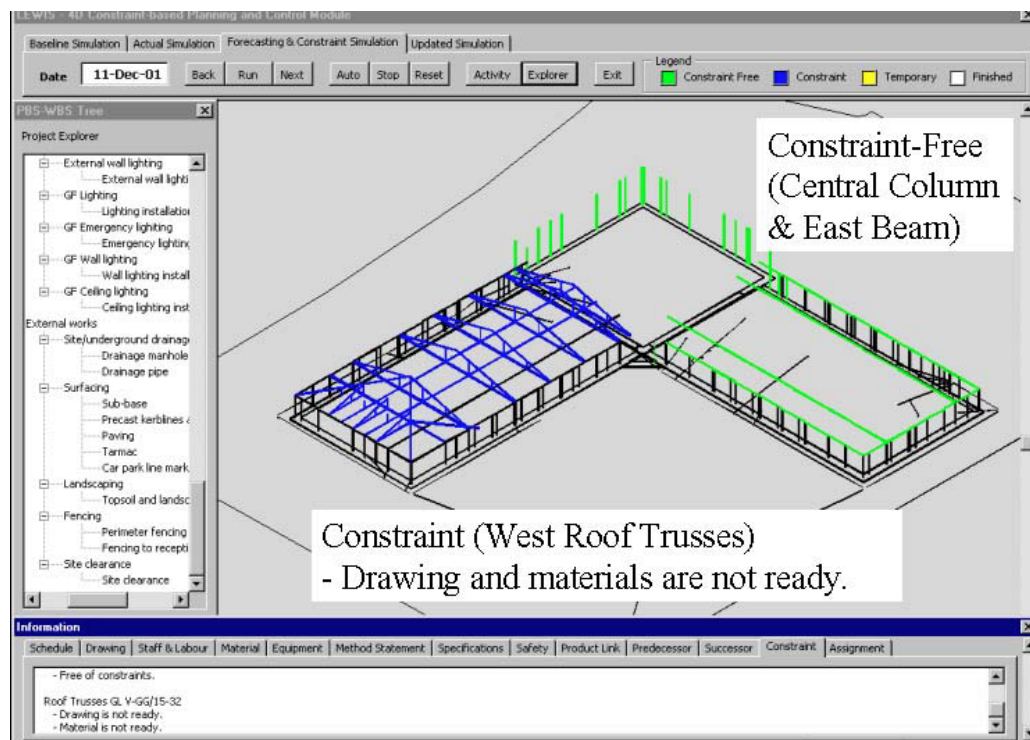
## 2.2.2. Visualización de restricciones asociadas al mandante

No es abundante la literatura sobre la visualización de restricciones asociadas al mandante utilizando modelos 3D y 4D. A pesar de esto, las investigaciones disponibles proveen información valiosa para su desarrollo. La herramienta virtual *LEWIS* permite visualizar las restricciones

físicas expuestas a continuación:

- Visualización de colisiones.
- Visualización de relaciones ilógicas de planificación.
- Visualización de congestión espacial.

En la Figura 2.5 se muestra un ejemplo del uso de la modelación para mostrar las restricciones del proyecto, en la que se utiliza la siguiente asignación de colores: actividad con restricción (azul), liberada (verde), temporal (amarillo) y terminada (blanco). Sacks et al (2003) abordan de forma tangencial la visualización de restricción en el estudio de dos prototipos con interfaces de usuario diseñadas para facilitar el flujo de procesos en el contexto de BIM y del sistema “Lean Construction” (Koskela, 1992). Estas investigaciones entregan puntos de partida para solucionar el problema observado en cuanto a la gestión de restricciones.



**Figura 2.5:** Uso de programa LEWIS para la visualización de restricciones, Sriprasert et al (2003).

Chen et al (2012) realizan un estudio sobre la selección y evaluación de combinaciones de colores para modelación 4D en construcción, en el propone una metodología de dos pasos para seleccionar una combinación: Paso 1, Determinar el propósito de la aplicación y el número de estados. Paso 2, Determinar la relación entre los estados y sus colores correspondientes. Con respecto a la evaluación, considera tres tipos de simulaciones que son: simulación de representación (software utilizado), simulación de visualizador (forma y equipo) y simulación de espectador. Esta investigación permite seleccionar y evaluar una combinación de colores adecuada para mostrar la información con los modelos 4D para facilitar la toma de decisiones del mandante, en cuanto al control de avance físico y la gestión de restricciones.

### 2.3. Preguntas de investigación

La participación en un proyecto fast-track de ampliación de edificios de retail permitió observar la necesidad de mejorar el control de avance físico de la obra, pues es preciso para la toma de decisiones del mandante, y la entrega oportuna de las restricciones asociadas al mandante. La literatura estudiada no proporciona una solución concreta para el problema observado, pero ayuda a formular las siguientes preguntas de investigación para hacerlo.

→ ¿Qué forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos Last-planner permite mejorar el control de avance físico actual del proyecto y visualizar de forma oportuna las restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas? ¿Es necesaria información adicional a los modelos 3D y 4D para la gestión de las restricciones asociadas al mandante?

Estas preguntas están orientadas a encontrar una forma validada por profesionales de terreno, a través de una propuesta preliminar de forma y fondo de uso de los modelos 3D y 4D para llevar el control de avance físico y visualizar restricciones asociadas al mandante, con continuas modificaciones a partir de observaciones realizadas por profesionales de obra y por juicio experto. Se plantea la opción de utilizar elementos de Last-planner, ya que estos permiten disminuir la incertidumbre y planificar con supuestos más reales basados en lo que se puede hacer y en el aprendizaje acumulado del proyecto.

## 2.4. Métodos y tareas de investigación

Esta investigación contempla la participación en reuniones de coordinación en un proyecto fast-track de ampliación de un edificio de retail y una revisión bibliográfica sobre las herramientas y métodos propuestos en investigaciones previas para mejorar la entrega y análisis de información. Utilizando un método iterativo se plantea una propuesta de uso de modelos 3D y 4D para mejorar dificultades encontradas en terreno. Para legitimar este resultado se efectúa una validación subjetiva que contempla una experiencia de laboratorio llamada “Test Charrete method” realizada a profesionales que participaron en el proyecto y a estudiantes de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

En la Figura 2.6 se muestran esquemáticamente las tareas y métodos utilizados para el desarrollo de esta investigación. En primer lugar, durante un período de tres meses se realiza una observación orientada desde el punto de vista del mandante de las reuniones de coordinación del proyecto. En forma paralela, se efectúa la generación del modelo 3D a partir de planos de cálculo y observación en terreno de estructuras relevantes a incorporar, que sirven como referencia o que se deben mantener operativas, y por tanto pueden afectar la construcción del proyecto. Luego se realiza un análisis de la forma y fondo de las reuniones, y de la documentación complementaria que se utiliza para la coordinación, tales como los requerimientos de información y actas de reunión. Después se realiza una clasificación de la información valiosa para la toma de decisiones del mandante en el contexto de control de avance y visualización de restricciones. Con posterioridad, una vez que se ha estudiado la forma de trabajo del proyecto y las recomendaciones de la literatura se desarrolla una propuesta preliminar de uso de modelos 3D y 4D.

En segundo lugar, se implementa la propuesta preliminar en terreno, a ésta se realizan continuas modificaciones a partir de observaciones hechas por profesionales en reuniones y por juicio experto. Para ilustrar este método, en el anexo B se muestra una cronología con algunas de las formas transitorias de la propuesta de uso de modelos 3D y 4D. Se puede observar la evolución de la propuesta y cómo paulatinamente se utilizan los colores para facilitar la entrega y análisis de la información.

En último lugar, se realiza una validación cualitativa del contenido y formato de la propuesta a través de una experiencia de laboratorio a profesionales de obra y a estudiantes de quinto año

Tareas de investigación		Métodos
Observación de reuniones de coordinación	Generación de modelo 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Observación de reuniones</b> de coordinación en proyecto fast-track de ampliación de edificio de retail.</li> <li>- <b>Generación de modelo 3D</b> a partir de planos de cálculo y observación en terreno, con continua validación de expertos y profesionales de obra.</li> <li>- <b>Clasificación de información valiosa</b> para la toma de decisiones del mandante a partir de un Análisis de forma y fondo de reuniones de coordinación y de requerimientos de información.</li> <li>- <b>Desarrollo de ontología de restricciones</b> y de clasificación valiosa a ser mostrada en la propuesta de uso de modelos 3D y 4D.</li> <li>- <b>Desarrollo preliminar de forma de uso</b> de modelos 3D y 4D y de un documento que complemente a los modelos.</li> </ul>
	Clasificación de información valiosa para la toma de decisiones del mandante	
	Desarrollo de propuesta preliminar de uso de modelos 3D y 4D	
Implementación en terreno	Modificaciones iterativas a propuesta	- <b>Implementación de la forma de uso de modelos 3D y 4D</b> en reuniones de coordinación con modificaciones iterativas a partir de observaciones hechas en reuniones y por juicio experto.
Validación de propuesta	Test de Charrette Estudiantes	- <b>Experiencia de laboratorio llamado "Test de Charrette"</b> con profesionales del proyecto estudiado y con estudiantes de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile para validar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D,
	Test de Charrette Profesionales	

Revisión bibliográfica

**Figura 2.6:** Tareas y métodos de investigación

de ingeniería civil. La experiencia a los profesionales de obra se realiza de forma personal, con una duración aproximada de 70 minutos y la experiencia a los estudiantes se realizó en una sesión colectiva con una duración de 90 minutos. La experiencia de laboratorio consta de dos partes en que cada participante debe tomar el rol del mandante en la reunión del 12 de junio de 2012. En la primera parte, el mandante debe responder un set de preguntas utilizando la documentación convencional con la que se contó en dicha ocasión en el proyecto de estudio, ver anexo A. En la segunda parte de la experiencia el participante debe responder el mismo set de preguntas, solo que esta vez, debe utilizar la información complementaria entregada en la propuesta de uso de modelos 3D y 4D para la reunión del día 12 de junio de 2012. En esta parte se adicionan

preguntas sobre valoración de la forma y fondo de la propuesta de uso de modelos 3D y 4D. En el anexo C, se muestra la encuesta utilizada en la experiencia tanto para profesionales de obra como para estudiantes avanzados.

## Capítulo 3

# PROPUESTA DE USO DE MODELOS 3D Y 4D

### 3.1. Resultados de la investigación






Los dos resultados de esta investigación son una forma de uso de modelos 3D y 4D, capaz de mejorar el sistema de control de avance físico del proyecto de estudio y de permitir la visualización de las restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas; y una planilla capaz de complementar a los modelos 3D y 4D para la gestión de restricciones asociadas al mandante.

#### 3.1.1. Control de avance físico

La investigación contempla el análisis de la información necesaria para la toma de decisiones del mandante con respecto al control de avance físico. En la Tabla 3.1, se muestran los resultados obtenidos de este análisis, los que se dividen en dos categorías: estado de los elementos e indicadores del SUP, ambas categorías hacen referencia al avance de la semana anterior a la reunión de planificación.

La literatura estudiada muestra las ventajas de mostrar los elementos programados y los elementos terminados con los modelos 3D y 4D en las reuniones de coordinación (González, 2012 y Mora et al 2010), expone que estos estados permiten que los participantes tomen mayor con-

**Tabla 3.1:** Clasificación de información, Control de avance físico

Ítem	Color	Código RGB			
<b>1) Estado de elementos</b>					
a. Elementos programados semana anterior		Verde	00	255	00
b. Elementos atrasados semana anterior		Magenta	255	00	255
c. Elementos adelantados semana anterior		Azul	00	00	255
d. Elementos terminados semana anterior		Gris	140	140	140
e. Elementos pre-existentes		Gris claro	192	192	192
<b>2) Indicadores SUP</b>					
a. PPC constructora de semana anterior					
b. CNC constructora de semana anterior					

ciencia del estado de avance físico de la obra. No obstante, del análisis se obtiene que es necesario incorporar más estados de los elementos para entregar la información suficiente y de forma clara al mandante para que pueda tomar decisiones oportunas. Para lograr esto, se incorporan los elementos atrasados, adelantados y pre-existentes. En primer lugar, los elementos atrasados permiten que los participantes estén al tanto de las actividades que presentan atraso en el proyecto, lo que a su vez, permite orientar la discusión hacia las razones que explican el no cumplimiento de estas actividades. Más aún, en las reuniones se observa la necesidad de mostrar las causas de no cumplimiento (CNC) de la constructora, ya que el sistema actual de trabajo no permite al mandante conocer las razones que explican el estado actual de la obra o si se está cumpliendo la secuencia constructiva programada. En segundo lugar, los elementos adelantados permiten a los participantes conocer si el avance de la obra se está realizando con respecto al programa maestro o se está avanzando con otra lógica, arriesgando el cumplimiento del programa. Adicionalmente, se propone mostrar el porcentaje de plan completado (PPC) de la constructora de la semana anterior a la reunión de coordinación, ya que este indicador representa la confiabilidad de la planificación semanal de la constructora. Por último, los elementos pre-existentes permiten a los participantes orientarse espacialmente en el proyecto facilitando el análisis de la complejidad de la ejecución de ciertas partidas.

Los colores asignados para representar los estados de los elementos tienen un carácter funcional. Para su selección y evaluación se consideran las recomendaciones entregadas por Chen et



al (2012). El objetivo de la combinación de colores elegida es resaltar los elementos relevantes y pasar a un segundo plano los elementos menos relevantes. Es por esto que se eligen colores llamativos para mostrar los elementos programados, elementos atrasados y elementos adelantados. Este último es de color azul que representa tranquilidad. Para los elementos menos relevantes, como lo son los elementos terminados y pre-existentes, se asignan colores menos llamativos y similares para que pasen a un segundo plano.

Dado que la propuesta está orientada desde el punto de vista del mandante o su representante, se debe utilizar un nivel de la estructura de subdivisión del trabajo de su interés y que aborde las partidas críticas. En el caso de proyectos de gran envergadura sólo se deben incluir las partidas que estén en la ruta crítica. En la Tabla 3.2 se muestran los niveles según el programa maestro (ver anexo A) de las actividades que el mandante del proyecto considera importante de visualizar y que son utilizados en la propuesta.

**Tabla 3.2:** Nivel de estructura de subdivisión del trabajo

<b>Nivel de jerarquización según programa maestro</b>	<b>Nombre de actividad</b>
4	Montaje de estructura metálica
4	Hormigonado de losa
2	Ejecución Lobby 1
2	Ejecución Lobby 2

En la Figura 3.1, se expone un ejemplo de la forma de uso de los modelos 3D y 4D para el control de avance físico. En el costado superior izquierdo se muestra una comparación de lo programado versus lo realizado durante la semana anterior. En ella se resaltan las actividades atrasadas de color magenta y las actividades adelantadas de color azul. En el costado superior derecho se muestra una tabla con los indicadores del SUP, se puede apreciar de que el PPC de la constructora fue bajo con un valor de 16,7 %. Esto último se debe a que a pesar de realizar un gran adelanto en el montaje de la estructura metálica, no se cumplió con las actividades que habían sido programadas para la semana anterior. Por ejemplo, no se inició la ejecución del Lobby 1, no se hormigonó la primera colada de losa ni se avanzó en parte de la estructura metálica programada. El PPC muestra la confiabilidad de la planificación de la constructora que es de

carácter importante para la toma de decisiones del mandante o su representante. Además, en la tabla se presentan las principales causas de no cumplimiento de las actividades, que a pesar de estar planificadas, no se realizaron. Esto último aumenta el entendimiento de los participantes de la reunión sobre las causas que explican la situación actual de avance físico de la obra. En la semana de estudio las principales CNC fueron: diseño y mala planificación, cuyo detalle se presenta en la columna izquierda. En el sector inferior izquierdo se muestran de color verde las actividades que estaban programadas para ser realizadas la semana anterior. Esto incluye las actividades del programa maestro y las actividades atrasadas de la semana anterior. En el sector inferior derecho se muestran las actividades realizadas la semana anterior, donde se puede apreciar un gran avance en el montaje de estructura metálica.

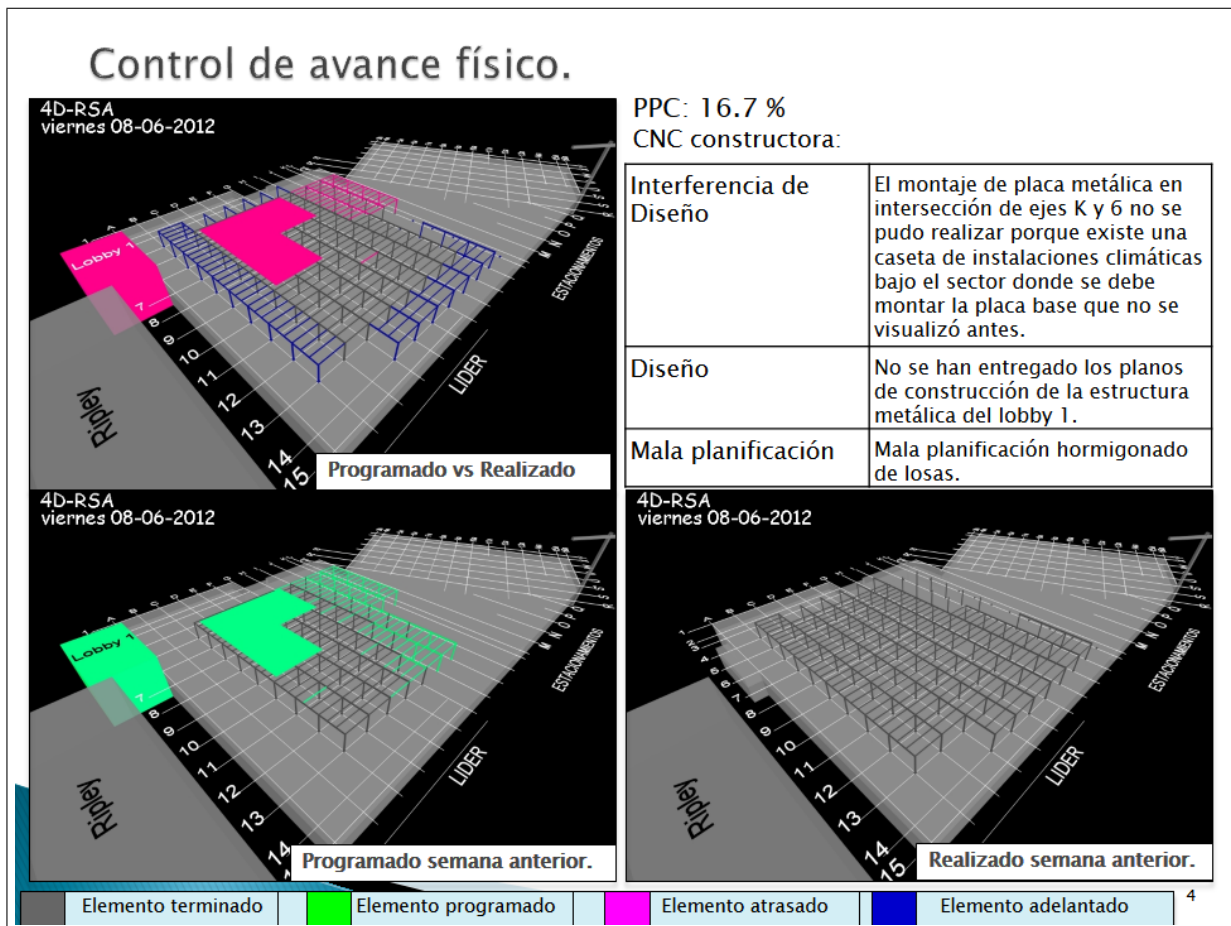





Figura 3.1: Propuesta de uso de modelos 3D y 4D, control de avance físico

### 3.1.2. Visualización de restricciones asociadas al mandante

Al igual que en el control de avance físico, la investigación considera el estudio de la información necesaria para la toma de decisiones del mandante con respecto a la gestión de restricciones bajo su responsabilidad. En la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos de este análisis, de donde se concluye que es importante mostrar las restricciones de operación, restricciones de diseño y restricciones de indefinición de proyecto, las que son definidas y ejemplificadas en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.3:** Clasificación de información, visualización de restricciones asociadas al mandante.

Ítem	Color	Código RGB			
<b>1) Restricciones</b>					
a. Restricciones de operación		Amarillo	255	255	00
b. Restricciones de diseño		Rojo indio	255	92	92
c. Restricciones de indefinición de proyecto		Café arena	244	164	96
<b>2) Gestión de restricciones asociadas al mandante</b>					
a. Planilla de gestión de restricciones					

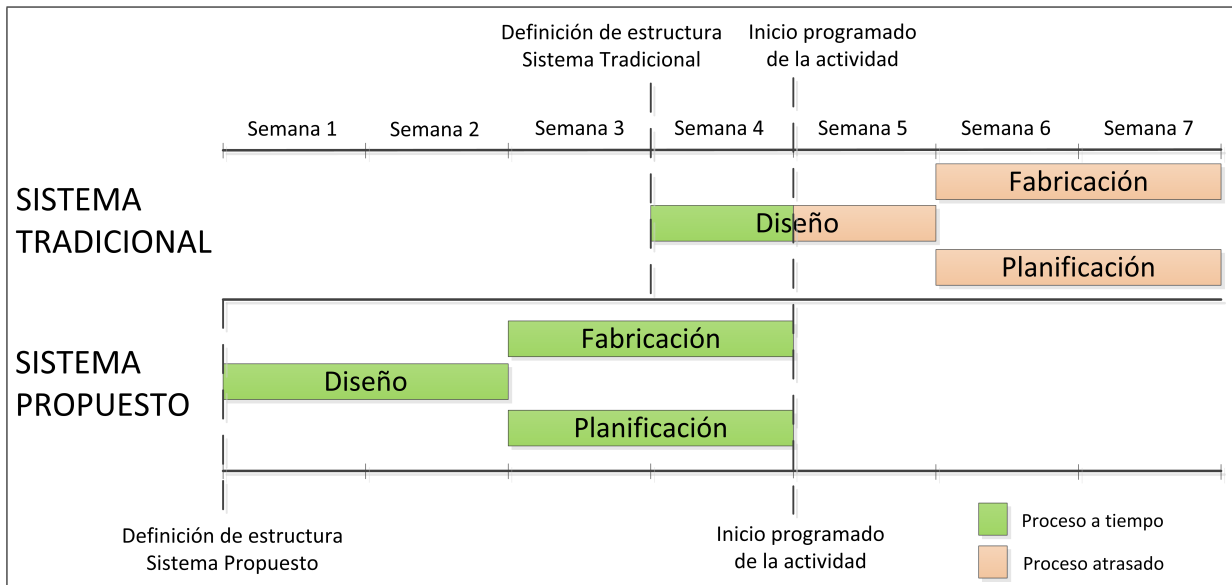
La combinación de colores seleccionados para mostrar las restricciones en los modelos 4D tiene un carácter funcional, al igual que para el control de avance físico. El propósito de la combinación elegida es resaltar los elementos que presentan restricciones y así entregar una señal de alerta a los participantes de las reuniones. Por esto se eligen colores cálidos, pues estos cumplen dicha función.

**Tabla 3.4:** Restricciones asociadas al mandante

Restricción	Descripción	Ejemplos
Restricciones de diseño	Son aquellas asociadas a la entrega de planos, indicaciones o aclaraciones por parte de diseñadores (Arquitectura, cálculo, eléctrico, etc.)	Incompatibilidad entre planos y condición en terreno
		Interferencias de proyecto
		Falta de detalle de conexiones
Restricciones de operación	Son aquellas asociadas a mantener la continua operación de los edificios de retail	Falta de autorización para cierros provisorios en nivel inferior al de construcción
		Falta de autorización para intervenir locales del edificio de retail
		Falta de autorización para trabajar en horario nocturno
Restricciones de indefinición de proyectos	Son aquellas asociadas a la definición o elección de lo que se va a construir	Indefinición de ubicación y orientación de escaleras mecánicas
		Indefinición de solicitudes de las estructuras

Se propone realizar el análisis de las restricciones en un período de cuatro semanas para que los responsables dispongan de holgura suficiente para liberar las restricciones sin perjudicar el inicio según programa de las actividades. Para ilustrar esto se analiza una situación representativa de las restricciones que se presentan en el proyecto de estudio: se tiene una restricción de diseño, la que consiste en una indefinición de la estructura metálica de un sector. Si el mandante define el alcance de la estructura, define implícitamente las solicitudes de diseño, por lo que el arquitecto y calculista pueden diseñar la estructura (una o dos semanas). Con los planos de construcción se puede enviar a fabricar la estructura metálica y en paralelo el constructor puede planificar y asignar recursos para la ejecución de la actividad (una o dos semanas). Por lo tanto, se tiene un plazo de cuatro semanas de holgura necesarios para detectar y gestionar esta restricción. Estos datos se basan en la experiencia de profesionales de obra y se debe tener la consideración de que en proyectos fast-track los rendimientos requeridos son mayores a los de un proyecto normal. En el sistema actual de trabajo las restricciones se detectan y comunican al mandante en el momento en que comienza la ejecución de la actividad y en casos excepcionales una semana antes de la fecha de inicio de la actividad. En el ejemplo expuesto anteriormente, con el sistema tradicional se tendría que el mandante definiría el alcance de la estructura una semana

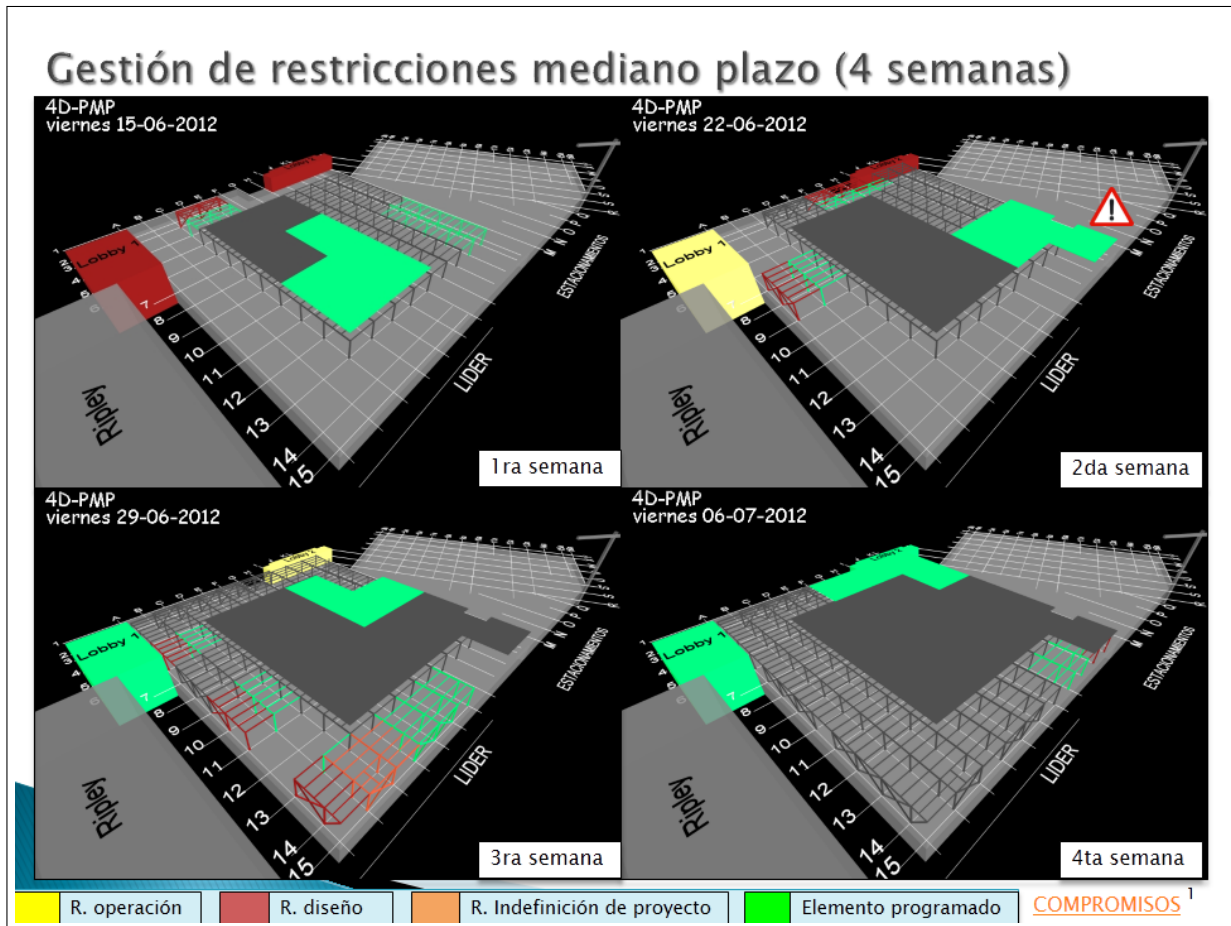
antes de la fecha de inicio, por lo que el inicio de la actividad se atrasaría tres semanas (ver Figura 3.2). Por otro lado, con el sistema propuesto se detectaría y comunicaría al mandante la restricción cuatro semanas antes del inicio de la actividad, plazo suficiente para gestionar dicha restricción(ver Figura 3.2). La situación antes expuesta hace evidente la necesidad de analizar las restricciones en un plazo de cuatro o más semanas para entregar la holgura suficiente a los actores para liberar las restricciones.



**Figura 3.2:** Comparación de Gestión de restricciones entre el Sistema tradicional y el Sistema propuesto.

En la Figura 3.3 se muestra un ejemplo supuesto de la forma de uso de los modelos para la gestión de restricciones. Se pueden apreciar cuatro imágenes: la primera corresponde al viernes de la semana de la reunión, la segunda al segundo viernes, y así hasta llegar a 4 semanas de análisis. Los elementos cambian de color según la restricción que presentan en la semana en que están planificadas. Para entender esto se puede observar que el día viernes el sector descrito por los ejes A-B y los ejes 7-9 está de color rojo, lo que quiere decir, que presenta una restricción de diseño. Estos elementos cambian su color a la semana siguiente, ya que en esa semana ya debería estar realizado dicho sector. Por otra parte, en el ejemplo de la Figura 3.3, se simula la secuencia lógica de la evolución de las restricciones si éstas son liberadas en la semana correspondiente. De esta forma para la ejecución del Lobby 1, volumen macizo ubicado en el eje A entre los ejes 5 y 7, se observa que en el día 15 de junio de 2012 presenta una restricción de diseño, si esta restricción es liberada en la semana correspondiente, es necesario gestionar los

permisos para ingresar a trabajar en el sector que abarca dicho volumen, es decir, en este caso se deben pedir permisos para interferir con el continuo funcionamiento de los locales ubicados bajo la estructura. Por tanto, el Lobby 1 pasa de una restricción de diseño (de color rojo) a una restricción de operación (de color amarillo). Si esta restricción es liberada no se deberían tener restricciones asociadas al mandante para la semana del 29 de junio de 2012 en dicho volumen.



**Figura 3.3:** Propuesta de uso de modelos 3D y 4D, gestión de restricciones

Adicionalmente, en la Figura 3.3 se puede visualizar que en la segunda semana existe una incongruencia en la lógica de las actividades, pues se considera el hormigonado de la losa antes del montaje de la estructura metálica, lo que se señala con un signo de exclamación. Lo antes expuesto muestra uno de los beneficios indirectos de la propuesta de uso de modelos 4D para la visualización de restricciones.

### 3.1.3. Planilla de gestión de restricciones

La propuesta antes descrita de uso de modelos 3D y 4D para la visualización de las restricciones, si bien permite visualizar los sectores que presentan restricciones en un plazo de 4 semanas, no entrega un detalle claro de éstas. Para conseguirlo se propone utilizar una planilla que complementa a los modelos 3D y 4D para la gestión de restricciones asociadas al mandante. En la Tabla 3.5 se describe la planilla correspondiente a la reunión del día 12 de junio de 2012 (ver Figura 3.4).

**Tabla 3.5:** Descripción de planilla de gestión de restricciones

<b>Columna</b>	<b>Descripción</b>
ITEM	Corresponde al número consecutivo desde la primera restricción encontrada en el proyecto.
N° Acta	Corresponde al número de acta de la reunión
Ref	Corresponde a las coordenadas del sector que presenta la restricción
Tipo	El color y contenido de la celda señalan el tipo de restricción
Restricción	Corresponde a una breve descripción de la restricción
Gestión de restricción	Corresponde a la gestión que se debe realizar para liberar la restricción
Responsable	Corresponde al responsable de liberar la restricción
N° Apar	Corresponde al número de semanas que se ha analizado una restricción sin ser liberada. Se inicia en uno al momento de ser detectada y comunicada por primera vez.
Fecha comprometida	Corresponde a la fecha definida por el responsable o el mandante para liberar la restricción
Cumplida	Su contenido es completado en la siguiente reunión de coordinación y puede ser un “Sí” o un “No”
Calendario	Calendario auxiliar para mostrar la fecha comprometida
Observaciones	En caso de ser necesario, se pueden incorporar observaciones
N° días de atraso	Corresponde al número de días de atraso de la liberación de las restricciones desde la primera vez que se toma el compromiso.
Causas de no cumplimiento	Corresponde a las causas de no cumplimiento de la liberación de las restricciones

**Reunión Semanal - HOMY**

Elaborado por: Alan Villegas  
 Memorista de Ing. Civil  
 Universidad de Chile



Semana : 11-17 Jun

**Gestión de restricciones**

ITEM	N° Acta	Ref	Tipo	Restricción	Gestión restricciones	Responsable	N° Apar	Fecha comprometida	Cumplida	Calendario							Observaciones	N° días atraso	Causas de no cumplimiento																				
										L 11	M 12	M 13	J 14	V 15	S 16	D 17			L 18	Mala estimación de recursos	Indef. de proyecto	Diseño Calculo	Diseño Arquitectura																
17	10	A/3-6	Diseño	Falta detalle de EEMM Lobby 1.	Subir planos de construcción con detalle de EEMM Lobby 1.	Cálculo	5																																
18	10	K-6	Diseño	Existe una caseta de instalaciones climaticas bajo el sector donde se debe montar la placa base en punto K-6.	Definir procedimiento de montaje de placa metálica en intersección de ejes K y 6.	Cálculo	5	No																															
19	11	H-L/2-3	Diseño	Falta detalle de Lobby 2.	Subir planos de arquitectura con detalle de Lobby 2, para validación de cálculo.	Arquitectura	4																																
20	11	3	Diseño	Pilares preexistentes (Pilares metálicos de estructura de climatización) están desplazados 20 cm de eje de proyecto.	Definir procedimiento de montaje de placas base en eje 3.	Cálculo	4																																
21	12	A	Diseño	Existe una bandeja eléctrica bajo la losa que obstaculiza el montaje de todas las placas base de dicho eje.	Definir procedimiento de montaje de placas base en eje A.	Cálculo	3																																
22	14	B-D / 13-15	Indef. Proyecto	Falta definir ubicación de escaleta 3.	Definir ubicación de escalera 3, para liberar el diseño de los elementos adyacentes a la estructura.	Mandante	1																																
23	14	K-J / 14-15	Diseño	Pilares están desplazados 20 cm de eje de proyecto en intersección de ejes 15-K y 15-J.	Definir procedimiento de montaje de placas base en intersección de ejes 15-K y 15-J.	Cálculo	1																																

IC 31

Actividades comprometidas	0
Actividades realizadas	0
PPC actividades	0%

Compromisos tomados	7
Compromisos cumplidos	0
PPC compromisos	0%

Total comprometido	3,5
Total alcanzado	0
PPC global	0%

Figura 3.4: Planilla de gestión de restricciones



Para ejemplificar el uso de la planilla mostrada en la Figura 3.4, se puede ver el ítem 22. Este ítem según el análisis retrospectivo realizado, debería haber sido tratado en el acta de la reunión número 14 y ha afectado a elementos ubicados en el cuadrante formado por los ejes B con D y 13 con 15, ver Figura 3.3. Estos elementos presentan una restricción para la tercera semana y es de tipo indefinición de proyecto, ya que el mandante solicitó la paralización del diseño hasta definir la ubicación de una escalera en dicho sector. Para liberar esta restricción el mandante debe definir la ubicación de dicha escalera para que el calculista y arquitecto puedan diseñarla. La propuesta considera que una vez presentada una restricción se debe definir un responsable y una fecha de liberación, en este caso el mandante es el responsable y éste debe entregar una fecha que no impida la ejecución de la actividad. Por otra parte, se puede observar que el ítem 18, en la columna “Cumplida” tiene un “No”. Esto quiere decir que la restricción de esa actividad no fue liberada en la fecha comprometida, por lo que pasó a ser una causa de no cumplimiento que es de tipo diseño de cálculo. Cabe destacar, que estos ejemplos son realizados con base en un análisis retrospectivo, por lo que su alcance es limitado.

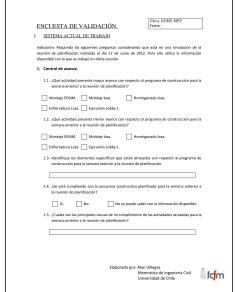
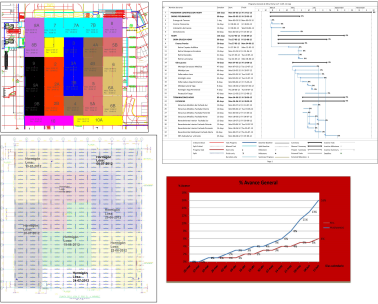
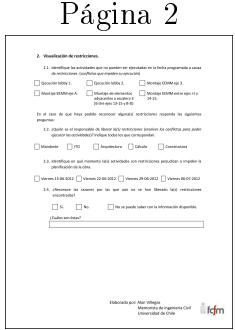
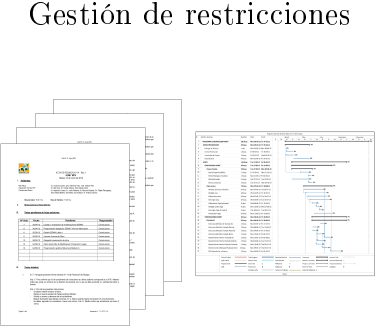
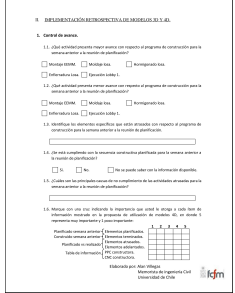
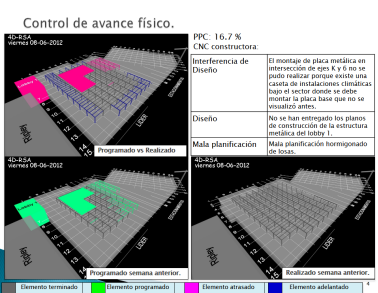
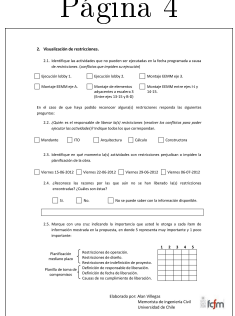

## 3.2. Validación de la propuesta de forma de uso de modelos 3D Y 4D

El tipo de validación elegido para esta investigación es cualitativo. Esto se debe a que la variabilidad del proyecto imposibilita obtener datos fiables para comprobar la efectividad de la propuesta. No obstante, para validar los resultados de la investigación se realiza una experiencia de laboratorio llamada “The Test Charrette method” a profesionales de la obra de estudio, a miembros del departamento de control de gestión de la empresa mandante y a estudiantes de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

La experiencia de laboratorio tiene como objetivo validar la efectividad de la propuesta en cuanto a mejorar el entendimiento de la información entregada al mandante para el control de avance físico y para la gestión de restricciones. Además, obtener una valorización de la información que se propone mostrar. La validación consta de dos partes, en cada una el participante debe tomar el rol del mandante en la reunión de coordinación realizada el día 12 de junio de 2012 en el proyecto de estudio. La Tabla 3.6 se describe esquemáticamente el procedimiento utilizado en la validación.

Para analizar los resultados obtenidos de la encuesta se considera como línea base la información mostrada en los modelos 3D y 4D, pues estos muestran la información recolectada con un análisis retrospectivo, que debería haber sido manejada durante la reunión del día 12 de junio de 2012.

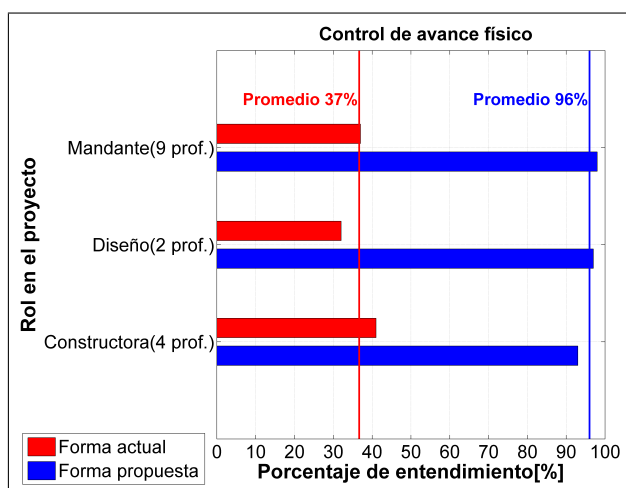
**Tabla 3.6:** Esquema procedimiento de validación

	Encuesta	Esquema documentos	Descripción
Etapa 1	<p><b>Página 1</b></p> 	<p><b>Control de avance</b></p> 	<p>El participante debe responder cinco preguntas asociadas al control de avance físico y cuatro preguntas asociadas a la visualización de restricciones (ver anexo C), para ello debe utilizar la documentación convencional con la que se trabajó en la reunión del 12 de junio de 2012 (ver anexo A)</p>
	<p><b>Página 2</b></p> 	<p><b>Gestión de restricciones</b></p> 	
Etapa 2	<p><b>Página 3</b></p> 	<p><b>Control de avance</b></p> 	<p>El participante debe responder los mismos sets de preguntas de la primera parte, pero en esta ocasión debe utilizar la información complementaria entregada en la propuesta de uso de modelos 3D y 4D para la reunión del 12 de junio de 2012 (ver anexo D). Se incorporan preguntas para medir la valoración de los participantes sobre la forma de uso de modelos 3D y 4D para los items de información seleccionados y utilizados en la propuesta de la investigación.</p>
	<p><b>Página 4</b></p> 	<p><b>Gestión de restricciones</b></p> 	

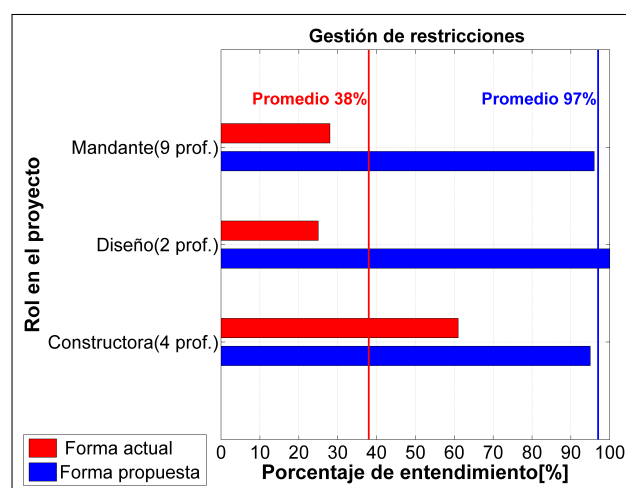
### 3.2.1. Resultados de la experiencia de laboratorio con profesionales de obra

La experiencia de laboratorio se realizó en sesiones personalizadas a 9 de los profesionales que trabajan en el proyecto y a 6 miembros del departamento de control de gestión de la empresa mandante, con una duración promedio de 60 minutos. Los profesionales se clasifican dependiendo del rol que cumplen en el proyecto de estudio: Mandante (60 %), Diseño (13 %) y Constructora (27 %).

En la Figura 3.5 se puede ver que el promedio del entendimiento de los profesionales sobre la información mostrada para el control de avance físico utilizando la información entregada en la propuesta de uso de modelos 3D y 4D es de 96 %, mientras que con el sistema convencional, de curvas S y esquemas de planificación, sólo alcanza un porcentaje de entendimiento de 37 %. En otras palabras, el porcentaje de entendimiento con respecto al avance físico del mandante en esta experiencia de laboratorio mejoró substancialmente con la aplicación de la propuesta de uso de modelos 3D y 4D. Esto se debe principalmente a que el sistema propuesto permite conocer si se está cumpliendo con la secuencia constructiva planificada a diferencia del sistema tradicional. Permite además reconocer los elementos específicos que están atrasados y permite saber cuáles son las causas de no cumplimiento de la constructora. Una diferencia de una magnitud similar se puede apreciar en el entendimiento de los profesionales sobre la información mostrada para la gestión de restricciones entre el sistema utilizado en el proyecto y el sistema propuesto (ver Figura 3.6). Lo anterior se debe a que el sistema propuesto muestra de una manera más sencilla las restricciones y el análisis se realiza en 4 semanas, lo que permite visualizar un mayor número de restricciones. Además, el sistema propuesto facilita la gestión de las restricciones utilizando en conjunto los modelos 3D y 4D, y la planilla de gestión de restricciones. Se visualizan de manera sencilla los sectores y las fechas en que presentan restricciones, se define claramente la restricción y la gestión que se debe realizar para su liberación y se define un responsable de liberar la restricción en una fecha comprometida. Las consideraciones antes expuestas hacen evidente que la propuesta permite mejorar el entendimiento de los participantes con respecto a las categorías de información estudiadas de control de avance físico y visualización de restricciones.

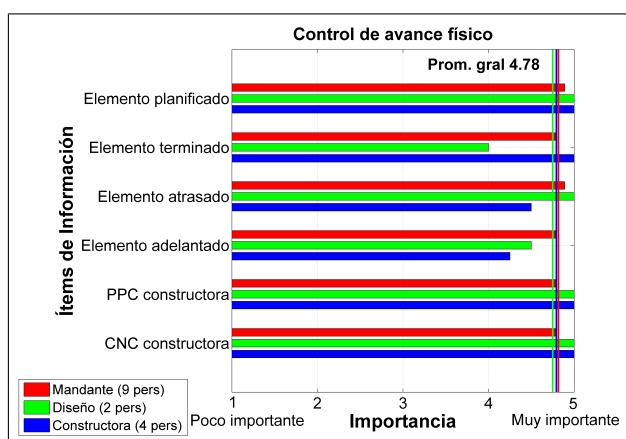


**Figura 3.5:** Entendimiento de profesionales de obra sobre la información mostrada para el control de avance físico.

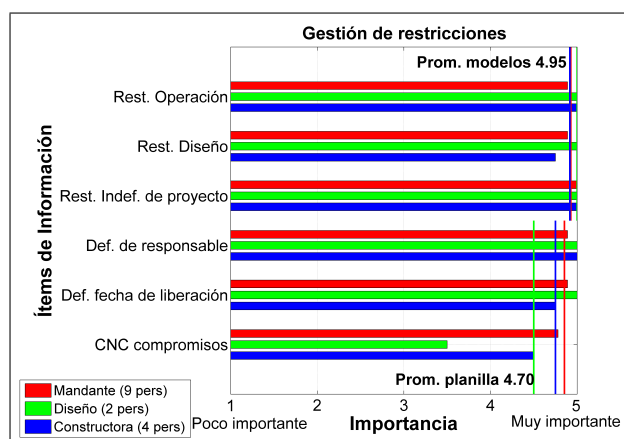


**Figura 3.6:** Entendimiento de profesionales de obra sobre la información mostrada para la gestión de restricciones.

En la Figura 3.7 se entregan los resultados obtenidos de la valoración de los profesionales de obra sobre la importancia de mostrar los items de información considerados para el control de avance físico. Se observa que la apreciación general de los profesionales sobre la información mostrada es Muy importante, siendo 4.78 el promedio del total de los encuestados. De forma similar, en la Figura 3.8 se puede observar que el promedio de la valoración de los profesionales sobre la forma de mostrar las restricciones utilizando imágenes de los modelos 4D en la propuesta es de un 4.95, mientras que la valoración de la importancia de mostrar la información de la planilla de gestión de restricciones, que son la definición de un responsable, fecha de liberación y CNC de compromisos es levemente inferior siendo su promedio 4.70. Lo antes mencionado, permite verificar la importancia de la información clasificada y considerada en la investigación, obteniendo una valoración sobresaliente de los profesionales que participaron en el proyecto de estudio y del departamento de control de gestión de la empresa mandante. Esto complementa al porcentaje de entendimiento los items mostrados, ya que los mismos participantes del proyecto definen en su valoración que la información mostrada es muy importante considerando el punto de vista del mandante.



**Figura 3.7:** Valoración de la información mostrada en el control de avance físico por profesionales de obra.



**Figura 3.8:** Valoración de la información mostrada para la gestión de restricciones por profesionales de obra.

### 3.2.2. Resultados de la experiencia de laboratorio con estudiantes avanzados

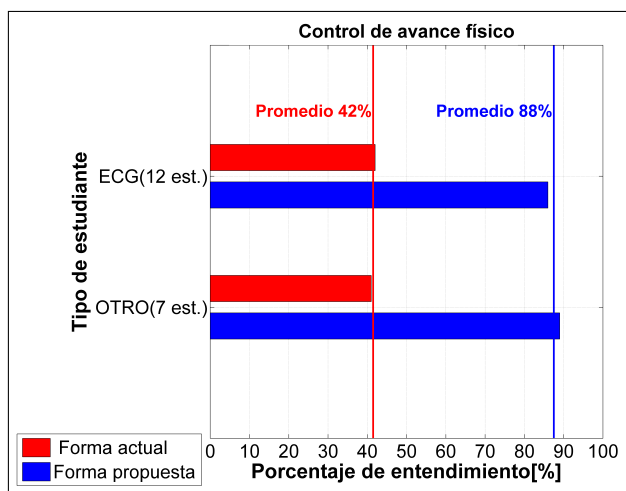
La experiencia de laboratorio se realizó en una sesión con 19 estudiantes de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con una duración aproximada de 90 minutos. Para el análisis de los resultados se clasifica a los estudiantes en dos categorías dependiendo de la especialidad de estudio: *ECG*<sup>1</sup> (63 %) y *Otro*<sup>2</sup> (37 %).

En la Figura 3.9 se muestran los resultados del entendimiento de los estudiantes sobre la información mostrada para el control de avance físico, es evidente que la propuesta de uso de modelos 3D y 4D mejora notablemente el entendimiento del estado actual de la obra con respecto a los ítems de información estudiados. La mejora es de un 44 % en comparación al sistema con que se trabaja en la obra. En cuanto al entendimiento de los estudiantes sobre la información mostrada en la propuesta para la gestión de restricciones (ver Figura 3.10), se puede apreciar que al igual que los resultados obtenidos en la experiencia con los profesionales, el entendimiento de la información mostrada mejora de manera substancial. Estos muestran que a pesar del poco conocimiento de los estudiantes sobre este tipo de proyecto y la poca cercanía con las herramientas virtuales, la propuesta mejora notablemente el entendimiento de la información valiosa para la

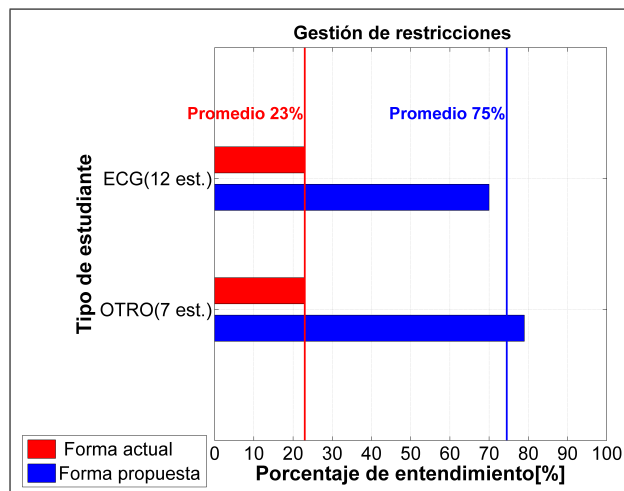
<sup>1</sup> *Estudiantes de Ingeniería Civil con mención en Estructuras, Construcción y Geotecnia*

<sup>2</sup> *Estudiantes de Ingeniería civil, mención en Transporte y estudiantes de Ingeniería Civil con mención en Hidráulica*

toma de decisiones del mandante.



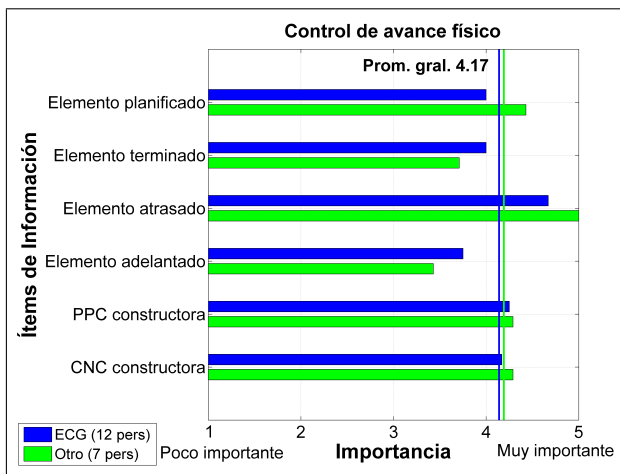
**Figura 3.9:** Entendimiento de estudiantes avanzados sobre la información mostrada para el control de avance físico.



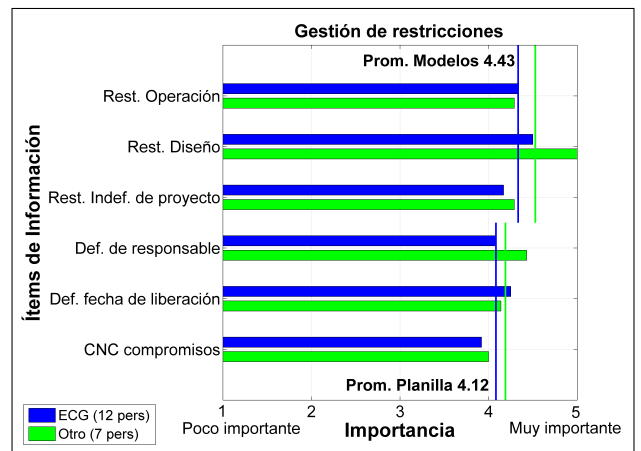
**Figura 3.10:** Entendimiento de estudiantes avanzados sobre la información mostrada para la gestión de restricciones.

En las Figuras 3.11 y 3.12 se puede observar que los estudiantes consideran importante tanto la información mostrada en la propuesta de modelos 3D y 4D para el control de avance físico como la información mostrada para la gestión de restricciones. Se puede agregar que consideran levemente más importante a los items de información de los modelos 3D y 4D en comparación a los items mostrados en la planilla de gestión de restricciones. Esto se debe a que la información con la que se llenó la planilla proviene de un análisis retrospectivo, por lo que no están completados todos los campos con información real de la fecha, ya que esta información debe ser proporcionada por cada actor. Por una parte, para las restricciones detectadas en la semana de la reunión, el actor debe comprometerse a realizar una gestión para liberar la restricción en una fecha establecida. Por otra parte, para las restricciones detectadas en semanas anteriores el actor debe explicar las causas de no cumplimiento de los compromisos no cumplidos y comprometer a realizar la gestión para liberar la restricción en una nueva fecha comprometida.

En las Figuras 3.11 y 3.12 se puede observar que la valoración realizada por los estudiantes es más baja que la valoración realizada por los profesionales de obra para la forma de mostrar los distintos items de información. Lo que se puede deber a que los profesionales de obra poseen experiencia en proyectos similares y pueden notar de mejor forma la utilidad de las herramientas propuestas.



**Figura 3.11:** Valoración de la información mostrada en el control de avance físico por estudiantes avanzados.



**Figura 3.12:** Valoración de la información mostrada para la gestión de restricciones por estudiantes avanzados.



### 3.3. Procedimiento para generar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D

La investigación contempla la propuesta y validación de una forma de uso de modelos 3D y 4D con elementos de last planner que mejora el entendimiento del avance físico de la obra y, que a su vez, permite visualizar las restricciones asociadas al mandante para que puedan ser gestionadas de forma oportuna. Sin embargo, no contempla la validación del procedimiento utilizado para generar dicha propuesta. Aun así, este procedimiento permite generar recomendaciones potencialmente útiles para futuras investigaciones. Lo anterior conlleva a mostrar en la Figura 3.13 las actividades llevadas a cabo para generar la propuesta con las horas hombres utilizadas por el investigador y la descripción general de cada actividad.

El procedimiento descrito en la Figura 3.13 se divide en dos niveles de trabajo: **Programación a largo plazo**: contempla la programación realizada al comienzo del proyecto y las reprogramaciones cuando las modificaciones del contrato así lo requieren. **Programación a mediano**: contempla la programación a cuatro semanas para detectar las restricciones asociadas al mandante y el control de avance físico con respecto al programa maestro. Las actividades de color rojo corresponden a aquellas realizadas por el modelador y las actividades azules corresponden a aquellas que dependen de otro actor.

En primer lugar, para la programación a largo plazo el equipo constructor debe generar el programa maestro del proyecto, que en algunos casos se debe realizar sin considerar todos los proyectos listos del contrato. En segundo lugar, el modelador debe generar el modelo 3D, para esto debe decidir si se van a incorporar los edificios adyacentes. Luego en conjunto con el mandante el modelador debe elegir el nivel de subdivisión del trabajo a utilizar y finalmente debe realizar un tratamiento geométrico en base al programa maestro. En tercer lugar, el modelador debe juntar el programa maestro con el modelo 3D, generando así el modelo 4D, que debe mostrar la secuencia constructiva propuesta por el equipo constructor. Finalmente, el mandante debe revisar y aprobar el programa maestro, y en el caso de rechazar el programa se debe volver a iniciar el ciclo desde la generación del programa maestro.

Una vez aprobado el programa maestro, el equipo constructor debe primero realizar la programación a mediano plazo, indicando las restricciones asociadas al mandante que presenta el

proyecto y segundo realizar la planificación a corto plazo o semanal. Posteriormente, el modelador debe tomar los programas entregados por el constructor y realizar cambios al modelo 3D en caso de ser necesario. Luego, en la primera semana de aplicación de la propuesta el modelador debe generar un modelo 4D para llevar el control de avance físico (utilizando el avance real y el programa maestro) indicando el estado de los elementos según las categorías propuestas en esta investigación: elemento terminado, elemento programado, elemento atrasado y elemento adelantado. Asimismo, el modelador debe generar un modelo 4D para mostrar el programa a mediano plazo indicando las restricciones asociadas al mandante que hayan sido detectadas en base a la programación y a un chequeo de las condiciones del terreno según los tipos propuestos en esta investigación: Restricción de operación, restricción de diseño y restricción de indefinición de proyecto.

A partir de la segunda semana de aplicación de la propuesta, el modelador debe actualizar los modelos 4D según el avance físico real y las restricciones detectadas durante la semana por el equipo constructor. La última actividad antes de la reunión de coordinación es la preparación de la presentación, en esta etapa el modelador debe elegir el número y vistas de las imágenes a utilizar, se recomienda utilizar la cantidad y vistas apropiadas para abarcar las actividades relevantes tanto para el control de avance físico como para la gestión de restricciones. Adicionalmente, el modelador debe actualizar las restricciones asociadas al mandante en la planilla de toma de compromisos.

En la reunión de coordinación se debe seguir el procedimiento descrito en la parte inferior de la Figura 3.13 y que se describe y ejemplifica con mayor detalle en la Sección 3.1 Resultados de la investigación".

En la Figura 3.13 se muestra las horas hombre utilizadas por el investigador en cada actividad para el proyecto de estudio. Esta cantidad de horas puede variar dependiendo de la magnitud del proyecto, nivel de subdivisión del trabajo elegido, cantidad de restricciones que presente la obra, entre otros. Sin embargo, la investigación permite verificar que al comienzo de un proyecto de características similares al proyecto de estudio, el modelador debe destinar alrededor de dos semana de trabajo para generar el modelo 3D y 4D (depende de los tiempos requeridos por el equipo constructor para realizar su planificación) y durante la ejecución del proyecto debe destinar 1 día para actualizar y preparar la presentación de la reunión de coordinación. Lo anteriormente

expuesto, muestra que el modelador puede cumplir con otras funciones en el caso de trabajar en un proyecto o que puede trabajar en por lo menos dos proyectos en paralelo.

	Actividad	HH	Descripción
Programación a largo Plazo	Generación de Programa Maestro	-	- En caso de ser necesario, realizar primera planificación sin proyectos listos.
	Generación de modelo 3D	45	- <b>Generación de modelo 3D:</b> Incorporar edificios adyacentes, elegir nivel de subdivisión del trabajo a utilizar, tratamiento de geometría en base a la planificación.
	Generación de modelo 4D	9	- <b>Generación de modelo 4D</b> para mostrar el programa maestro (definir hitos y secuencia constructiva)
	Revisión de programa maestro	-	- Revisión del <b>programa maestro</b> (modelo 4D).
Programación a mediano plazo	Planificación a mediano y corto plazo	-	- Con los proyectos listos, realizar <b>planificación a mediano plazo</b> (4 semanas) y <b>planificación a corto plazo</b> (1 semana).
	Actualizar modelo 3D	1	- <b>Actualizar modelo 3D</b> en caso de ser necesario.
	Generar / Actualizar modelos 4D	9/2,5	- <b>Generar un modelo 4D</b> para el control de avance físico y otro modelo 4D para la gestión de restricciones: Elección de colores a utilizar, cantidad y puntos de vista de imágenes. - <b>Actualizar modelos 4D.</b> Control de avance físico: incorporar el avance físico real de la semana. Gestión de restricciones: incorporar restricciones detectadas para el mediano plazo.
	Generar presentación	2,5	- <b>Generar presentación:</b> Exportar imágenes de los modelos 4D. Preparar documentos y material audiovisual para presentación.
	Reunión de Coordinación	1	- <b>Control de avance físico:</b> Mostrar imágenes de situación actual de avance físico, PPC y CNC de constructora con su correspondiente explicación. - <b>Gestión de restricciones:</b> Mostrar imágenes del mediano plazo que muestren las restricciones asociadas al mandante que han sido detectadas. - <b>Toma de compromisos:</b> Revisión de compromisos semana anterior y compromisos de gestión de restricciones asociadas al mandante que hayan sido detectadas.

Figura 3.13: Procedimiento para generar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D

## Capítulo 4

# CONCLUSIONES

La literatura estudiada sobre proyectos fast-track de renovación de edificios de retail ha mostrado la necesidad de fortalecer la comunicación y coordinación entre los participantes en este tipo de proyectos. Sin embargo, en terreno se observa que la comunicación y coordinación entre los actores es débil, lo que se debe a que los métodos convencionales para el control de avance físico utilizados no permiten detectar si se está cumpliendo la secuencia de construcción planificada, identificar los sectores donde se está realizando el avance de la obra y conocer las causas del no cumplimiento de las actividades. Asimismo, la forma en que se analizan y registran las restricciones de interés para el mandante no permiten: identificar de forma sencilla las restricciones, al responsable de su liberación y la fecha comprometida para hacerlo; disponer del tiempo suficiente para gestionar las restricciones; y realizar un seguimiento a la gestión de restricciones. Estas observaciones evidencian que el sistema actual de trabajo no entrega la información necesaria para que el mandante pueda tomar decisiones de forma oportuna.

Esta investigación proporciona una herramienta para facilitar y mejorar la entrega y análisis de información asociada al control de avance físico y a la gestión de restricciones, que ha sido formulada en base a las necesidades observadas en terreno y validada por profesionales del proyecto, miembros de la empresa mandante y estudiantes avanzados de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

En este capítulo se aborda la contribución al conocimiento de esta propuesta, su valor práctico, sus limitaciones, otras consideraciones generales, y sugerencias de investigaciones futuras.

## 4.1. Contribución al conocimiento

Esta investigación proporciona una contribución al área de estudio de herramientas virtuales de apoyo para la construcción: una forma de uso de modelos 3D y 4D orientado hacia el beneficio del mandante y, adicionalmente, una primera aproximación a una clasificación de restricciones asociadas al mandante en proyectos fast-track de ampliación de edificios de retail.

Actualmente, las investigaciones sobre el uso de modelos 3D y 4D en construcción están orientados desde el punto de vista del equipo constructor, por lo que la información mostrada en el control de avance físico y las restricciones estudiadas son la de interés para este actor. Esta propuesta amplía el campo de uso de estas herramientas orientándolas hacia el beneficio del mandante o a su representante. El punto antes expuesto permite extender el estudio de las restricciones convencionales a las restricciones en las que tiene influencia el mandante y como éstas pueden ser visualizadas en apoyo a la toma de decisiones. Esta investigación proporciona un punto de partida que puede ser ampliado a otras especialidades u otros tipos de proyectos.

## 4.2. Valor práctico

La propuesta está formulada en base a las necesidades observadas en terreno, por lo que presenta beneficios desarrollados para la industria de la construcción.

**Permite al mandante o a su representante visualizar las restricciones asociadas a ellos en el mediano plazo (4 semanas) para que puedan gestionarlas:** La propuesta de uso de modelos 3D y 4D expuesta en esta investigación permite entregar la información sobre las restricciones de manera visual en el mediano plazo, facilitando su entendimiento y entregando la información oportuna para liberar las restricciones.

**Permite al mandante o a su representante llevar un control de la gestión de restricciones, a través, del uso de la planilla:** El uso de la planilla de gestión de restricciones permite registrar de mejor forma las restricciones, la gestión necesaria para su liberación, un

responsable y la fecha de liberación, lo que facilita el seguimiento del cumplimiento de éstas.

**Permite al mandante o a su representante llevar el control de avance físico de forma visual, orientando la discusión hacia el cumplimiento del programa:** La propuesta complementa el sistema actual de trabajo, ya que permite visualizar el estado de los elementos con respecto al programa e incorpora indicadores de cumplimiento de la constructora, lo que permite al mandante conocer de buena forma el estado actual de la obra, facilitando su toma de decisiones.

### 4.3. Limitaciones

Luego de observar un caso real en terreno se plantea el alcance de la investigación, la que se ve limitada por las siguientes consideraciones: En primer lugar, la propuesta de uso de modelos 3D y 4D se orientó desde el punto de vista del mandante o su representante en proyectos fast-track de ampliación de edificios de retail, consideró sólo el uso de imágenes de los modelos 4D y la etapa de obra gruesa del proyecto. En segundo lugar, para validar la investigación se utilizó un método cualitativo, debido a que obtener datos fiables en proyectos complejos es muy complicado y tomaría un esfuerzo mayor al considerado en esta investigación. En tercer lugar, la implementación en terreno no se realizó de forma completa y sólo se utilizó para formular con un método iterativo la propuesta de uso de modelos 3D y 4D, dado que en el proyecto de estudio no se realizaba formalmente planificación semanal ni a mediano plazo. Por tanto, no se pudo obtener los insumos para utilizar la propuesta, y sólo se pudo realizar un análisis retrospectivo utilizando información complementaria para el requerimiento de información y causas de no cumplimiento detectadas en reuniones posteriores a la reunión de análisis, es decir, la reunión del 12 de junio de 2012.

La encuesta realizada para obtener los datos para la validación no elimina el sesgo sobre el conocimiento del proyecto de los profesionales de obra.

En último lugar, la investigación no consideró un estudio económico del esfuerzo necesario para implementar la propuesta. Las consideraciones antes expuestas limitan el alcance de la investigación.

## 4.4. Otras consideraciones

Para implementar la forma propuesta de uso de modelos 3D y 4D generada en esta investigación, se deben tener las siguientes consideraciones:

En cuanto al equipo constructor:

1. El equipo constructor debe realizar una planificación al inicio de la obra basada en la información de diseño disponible y en base a la experiencia de proyectos similares. Se recomienda utilizar herramientas virtuales 3D o 4D para facilitar su análisis y validación por parte del mandante. Posterior a esto, la planificación debe ser comunicada tanto a los diseñadores como al operador del inmueble a ampliar, para que estén al tanto de los plazos acordados.
2. El equipo constructor debe realizar planificación intermedia, planificación semanal, análisis de causas de no cumplimiento y análisis de restricciones en el mediano plazo, para comunicarlos al mandante en las reuniones de coordinación.

En cuanto a la generación de los modelos:

1. En la investigación se realizó un modelo 3D utilizando Autocad Revit Structure 2012 student edition, y dos modelos 4D utilizando Autocad Naviswork Manage 2012 Student edition. Uno de los modelos 4D se realizó para mostrar las actividades realizadas y realizadas vs programadas, y el otro para mostrar las actividades programadas y las restricciones en el mediano plazo, ver anexo B.
2. Debe disponer de un profesional con conocimientos en uso de modelos 3D o 4D, o en su defecto capacitar a un profesional, para que genere y actualice los modelos antes de las reuniones de coordinación. Se estima que inicialmente, el profesional debe estar dedicado jornada completa al estudio del proyecto y a la generación del modelo 3D, luego de completado este proceso, se estima que el profesional deberá utilizar un día para recopilar la información, actualizar los modelos y actualizar la presentación para la reunión de coordinación, por lo que puede cumplir otras funciones en el proyecto.

## 4.5. Sugerencias de investigaciones futuras

La presente investigación contempla un alcance limitado y da a conocer necesidades presentes en el tipo de proyecto estudiado, presentado un punto de partida para investigaciones futuras. A continuación se sugieren algunas investigaciones:

1. Implementar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D en proyectos similares al de estudio que utilicen el sistema de planificación Last-planner. Esto permitiría obtener una validación cuantitativa de la propuesta.
2. Implementar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D en otro tipo de proyectos. Esto permitiría ampliar la cantidad de restricciones asociadas al mandante y verificar la utilidad de la propuesta. En particular, se recomienda incluir una restricción asociada a los errores constructivos y de programación del equipo constructor, ya que al final de la investigación se observó que estas restricciones pueden tener un impacto importante en el atraso de las obras. Esta restricción no se validó en la propuesta, por lo que se recomienda incluirla en futuras investigaciones.
3. Complementar la propuesta de uso de modelos 3D y 4D con un seguimiento de la producción y costos de producción, de esta forma completar los indicadores útiles para la toma de decisiones del mandante.
4. Hacer un estudio económico sobre el impacto que tiene la indefinición de proyectos en el atraso y costo de las obras. En particular, se recomienda analizar proyectos Fast-track, ya que se observa que la indefinición de proyectos tiene un impacto importante en el costo y atraso de éstos. Sin embargo se desconoce su magnitud.



# Bibliografía

- Ballard, G.(2000) *The Last Planner System of Production Control*. Ph. D thesis, University of Birmingham, Faculty of Engineering, School of Civil Engineering, UK.
- Campero, M., & Alarcón, L. (2008). *Administración De Proyectos Civiles* (3 ed.). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Carroll, T., Burton, R., Levitt, R., & Kiviniemi, A. (2004). *Fallacies of fast track tactics: Implications for organization theory and project management*. CRGP Working Paper Series #005.
- Chen, Y.-H., Tsai, M.-H., Kang, S.-C., & Liu, C.-W. (2012). *Selection and Evaluation of Color Scheme for 4D Construction Models*. ITcon Vol. 18, 1-19.
- Clayton, M., Kunz, J., & Fischer, M. (1998). *The Charrete Test Method*. CIFE Technical Report #120, Stanford University, Center For Integrated Facility Engineering.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Kathleen Liston. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* (2 ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Fischer, M. (2006). *Formalizing Construction Knowledge for Concurrent Performance-based Design*, (págs. 186-205).
- González, A. (2012). *Propuesta de Implementación del Sistema Last Planner con el Apoyo de Tecnología 4D para la obra gruesa de edificaciones*. Tesis para optar al Título de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Hoezen, M., Reymer, I., & Dewulf, G. (2006). *The problem of communication in construction*. Adaptables conference, Eindhoven, the Netherlands.

- Koo, B., & Fischer, M. (2000). *Feasibility study of 4D CAD in commercial construction*. Journal of Construction Engineering and Management, 126(4), 251-260.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new Production Philosophy to Construction*. Stanford University.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. CIFE Working Paper #WP097, Stanford University, Center For Integrated Facility Engineering.
- Kuo, C.-H., Tsai, M.-H., & Kang, S.-C. (2011). *A Framework of information Visualization for Multi-System Construction*. *Automation in Construction*, 20(3), 247-262.
- McKinney, K., & Fischer, M. (1998). *Generating, Evaluating and Visualizing Construction Schedules with CAD Tools*. *Automation in Construction*, 7(6), 433-447.
- Mora, M., Fuster, S., & Alarcón, L. (2012). *De la Oficina al Terreno: Last Planner System con Programación 4D*.
- Project Management Institute. (2004). *Guía de los fundamentos de la Dirección de proyectos (Guía del PMBOK) (3 ed.)*. Four Campus Boulevard, Newton square, EEUU.
- Sacks, R., Treckmann, M., & Rozenfeld, O. (2009). *Visualization of Work Flow to Support Lean Construction*. Journal of construction engineering and management ASCE, 1307-1315.
- Senescu, R., & Haymaker, J. (2009). *Improving Design Processes through Collaborating, Sharing, and Understanding*. CIFE Working Paper #WP124, Stanford University, Center For Integrated Facility Engineering.
- Sriprasert, E., & Dawood, N. (2003). *Multi-constraint information management and visualization for collaborative planning and control in construction*. ITcon Vol 8.
- Sze, E., Kumaraswamy, M., Fung, A., Palaneeswaran, E., & Wong, S. (2004). *Partnering with the Tenants*. 20th Annual ARCOM Conference. 1, págs. 309-320. Heriot Watt University: Association of Researchers in Construction Management.

# ANEXOS

## Anexo A. Documentación utilizada en el proyecto de estudio

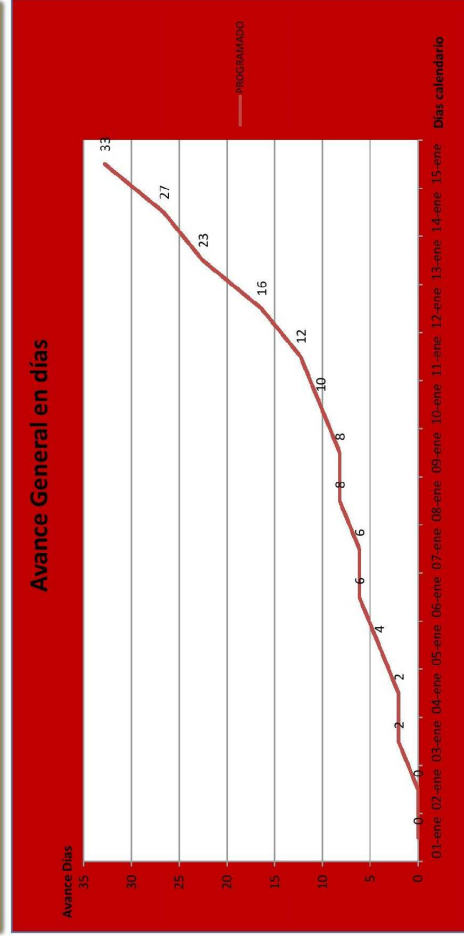
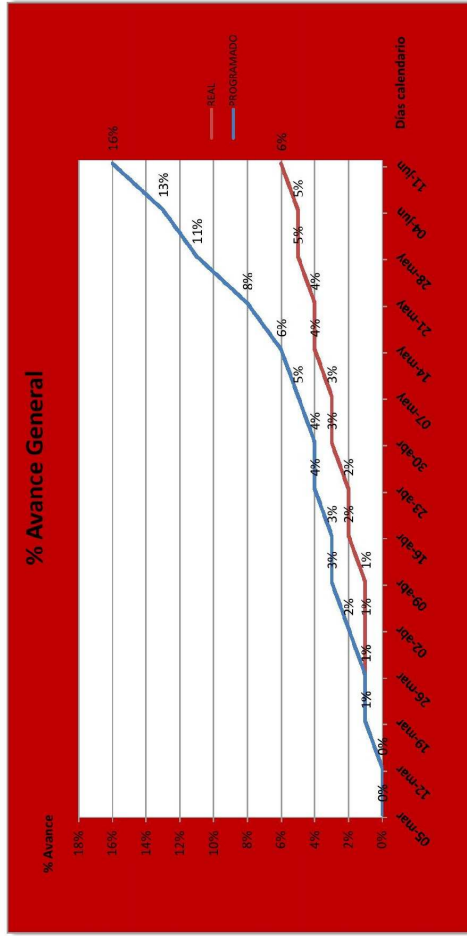
A continuación se muestra la documentación utilizada en la reunión de coordinación de la semana del 11 al 17 de junio de 2012 en el proyecto de estudio:

- Curvas de avance.
- Programa maestro.
- Programa de hormigonado.
- Programa de montaje de estructura metálica.
- Acta de reunión.

# Curvas de avance

Avance General HOMY  
 Total HOMY 205 días  
 Inicio Faenas 05-03-2012

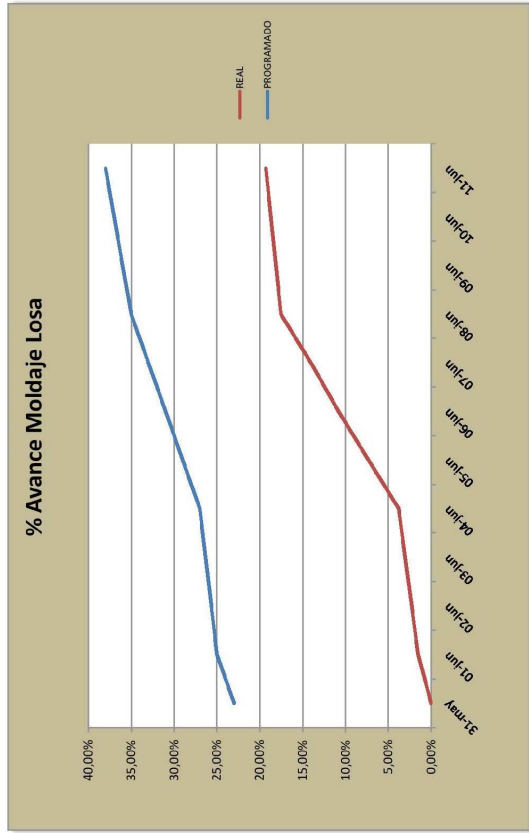
Control	REAL		PROGRAMADO		DIFERENCIA	
	% Avance	Dias	% Avance	Dias	Dias	Dias
05-mar	0%	0	0%	0	0	0
12-mar	0%	0	0%	0	0	0
19-mar	1%	2	1%	2	0	0
26-mar	1%	2	1%	2	0	0
02-abr	1%	4	2%	4	2	2
09-abr	1%	6	3%	6	4	4
16-abr	2%	6	3%	6	2	2
23-abr	2%	8	4%	8	4	4
30-abr	3%	8	4%	8	2	2
07-may	3%	10	5%	10	4	4
14-may	4%	12	6%	12	4	4
21-may	4%	16	8%	16	8	8
28-may	5%	23	11%	23	12	12
04-jun	5%	27	13%	27	16	16
11-jun	6%	33	16%	33	21	21



**Moldajes Losa HOMY**

Total HOMY 7299 m2  
 Inicio Faenas 31-05-2012

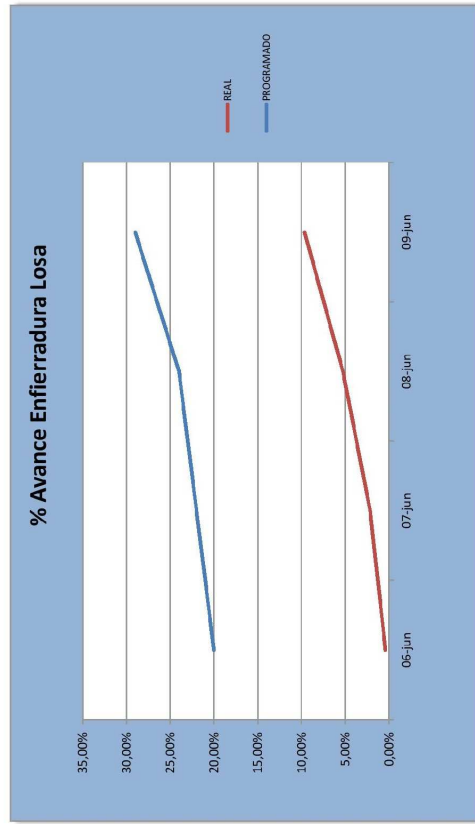
		REAL		PROGRAMADO	
		m2	% Avance	m2	% Avance
Jueves	31-may	0,0	0,00%		23%
Viernes	01-jun	110,9	1,52%		25%
Lunes	04-jun	277,4	3,80%		27%
Martes	05-jun	533,4	7,31%		29%
Miércoles	06-jun	789,4	10,81%		31%
Jueves	07-jun	1024,0	14,03%		33%
Viernes	08-jun	1280,0	17,54%		35%
Lunes	11-jun	1408,0	19,29%		38%



**Enferradura Losa HOMY**

Total HOMY 7299 m2  
 Inicio Faenas 05-06-2012

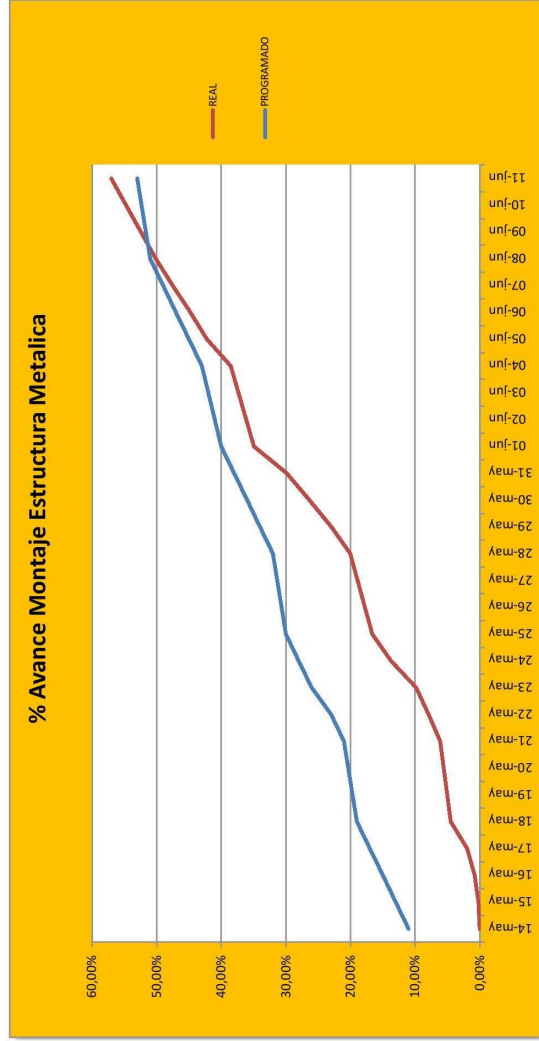
		REAL		PROGRAMADO	
		m2	% Avance	m2	% Avance
Miércoles	06-jun	28,8	0,39%		20%
Jueves	07-jun	156,8	2,15%		22%
Viernes	08-jun	384,0	5,26%		24%
Lunes	09-jun	704,0	9,65%		29%



**Montaje Estructura Metalica**

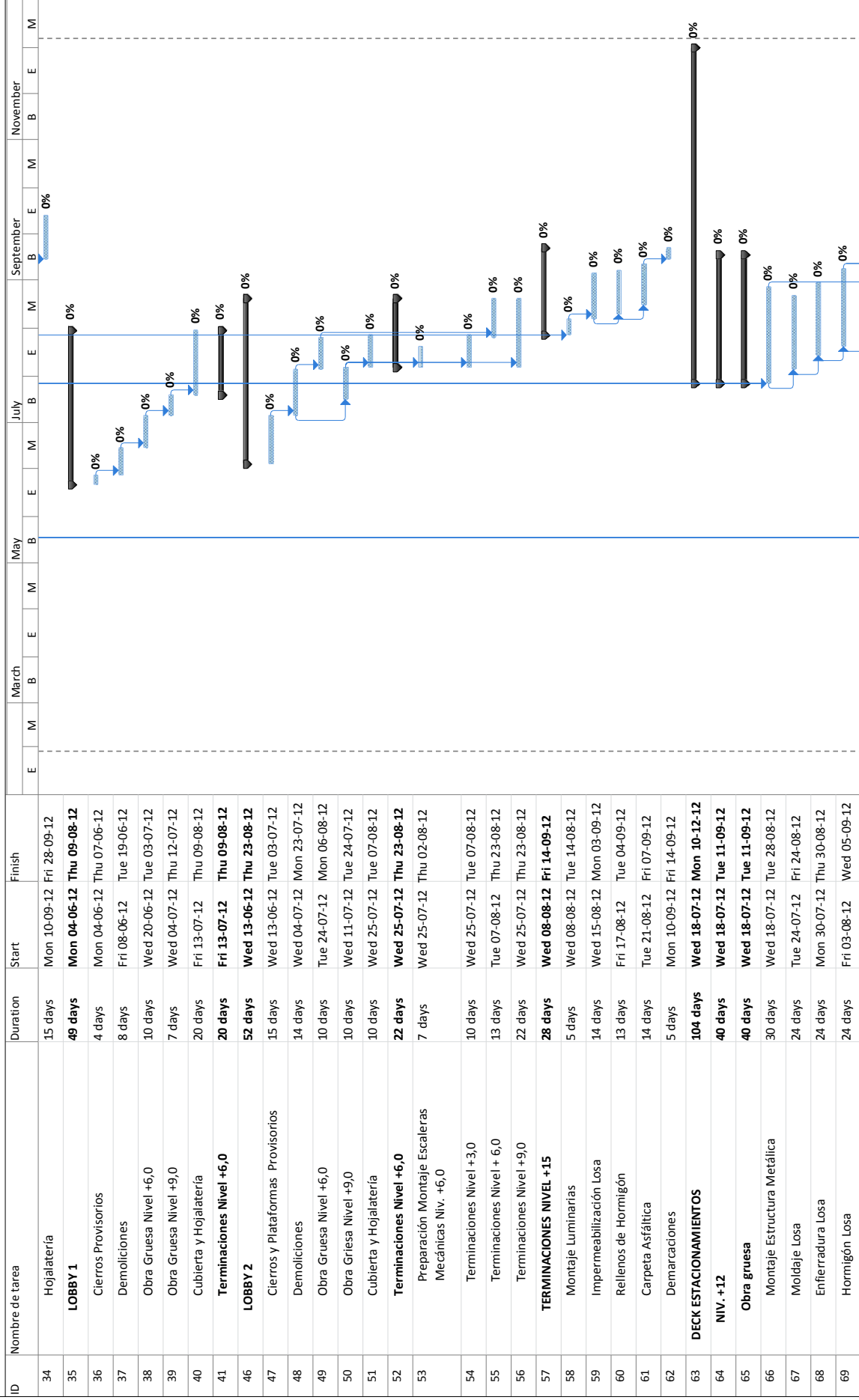
Total HOMY 7299 m2  
 Inicio Faenas 14-05-2012

	REAL		ROGRAMADO	
	m2	% Avance	m2	% Avance
Lunes 14-may	0,0	0,00%	0,0	11%
Martes 15-may	14,2	0,19%	13,0	13%
Miércoles 16-may	56,7	0,78%	50,0	15%
Jueves 17-may	141,6	1,94%	120,0	17%
Viernes 18-may	325,7	4,46%	270,0	19%
Lunes 21-may	446,1	6,11%	210,0	21%
Martes 22-may	576,4	7,90%	230,0	23%
Miércoles 23-may	718,1	9,84%	260,0	26%
Jueves 24-may	1001,3	13,72%	280,0	28%
Viernes 25-may	1213,8	16,63%	300,0	30%
Lunes 28-may	1463,2	20,05%	320,0	32%
Martes 29-may	1675,7	22,96%	340,0	34%
Miércoles 30-may	1925,1	26,38%	360,0	36%
Jueves 31-may	2180,1	29,87%	380,0	38%
Viernes 01-jun	2549,3	34,93%	400,0	40%
Lunes 04-jun	2811,4	38,52%	430,0	43%
Martes 05-jun	3082,7	42,23%	450,0	45%
Miércoles 06-jun	3267,6	44,77%	470,0	47%
Jueves 07-jun	3467,2	47,50%	490,0	49%
Viernes 08-jun	3658,7	50,13%	510,0	51%
Lunes 11-jun	4163,0	57,04%	530,0	53%



ID	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month
1	<b>PROGRAMA CONSTRUCCION HOMY</b>	<b>205 days</b>	<b>Mon 05-03-12</b>	<b>Fri 14-12-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
2	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	<b>60 days</b>	<b>Mon 05-03-12</b>	<b>Fri 25-05-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
3	Entrega de Terreno	1 day	Mon 05-03-12	Mon 05-03-12	[Gantt bar: 0%]												
4	Cierros Provisorios	16 days	Fri 09-03-12	Fri 30-03-12	[Gantt bar: 0%]												
5	Instalación de Faenas	19 days	Fri 09-03-12	Wed 04-04-12	[Gantt bar: 0%]												
6	Demoliciones	40 days	Mon 02-04-12	Fri 25-05-12	[Gantt bar: 0%]												
7	<b>HOMY</b>	<b>134 days</b>	<b>Tue 27-03-12</b>	<b>Fri 28-09-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
8	<b>OBRA GRUESA HOMY</b>	<b>99 days</b>	<b>Tue 27-03-12</b>	<b>Fri 10-08-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
9	<b>Faenas Previas</b>	<b>50 days</b>	<b>Tue 27-03-12</b>	<b>Mon 04-06-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
10	Retiro Campeta Asfáltica	17 days	Fri 27-04-12	Mon 21-05-12	[Gantt bar: 0%]												
11	Retiro Mamparas Escaleras	10 days	Mon 21-05-12	Fri 01-06-12	[Gantt bar: 0%]												
12	Retiro Barandas	41 days	Tue 27-03-12	Tue 22-05-12	[Gantt bar: 0%]												
13	Retiro Luminarias	10 days	Tue 22-05-12	Mon 04-06-12	[Gantt bar: 0%]												
14	<b>Obra gruesa</b>	<b>70 days</b>	<b>Mon 07-05-12</b>	<b>Fri 10-08-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
15	Montaje Estructura Metálica	47 days	Mon 07-05-12	Tue 10-07-12	[Gantt bar: 0%]												
16	Moldaje Losa	48 days	Wed 16-05-12	Fri 20-07-12	[Gantt bar: 0%]												
17	Enferradura Losa	45 days	Wed 23-05-12	Tue 24-07-12	[Gantt bar: 0%]												
18	Hormigón Losa	45 days	Wed 30-05-12	Tue 31-07-12	[Gantt bar: 0%]												
19	Enferradura Viga Perimetral	8 days	Wed 06-06-12	Fri 15-06-12	[Gantt bar: 0%]												
20	Moldaje Lateral Viga	8 days	Mon 18-06-12	Wed 27-06-12	[Gantt bar: 0%]												
21	Hormigón Viga Perimetral	4 days	Thu 28-06-12	Tue 03-07-12	[Gantt bar: 0%]												
22	Protección Fuego	45 days	Mon 11-06-12	Fri 10-08-12	[Gantt bar: 0%]												
23	<b>TERMINACIONES HOMY</b>	<b>85 days</b>	<b>Mon 04-06-12</b>	<b>Fri 28-09-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
24	<b>FACHADAS</b>	<b>85 days</b>	<b>Mon 04-06-12</b>	<b>Fri 28-09-12</b>	[Gantt bar: 0%]												
25	Estructura Metálica de fachada Sur	10 days	Mon 02-07-12	Fri 13-07-12	[Gantt bar: 0%]												
26	Estructura Metálica Fachada Oriente	10 days	Wed 06-06-12	Tue 19-06-12	[Gantt bar: 0%]												
27	Estructura Metálica Fachada Poniente	10 days	Mon 04-06-12	Fri 15-06-12	[Gantt bar: 0%]												
28	Estructura Metálica Fachada Norte	15 days	Mon 18-06-12	Fri 06-07-12	[Gantt bar: 0%]												
29	Revestimiento Interior Fachada Sur	15 days	Mon 16-07-12	Fri 03-08-12	[Gantt bar: 0%]												
30	Revestimiento Interior Fachada Oriente	15 days	Wed 20-06-12	Tue 10-07-12	[Gantt bar: 0%]												
31	Revestimiento Interior Fachada Poniente	14 days	Mon 18-06-12	Thu 05-07-12	[Gantt bar: 0%]												
32	Revestimiento Multipanel Fachada Norte	14 days	Mon 09-07-12	Thu 26-07-12	[Gantt bar: 0%]												
33	EIFS Fachada Sur y Oriente	25 days	Mon 06-08-12	Fri 07-09-12	[Gantt bar: 0%]												

**Critical Critical** (Red solid bar)  
**Split Critical** (Red dotted bar)  
**Progress Task** (Blue solid bar)  
**Split** (Blue dotted bar)  
**Task Progress** (Red solid bar)  
**Manual Task** (Blue solid bar)  
**Start-only** (Red solid bar)  
**Finish-only** (Blue dotted bar)  
**Duration-only** (Blue solid bar)  
**Baseline Baseline** (Grey solid bar)  
**Split Baseline** (Grey dotted bar)  
**Milestone** (Grey diamond)  
**Milestone** (Black diamond)  
**Summary Progress** (Yellow bar)  
**Summary** (Grey bar)  
**Manual Summary** (Black bar)  
**Project Summary** (Grey bar)  
**External Tasks** (Grey bar)  
**External Milestone** (Yellow diamond)  
**Inactive Task** (Black bar)  
**Inactive Milestone** (Grey diamond)  
**Inactive Summary** (Grey bar)  
**Deadline** (Green arrow)

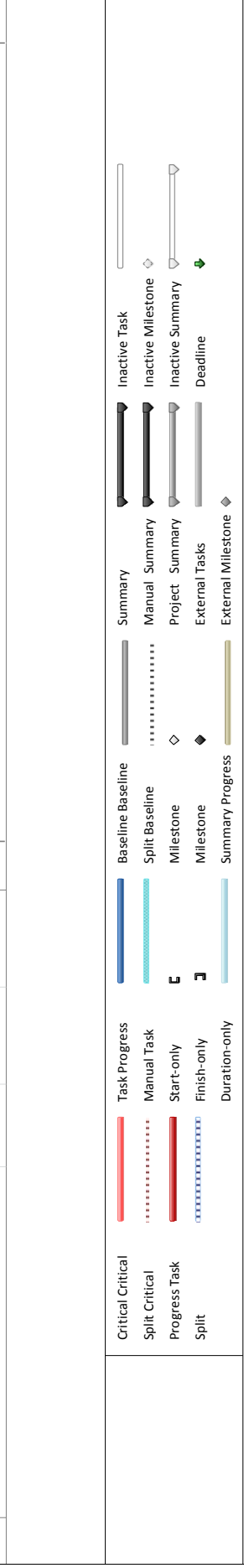


ID	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish
34	Hojalatería	15 days	Mon 10-09-12	Fri 28-09-12
35	<b>LOBBY 1</b>	<b>49 days</b>	<b>Mon 04-06-12</b>	<b>Thu 09-08-12</b>
36	Cierros Provisorios	4 days	Mon 04-06-12	Thu 07-06-12
37	Demoliciones	8 days	Fri 08-06-12	Tue 19-06-12
38	Obra Gruesa Nivel +6.0	10 days	Wed 20-06-12	Tue 03-07-12
39	Obra Gruesa Nivel +9.0	7 days	Wed 04-07-12	Thu 12-07-12
40	Cubierta y Hojalatería	20 days	Fri 13-07-12	Thu 09-08-12
41	<b>Terminaciones Nivel +6.0</b>	<b>20 days</b>	<b>Fri 13-07-12</b>	<b>Thu 09-08-12</b>
46	<b>LOBBY 2</b>	<b>52 days</b>	<b>Wed 13-06-12</b>	<b>Thu 23-08-12</b>
47	Cierros y Plataformas Provisorios	15 days	Wed 13-06-12	Tue 03-07-12
48	Demoliciones	14 days	Wed 04-07-12	Mon 23-07-12
49	Obra Gruesa Nivel +6.0	10 days	Tue 24-07-12	Mon 06-08-12
50	Obra Gruesa Nivel +9.0	10 days	Wed 11-07-12	Tue 24-07-12
51	Cubierta y Hojalatería	10 days	Wed 25-07-12	Tue 07-08-12
52	<b>Terminaciones Nivel +6.0</b>	<b>22 days</b>	<b>Wed 25-07-12</b>	<b>Thu 23-08-12</b>
53	Preparación Montaje Escaleras Mecánicas Niv. +6,0	7 days	Wed 25-07-12	Thu 02-08-12
54	Terminaciones Nivel +3.0	10 days	Wed 25-07-12	Tue 07-08-12
55	Terminaciones Nivel + 6.0	13 days	Tue 07-08-12	Thu 23-08-12
56	Terminaciones Nivel +9.0	22 days	Wed 25-07-12	Thu 23-08-12
57	<b>TERMINACIONES NIVEL +15</b>	<b>28 days</b>	<b>Wed 08-08-12</b>	<b>Fri 14-09-12</b>
58	Montaje Luminarias	5 days	Wed 08-08-12	Tue 14-08-12
59	Impermeabilización Losa	14 days	Wed 15-08-12	Mon 03-09-12
60	Rellenos de Hormigón	13 days	Fri 17-08-12	Tue 04-09-12
61	Carpeta Asfáltica	14 days	Tue 21-08-12	Fri 07-09-12
62	Demarcaciones	5 days	Mon 10-09-12	Fri 14-09-12
63	<b>DECK ESTACIONAMIENTOS</b>	<b>104 days</b>	<b>Wed 18-07-12</b>	<b>Mon 10-12-12</b>
64	<b>NIV. +12</b>	<b>40 days</b>	<b>Wed 18-07-12</b>	<b>Tue 11-09-12</b>
65	<b>Obra gruesa</b>	<b>40 days</b>	<b>Wed 18-07-12</b>	<b>Tue 11-09-12</b>
66	Montaje Estructura Metálica	30 days	Wed 18-07-12	Tue 28-08-12
67	Moldaje Losa	24 days	Tue 24-07-12	Fri 24-08-12
68	Enferradura Losa	24 days	Mon 30-07-12	Thu 30-08-12
69	Hormigón Losa	24 days	Fri 03-08-12	Wed 05-09-12

Critical Critical	Task Progress	Baseline Baseline	Summary	Inactive Task
Split Critical	Manual Task	Split Baseline	Manual Summary	Inactive Milestone
Progress Task	Start-only	Milestone	Project Summary	Inactive Summary
Split	Finish-only	Milestone	External Tasks	Deadline
	Duration-only	Summary Progress	External Milestone	

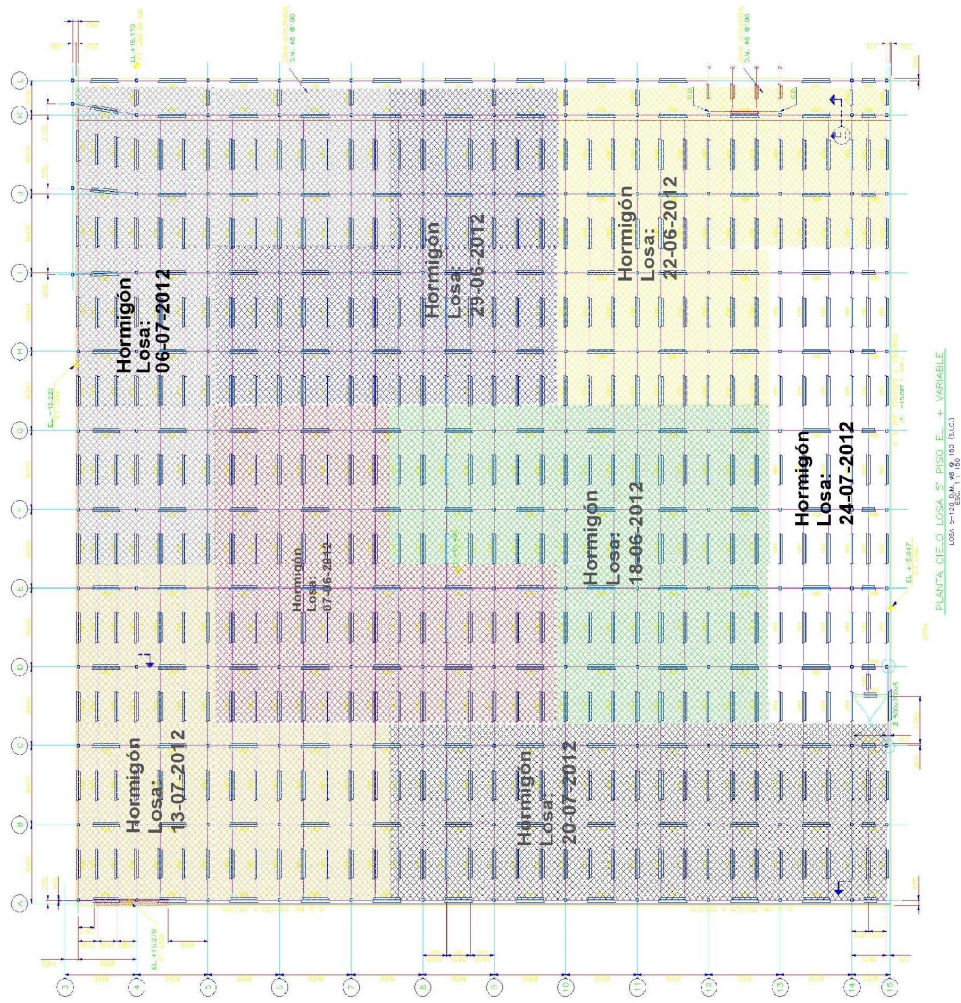


ID	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	May			July			September			November							
					E	M	B	E	M	B	E	M	B	E	M	B					
70	Enferradura Viga Perimetral	21 days	Fri 10-08-12	Fri 07-09-12																	
71	Moldaje Lateral Viga	17 days	Fri 17-08-12	Mon 10-09-12																	
72	Hormigón Viga Perimetral	13 days	Fri 24-08-12	Tue 11-09-12																	
73	<b>NIV. +15</b>	<b>45 days</b>	<b>Wed 29-08-12</b>	<b>Tue 30-10-12</b>																	
74	<b>Obra gruesa</b>	<b>45 days</b>	<b>Wed 29-08-12</b>	<b>Tue 30-10-12</b>																	
75	Montaje Estructura Metálica	30 days	Wed 29-08-12	Tue 09-10-12																	
76	Moldaje Losa	30 days	Tue 04-09-12	Mon 15-10-12																	
77	Enferradura Losa	27 days	Tue 11-09-12	Wed 17-10-12																	
78	Hormigón Losa	24 days	Tue 18-09-12	Fri 19-10-12																	
79	Enferradura Viga Perimetral	21 days	Tue 25-09-12	Tue 23-10-12																	
80	Moldaje Lateral Viga	18 days	Tue 02-10-12	Thu 25-10-12																	
81	Hormigón Viga Perimetral	8 days	Fri 19-10-12	Tue 30-10-12																	
82	<b>Terminaciones Nivel +12</b>	<b>45 days</b>	<b>Thu 06-09-12</b>	<b>Wed 07-11-12</b>																	
83	Barandas	30 days	Thu 06-09-12	Wed 17-10-12																	
84	Pinturas	20 days	Thu 27-09-12	Wed 24-10-12																	
85	Demarcaciones	20 days	Thu 11-10-12	Wed 07-11-12																	
86	<b>Terminaciones Nivel +15</b>	<b>36 days</b>	<b>Mon 22-10-12</b>	<b>Mon 10-12-12</b>																	
87	Montaje Luminarias	5 days	Mon 22-10-12	Fri 26-10-12																	
88	Impermeabilización Losa	15 days	Mon 29-10-12	Fri 16-11-12																	
89	Rellenos de Hormigón	15 days	Mon 12-11-12	Fri 30-11-12																	
90	Carpeta Asfáltica	15 days	Mon 12-11-12	Fri 30-11-12																	
91	Demarcaciones	6 days	Mon 03-12-12	Mon 10-12-12																	
92	<b>INSTALACIONES</b>	<b>143 days</b>	<b>Wed 16-05-12</b>	<b>Fri 30-11-12</b>																	
93	Instalaciones Eléctricas	143 days	Wed 16-05-12	Fri 30-11-12																	
94	Instalaciones Sanitarias	143 days	Wed 16-05-12	Fri 30-11-12																	
95	Instalaciones de Seguridad	143 days	Wed 16-05-12	Fri 30-11-12																	
96	Instalaciones de Clima	143 days	Wed 16-05-12	Fri 30-11-12																	
97	<b>ENTREGA Y SOLUCION OBSERVACIONES</b>	<b>30 days</b>	<b>Mon 05-11-12</b>	<b>Fri 14-12-12</b>																	
98	Entrega	18 days	Mon 05-11-12	Wed 28-11-12																	
99	Solución Observaciones	30 days	Mon 05-11-12	Fri 14-12-12																	

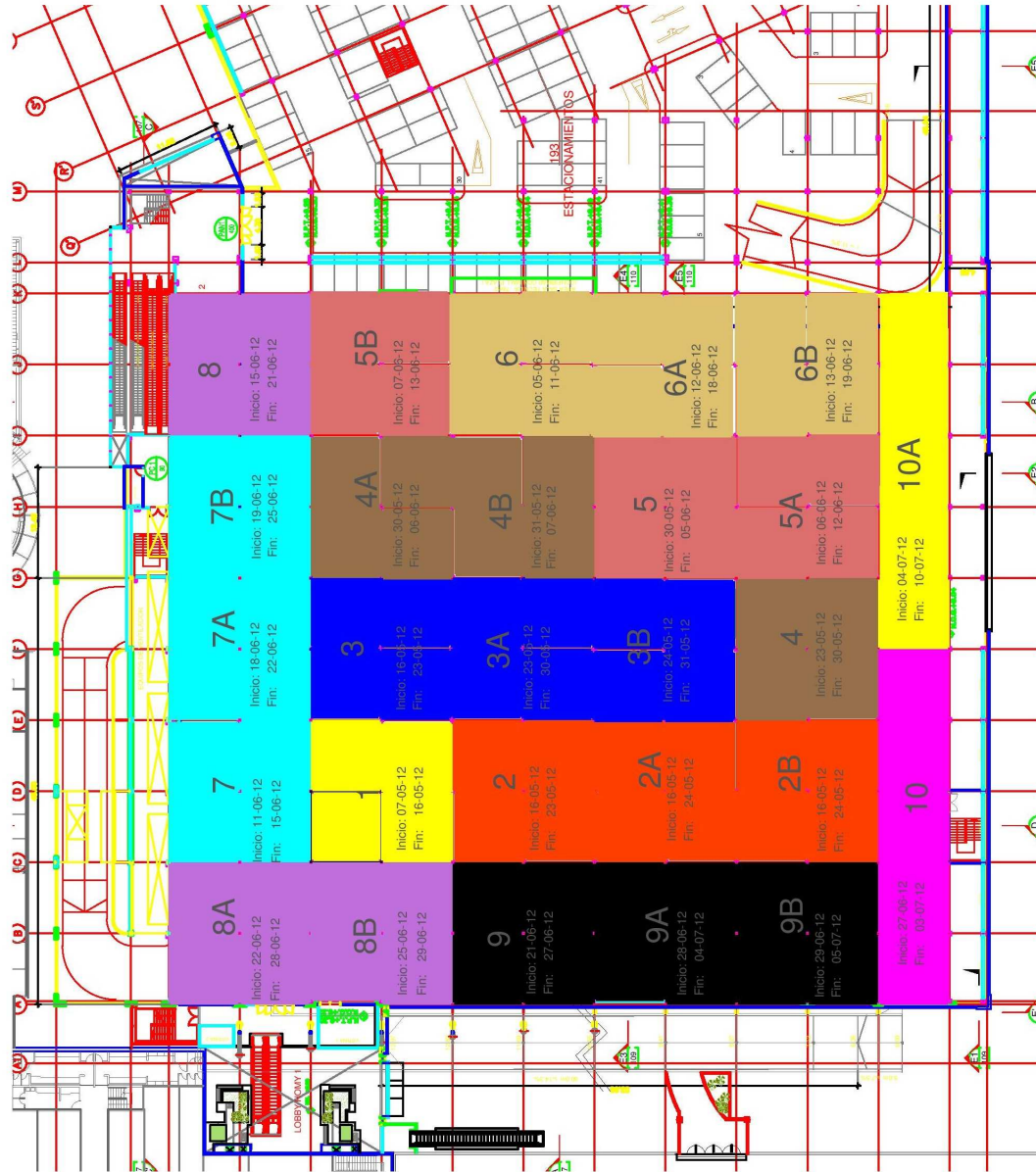


	Critical Critical		Task Progress		Summary		Inactive Task
	Split Critical		Manual Task		Baseline Baseline		Inactive Milestone
	Progress Task		Start-only		Milestone		Inactive Summary
	Split		Finish-only		Milestone		Deadline
	Duration-only		Duration-only		Summary Progress		External Milestone

# Programa de hormigonado



# Programa de montaje de estructura metálica





**ACTA DE REUNION N ° 14 Rev. 1**  
**HOMY MPV**  
 Martes 12 de Junio de 2012.

**I. Asistentes:**

Mall Plaza	: Sr. Carlos Escudero, Srta. Katherina Veliz, Srta. Valeska Pino
Inspección Técnica SFF.	: Sr. Aldo Arce, Sr. Cristian Abarca, Srta. Natalia Lobos
Constructora Desco	: Sr. Alejandro Candia, Sr. José Villafaena, Sr. Mauricio Badawy, Sr. Felipe Parraguez, Srta. Natalia Medina, Srta. María Jose Kolbach, Sr. Andres Cáceres.

Hora de Inicio: 15:30 Hrs.

Hora de Termino: 17:00 Hrs.

**II. Observaciones al Acta Anterior:****III. Temas pendientes de Actas anteriores:**

Nº Acta	Fecha	Pendiente	Responsable
7	23/04/12	Listado y evaluación de modificaciones EEMM	Constructora
8	30/04/12	Programación despacho EEMM / Informe fabricación	Constructora
11	22/05/12	Detalle EEMM Lobby 1	Constructora
11	22/05/12	Informe Avance de Obra	Constructora
12	28/05/12	Respaldo aceleración de obra	Constructora
13	04/06/12	Carta Gantt Rev 8 (Modificación Protección Fuego)	Constructora
13	04/06/12	Programación gráfica Refuerzos Módulo A	Constructora

**IV. Temas tratados.**

1. Sr. F. Parraguez presenta Informe Semanal N ° 13 de Prevención de Riesgos.

Srta. V. Pino confirma que % de cumplimiento de constructora en última auditoría corresponde a un 97%. Además indica que existe un aumento en la dotación de personal, por lo que se debe aumentar la cantidad de baños y duchas

Srta. V. Pino da las siguientes instrucciones.

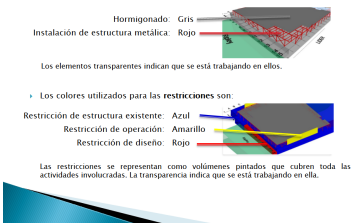
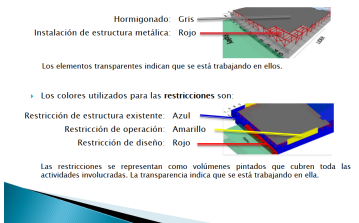
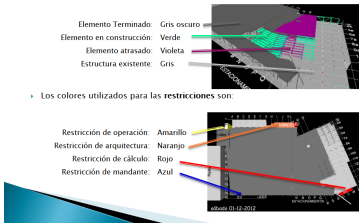
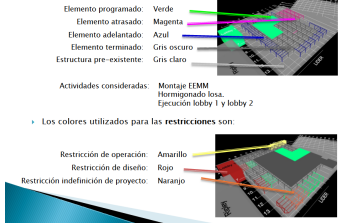
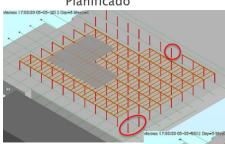
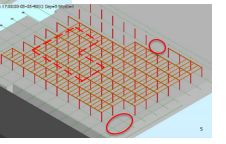
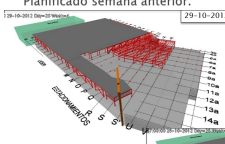
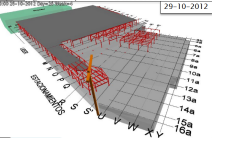
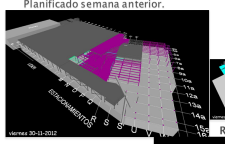
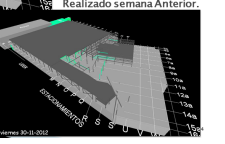
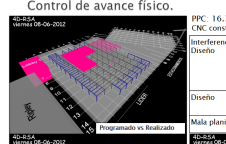
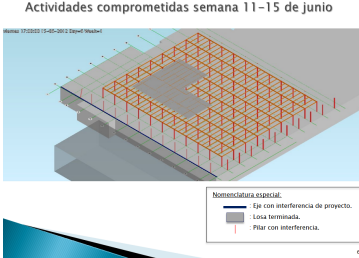
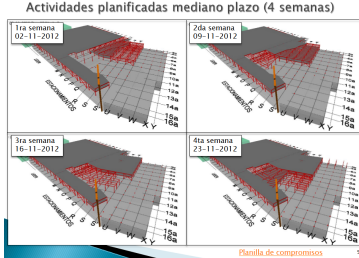
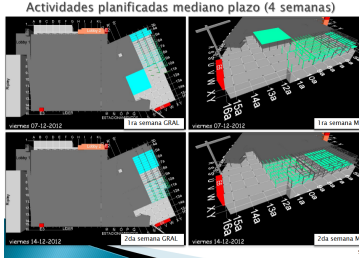
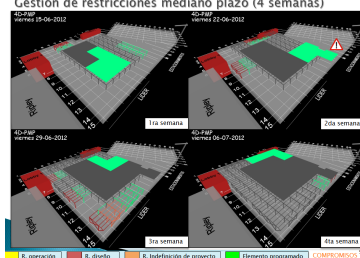
- Se deben instalar cercanos a faena .
- Reitera en que las escalas de madera están prohibidas.
- Solicita un acceso y descenso de la losa definidos.
- Mejorar iluminación para faenas nocturnas, Sr. C. Abarca solicita mejorar iluminación en zona de tránsito.
- Se deben agrandar los comedores o hacer más turnos. Srta. N. Medina indica que actualmente se hacen 3 turnos.

Sr. F. Parraguez indica que una vez hormigonado el primer tramo de losa, se subirán 2 baños a la losa.

2. Sr. C. Abarca destaca los documentos pendientes del Acta anterior.
  - Informe Certificador: Sr. C. Abarca indica que se ha entregado Informe de Inspección Visual de soldadura y de procedimiento de soldadura.
  - Listado de modificaciones EEMM: Sr. C. Abarca indica que el día de ayer se entregó la primera de cuatro partes.
  - Programación despacho EEMM / Informe de Fabricación: Aún se encuentra pendiente la corrección del programa de despacho y el Informe de Fabricación.
  - Sr. J. Villafaena indica lo que se encuentra pendiente en aprobación por parte de Cálculo. Además indica que ordeno fabricar elementos que se encuentran en aprobación para no detener proceso de fabricación en Maestranza. (Perímetro A). Sr. J. Villafaena ante consulta de mandante indica que pilares de modulo B entre ejes W, V y X no se encuentran fabricados, Sr C. Escudero solicita la no fabricación ante la modificación de calculo de estos pilares
  - Sr. C. Abarca indica que durante esta semana se entregarán planos de fabricación validados por calculista los cuales se encontraban pendientes.
  - Detalle EEMM Revestimiento fachada: Sr. C. Abarca indica que el día viernes se entregó plano preliminar para ubicar y comprar material. Durante la semana se subirá plano definitivo.
  - Intervención por trabajos Rampa Blvd Ripley: Sr. C. Abarca indica que Administrador realizo indicación verbal, donde se indica la incorporación de pantallas por el perímetro de boulevard y horarios de hormigonado fuera del horario de funcionamiento de mall, esta se transmitió a Mall y locales afectados en boulevard Ripley
  - Respaldo aceleración de obra: Sr. A. Candia indica que el día de hoy se entregará respaldo a Mandante
  - Mantención de Cierres de Obra: Sr. C. Abarca indica que envió informe con las observaciones correspondientes. Sr. J. Villafaena indica que se están revisando para mejorar y solucionar
3. Sr. A. Cáceres entrega presupuesto eléctrico correspondiente a la reubicación de las bandejas eléctricas del eje A. Sr. C. Escudero solicita comenzar trabajos
4. Sr. J. Villafaena indica que procedimiento constructivo de refuerzo de muros de eje 15 es inviable. Se revisará en terreno con calculista
5. Sr. C. Abarca informa de visita de Calculista el día de mañana miércoles 13 de Junio
6. Sr. C. Abarca indica que Lobby 2 se encuentra pendiente por Arquitectura al igual que definición de cubierta de lobby 1 por calculo
7. Sr. M. Badawy muestra curvas de avance, recalca que el avance se realizó con respecto a la Carta Gantt Rev 7. Sr. C. Abarca solicita entregar impreso curvas de avance para las próximas reuniones, además de enviarlo digitalmente.

Sr. M. Badawy indica que en el montaje de EEMM tienen un 57% de avance con respecto a un 53% programado.  
Sr. J. Villafaena indica que aumentará la cantidad de Moldaje a 3000 m2.
8. Sr. C. Escudero indica la importancia de los protocolos, se debe haber recibido la EEMM antes de faena de hormigonado.
9. Sr. C. Abarca ante consulta de Constructora indica que detalle preliminar de estructura de fachada es un standart para todas las elevaciones no solo para la indicada en plano entregado.
10. Sr. C. Abarca solicita a Constructora nuevamente implementar impermeabilización en pilares y puntos de filtración de losa nivel +6 que actualmente afecta a locales de boulevard Ripley, además solicita a mandante verificar solución de impermeabilización para la zona de estacionamientos nivel +6 bajo losa retirada
11. Sr. C. Abarca solicita a Constructora implementar mayor apoyo técnico a obra específicamente aumentando la dotación de oficina técnica de obra, Sr. J. Villafaena indica que esta en revisión y se aumentara el personal según lo solicitado

# Anexo B. Cronología de formas de propuesta de uso de modelos 3D y 4D

<p><b>Simbología</b></p>	<p><b>Simbología de los modelos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los colores utilizados en el modelo de los elementos estructurales son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigonado: Gris</li> <li>Instalación de estructura metálica: Rojo</li> </ul> </li> <li>Los elementos transparentes indican que se está trabajando en ellos.</li> <li>Los colores utilizados para las restricciones son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Restricción de estructura existente: Azul</li> <li>Restricción de operación: Amarillo</li> <li>Restricción de diseño: Rojo</li> </ul> </li> <li>Las restricciones se representan como volúmenes pintados que cubren toda las actividades involucradas. La transparencia indica que se está trabajando en ella.</li> </ul> 	<p><b>Simbología de los modelos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los colores utilizados en el modelo de los elementos estructurales son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigonado: Gris</li> <li>Instalación de estructura metálica: Rojo</li> </ul> </li> <li>Los elementos transparentes indican que se está trabajando en ellos.</li> <li>Los colores utilizados para las restricciones son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Restricción de estructura existente: Azul</li> <li>Restricción de operación: Amarillo</li> <li>Restricción de diseño: Rojo</li> </ul> </li> <li>Las restricciones se representan como volúmenes pintados que cubren toda las actividades involucradas. La transparencia indica que se está trabajando en ella.</li> </ul> 	<p><b>Simbología de los modelos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los colores utilizados en el modelo de los elementos estructurales son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Elemento Terminado: Gris oscuro</li> <li>Elemento en construcción: Verde</li> <li>Elemento atrasado: Violeta</li> <li>Estructura pre-existente: Gris</li> </ul> </li> <li>Los colores utilizados para las restricciones son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Restricción de operación: Amarillo</li> <li>Restricción de arquitectura: Naranja</li> <li>Restricción de cálculo: Rojo</li> <li>Restricción de mandante: Azul</li> </ul> </li> </ul> 	<p><b>Simbología de los modelos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los colores utilizados para el estado de los elementos son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Elemento programado: Verde</li> <li>Elemento atrasado: Magenta</li> <li>Elemento adelantado: Azul</li> <li>Elemento terminado: Gris oscuro</li> <li>Estructura pre-existente: Gris claro</li> </ul> </li> <li>Actividades consideradas:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Montaje EMM</li> <li>Hormigonado losa.</li> <li>Ejecución lobby 1 y lobby 2</li> </ul> </li> <li>Los colores utilizados para las restricciones son:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Restricción de operación: Amarillo</li> <li>Restricción de diseño: Rojo</li> <li>Restricción indefinición de proyecto: Naranja</li> </ul> </li> </ul> 
<p><b>Control del avance físico</b></p>	<p><b>Planificado</b></p>  <p><b>Realizado</b></p>  <p>Diferencias entre lo planificado y lo realizado.</p>	<p><b>Planificado semana anterior.</b></p>  <p><b>Realizado semana anterior.</b></p> 	<p><b>Planificado semana anterior.</b></p>  <p><b>Realizado semana anterior.</b></p> 	<p><b>Control de avance físico.</b></p>  <p>MPC: 16,7 % CNC constructora</p> <p>Diferencia de Diseño</p> <p>Diseño</p> <p>No se han entregado los planos de construcción de la estructura metálica del lobby 1.</p> <p>Malta planificación</p> <p>Malta planificación hormigonado de losa.</p> <p>Programado vs Realizado</p> <p>Programado semana anterior</p> <p>Realizado semana anterior</p>
<p><b>Visualización de restricciones</b></p>	<p><b>Actividades comprometidas semana 11-15 de junio</b></p>  <p>Nomenclatura espacial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eje con interferencia de proyecto.</li> <li>Losa terminada.</li> <li>Pilar con interferencia.</li> </ul>	<p><b>Actividades planificadas mediano plazo (4 semanas)</b></p>  <p>1ra semana 02-11-2012</p> <p>2da semana 09-11-2012</p> <p>3ra semana 16-11-2012</p> <p>4ta semana 23-11-2012</p> <p>Planilla de compromisos</p>	<p><b>Actividades planificadas mediano plazo (4 semanas)</b></p>  <p>1ra semana GRAL</p> <p>2da semana MB</p> <p>3ra semana GRAL</p> <p>4ta semana MB</p>	<p><b>Gestión de restricciones mediano plazo (4 semanas)</b></p>  <p>1ra semana</p> <p>2da semana</p> <p>3ra semana</p> <p>4ta semana</p> <p>Operación   Diseño   Indefinición de proyecto   Elemento programado   Construcción</p>
	<p><b>Propuesta preliminar</b> <b>Junio 2012</b></p>	<p><b>Propuesta intermedia</b> <b>Noviembre 2012</b></p>	<p><b>Propuesta intermedia</b> <b>Diciembre 2012</b></p>	<p><b>Propuesta consolidada</b> <b>Abril 2013</b></p>

## Anexo C. Encuesta de validación de forma de uso de modelos 3D y 4D

# ENCUESTA DE VALIDACIÓN.

Obra: HOMOY MPV  
Fecha :

## I. SISTEMA ACTUAL DE TRABAJO

Indicación: Responda las siguientes preguntas considerando que está en una simulación de la reunión de planificación realizada el día 12 de Junio de 2012. Para ello utilice la información disponible con la que se trabajó en dicha ocasión.

### 1. Control de avance.

1.1. ¿Qué actividad presenta mayor avance con respecto al programa de construcción para la semana anterior a la reunión de planificación?

Montaje EEMM.  Moldaje losa.  Hormigonado losa.

Enfierradura Losa.  Ejecución Lobby 1.

1.2. ¿Qué actividad presenta menor avance con respecto al programa de construcción para la semana anterior a la reunión de planificación?

Montaje EEMM.  Moldaje losa.  Hormigonado losa.

Enfierradura Losa.  Ejecución Lobby 1.

1.3. Identifique los elementos específicos que están atrasados con respecto al programa de construcción para la semana anterior a la reunión de planificación.

1.4. ¿Se está cumpliendo con la secuencia constructiva planificada para la semana anterior a la reunión de planificación?

Si.  No.  No se puede saber con la información disponible.

1.5. ¿Cuáles son las principales causas de no cumplimiento de las actividades atrasadas para la semana anterior a la reunión de planificación?



## 2. Visualización de restricciones.

2.1. Identifique las actividades que no pueden ser ejecutadas en la fecha programada a causa de restricciones. (conflictos que impiden su ejecución)

- Ejecución lobby 1.       Ejecución lobby 2.       Montaje EEMM eje 3.
- Montaje EEMM eje A.       Montaje de elementos adyacentes a escalera 3 (Entre ejes 13-15 y B-D)       Montaje EEMM entre ejes I-J y 14-15.

En el caso de que haya podido reconocer alguna(s) restricciones responda las siguientes preguntas:

2.2. ¿Quién es el responsable de liberar la(s) restricciones (resolver los conflictos para poder ejecutar las actividades)? Indique todos los que correspondan.

- Mandante       ITO       Arquitectura       Cálculo       Constructora

2.3. Identifique en qué momento la(s) actividades con restricciones perjudican o impiden la planificación de la obra.

- Viernes 15-06-2012       Viernes 22-06-2012       Viernes 29-06-2012       Viernes 06-07-2012

2.4. ¿Reconoce las razones por las que aún no se han liberado la(s) restricciones encontradas?

- Si.       No.       No se puede saber con la información disponible.

¿Cuáles son éstas?

II. IMPLEMENTACIÓN RETROSPECTIVA DE MODELOS 3D Y 4D.

1. **Control de avance.**

1.1. ¿Qué actividad presenta mayor avance con respecto al programa de construcción para la semana anterior a la reunión de planificación?

- Montaje EEMM.     Moldaje losa.     Hormigonado losa.  
 Enfierradura Losa.     Ejecución Lobby 1.

1.2. ¿Qué actividad presenta menor avance con respecto al programa de construcción para la semana anterior a la reunión de planificación?

- Montaje EEMM.     Moldaje losa.     Hormigonado losa.  
 Enfierradura Losa.     Ejecución Lobby 1.

1.3. Identifique los elementos específicos que están atrasados con respecto al programa de construcción para la semana anterior a la reunión de planificación.

1.4. ¿Se está cumpliendo con la secuencia constructiva planificada para la semana anterior a la reunión de planificación?

- Si.     No.     No se puede saber con la información disponible.

1.5. ¿Cuáles son las principales causas de no cumplimiento de las actividades atrasadas para la semana anterior a la reunión de planificación?

1.6. Marque con una cruz indicando la importancia que usted le otorga a cada ítem de información mostrado en la propuesta de utilización de modelos 4D, en donde 5 representa muy importante y 1 poco importante:

		1	2	3	4	5
Planificado semana anterior	{	Elementos planificados.				
		Construido semana anterior				
Planificado vs realizado	{	Elementos atrasados.				
		Elementos adelantados.				
Tabla de información	{	PPC constructora.				
		CNC constructora.				

Elaborado por: Alan Villegas  
 Memorista de ingeniería Civil  
 Universidad de Chile



## 2. Visualización de restricciones.

2.1. Identifique las actividades que no pueden ser ejecutadas en la fecha programada a causa de restricciones. (*conflictos que impiden su ejecución*)

- Ejecución lobby 1.       Ejecución lobby 2.       Montaje EEMM eje 3.  
 Montaje EEMM eje A.       Montaje de elementos adyacentes a escalera 3 (Entre ejes 13-15 y B-D)       Montaje EEMM entre ejes I-J y 14-15.

En el caso de que haya podido reconocer alguna(s) restricciones responda las siguientes preguntas:

2.2. ¿Quién es el responsable de *liberar la(s) restricciones (resolver los conflictos para poder ejecutar las actividades)*? Indique todos los que correspondan.

- Mandante       ITO       Arquitectura       Cálculo       Constructora

2.3. Identifique en qué momento la(s) actividades con restricciones perjudican o impiden la planificación de la obra.

- Viernes 15-06-2012       Viernes 22-06-2012       Viernes 29-06-2012       Viernes 06-07-2012

2.4. ¿Reconoce las razones por las que aún no se han liberado la(s) restricciones encontradas? ¿Cuáles son éstas?

- Si.       No.       No se puede saber con la información disponible.

2.5. Marque con una cruz indicando la importancia que usted le otorga a cada ítem de información mostrada en la propuesta, en donde 5 representa muy importante y 1 poco importante:

		1	2	3	4	5
Planificación mediano plazo	{	Restricciones de operación.				
		Restricciones de diseño.				
		Restricciones de indefinición de proyecto.				
Planilla de toma de compromisos	{	Definición de responsable de liberación.				
		Definición de fecha de liberación.				
		Causas de no cumplimiento de liberación.				

Elaborado por: Alan Villegas

Memorista de ingeniería Civil  
Universidad de Chile



**Anexo D. Propuesta consolidada de uso de modelos 3D  
y 4D aplicada en la reunión del día 12 de junio de 2012**

# Reunión de coordinación

Implementación de modelos 3D y 4D

HOMY – Mall Plaza Vespucio



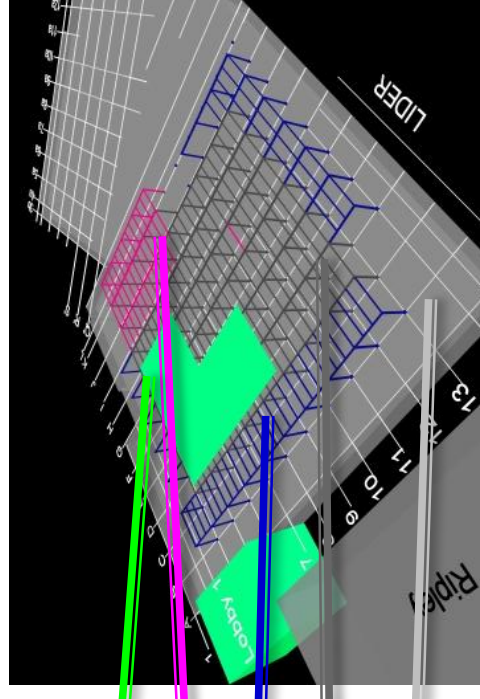
Alan Villegas  
Martes 12 de junio

## Estructura de intervención. (10 min)

1. Simbología de los modelos. (1 min)
2. Revisión semana anterior. (3 min)
3. Revisión mediano plazo, 4 semanas. (3 min)
4. Revisión de planificación semana actual. (2 min)

# Simbología de los modelos.

- ▶ Los colores utilizados para el estado de los elementos son:



Elemento programado: Verde

Elemento atrasado: Magenta

Elemento adelantado: Azul

Elemento terminado: Gris oscuro

Estructura pre-existente: Gris claro

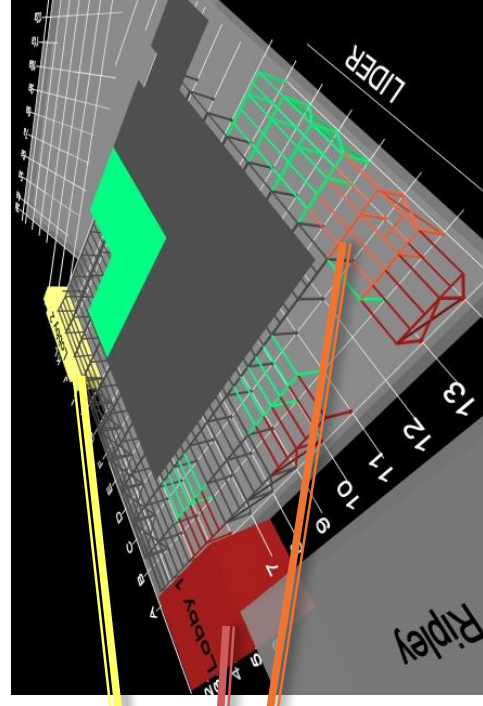
Actividades consideradas:

Montaje EEMM

Hormigonado losa.

Ejecución lobby 1 y lobby 2

- ▶ Los colores utilizados para las **restricciones** son:



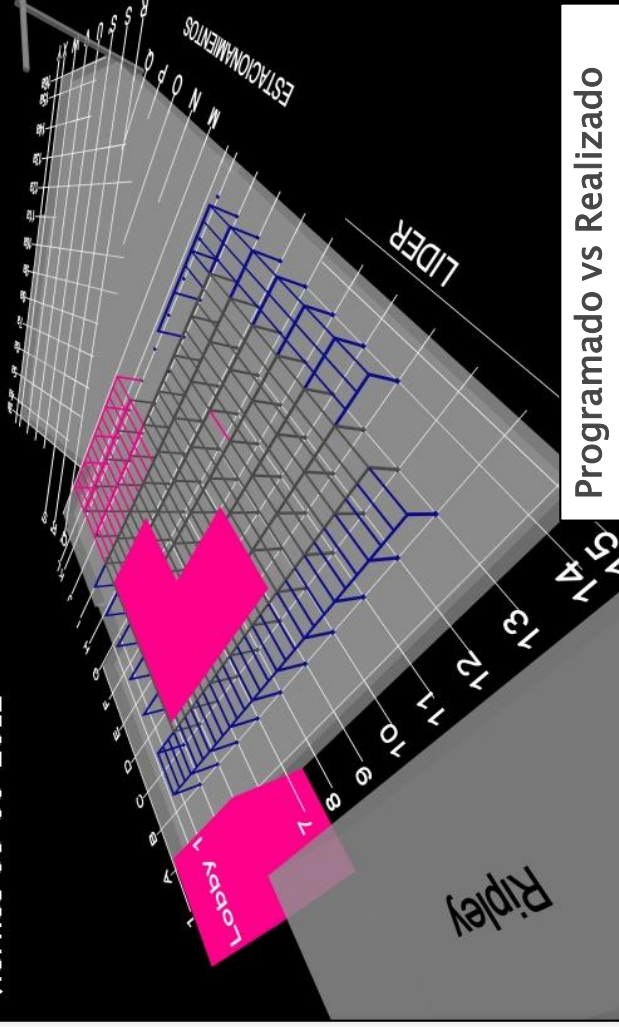
Restricción de operación: Amarillo

Restricción de diseño: Rojo

Restricción indefinición de proyecto: Naranja

# Control de avance físico.

4D-RSA  
viernes 08-06-2012

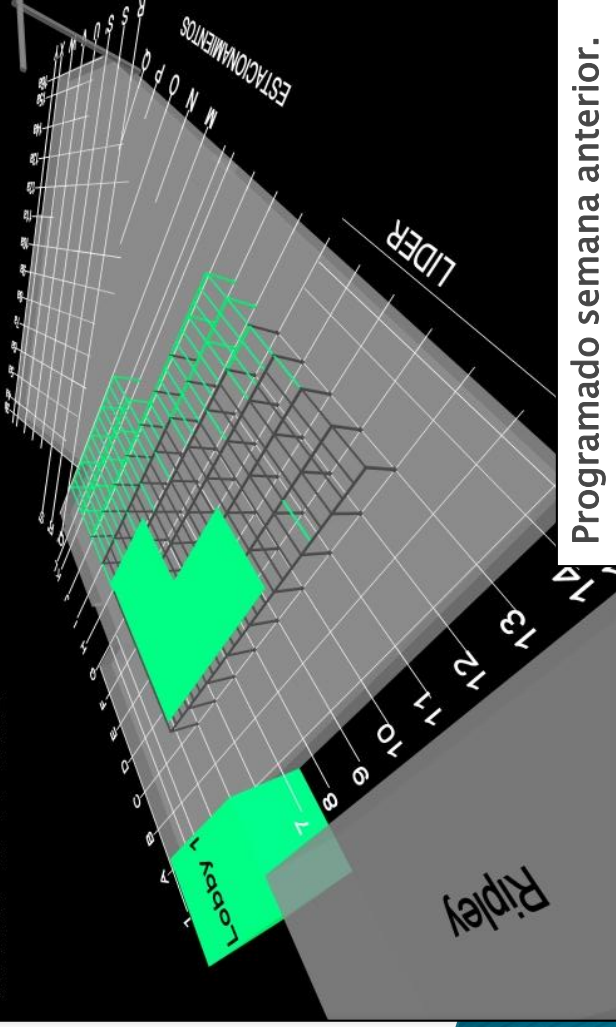


Programado vs Realizado

PPC: 16.7 %  
CNC constructora:

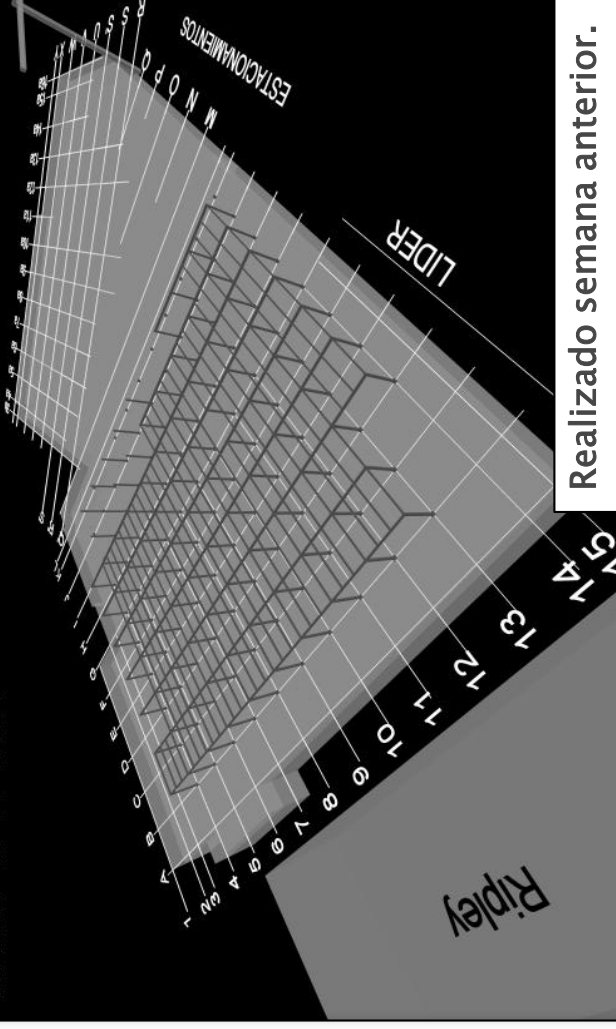
Interferencia de Diseño	El montaje de placa metálica en intersección de ejes K y 6 no se pudo realizar porque existe una caseta de instalaciones climáticas bajo el sector donde se debe montar la placa base que no se visualizó antes.
Diseño	No se han entregado los planos de construcción de la estructura metálica del lobby 1.
Mala planificación	Mala planificación hormigonado de losas.

4D-RSA  
viernes 08-06-2012



Programado semana anterior.

4D-RSA  
viernes 08-06-2012



Realizado semana anterior.

Elemento terminado

Elemento programado

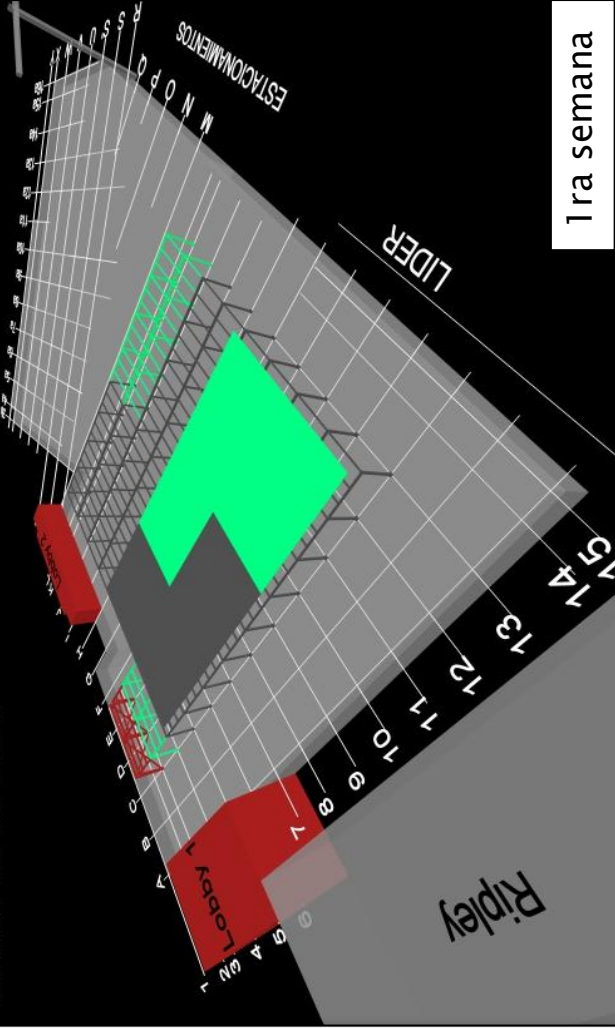
Elemento atrasado

Elemento adelantado



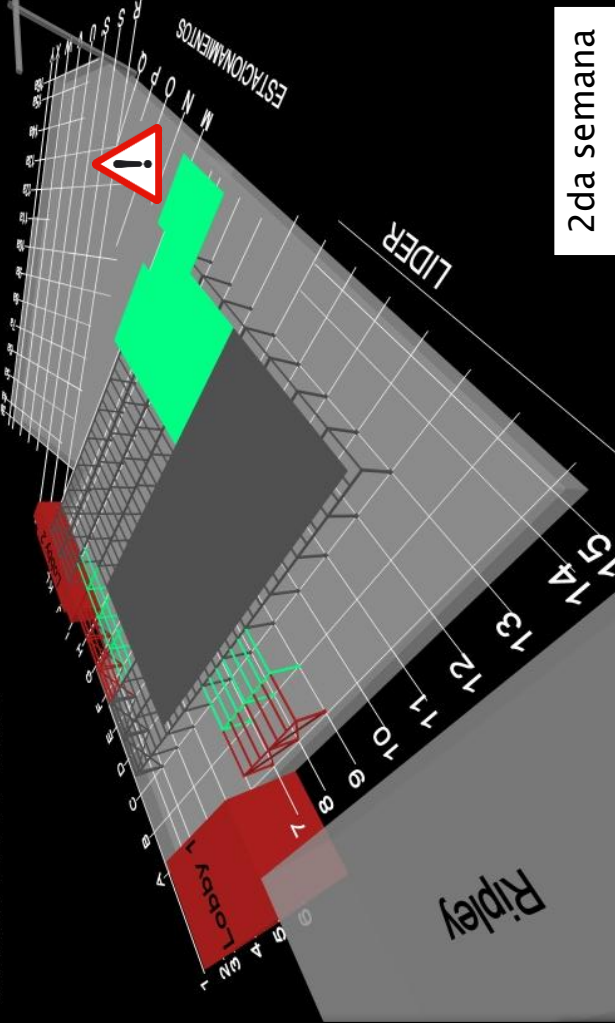
# Gestión de restricciones mediano plazo (4 semanas)

4D-PMP  
viernes 15-06-2012



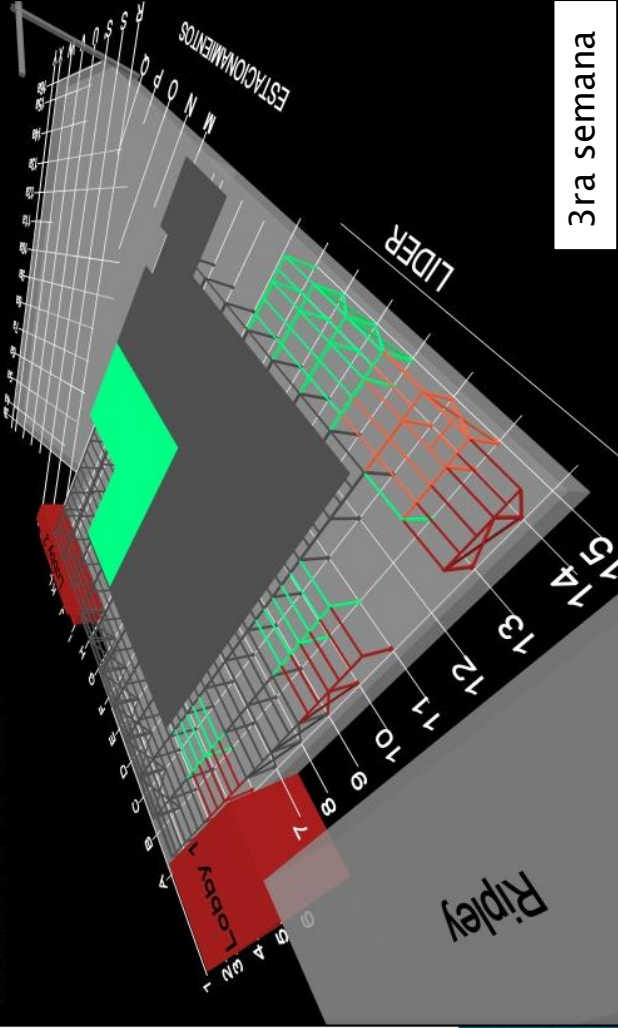
1ra semana

4D-PMP  
viernes 22-06-2012



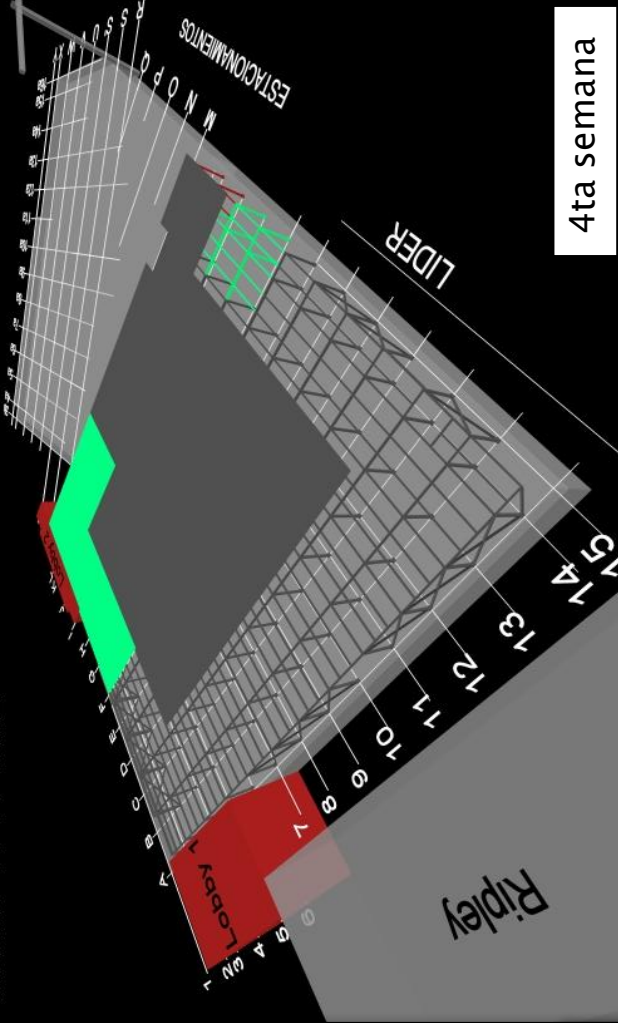
2da semana

4D-PMP  
viernes 29-06-2012



3ra semana

4D-PMP  
viernes 06-07-2012



4ta semana

R. operación

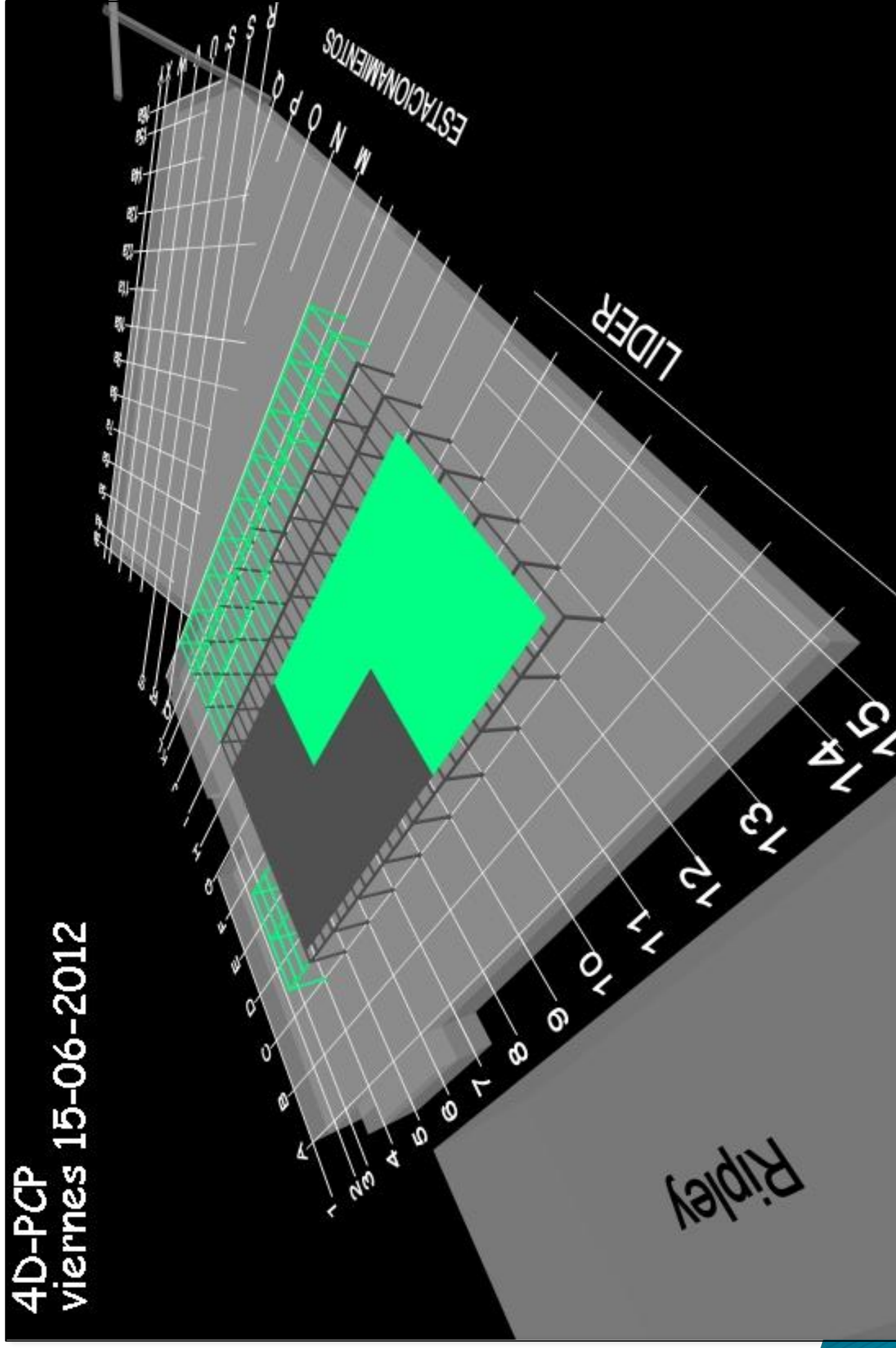
R. diseño

R. Indefinición de proyecto

Elemento programado

# Actividades planificadas semana actual.

4D-PCP  
viernes 15-06-2012



Elemento terminado

Elemento programado

Estructura existente

