

Método programación de duraciones de actividades para proyectos edificios de altura con elementos estocásticos no-tradicionales y aplicación en Coquimbo, Chile.

Dr. Pablo Aragonés Beltrán
Universidad Politécnica de Valencia, España

Msc. Oscar Contreras González
Universidad de La Serena, Chile

Abstract

In this paper, we discuss first programming model for the durations of project activities, based on stochastic elements, with probability functions non-traditional. Secondary, we show the results of the application made in a draft-rise building in Region of Coquimbo, Chile. Subsequently, an analysis of the constraints, advantage and disadvantages of using the model, adjusted to the characteristics of area where was applied. Finally, several conclusions and suggestions from which the model justified.

Keywords: *Project; scheduler; stochastic*

Resumen

En éste trabajo se expone, en primer término un modelo de programación de las duraciones de las actividades de un proyecto, basado en elementos estocásticos, con funciones de probabilidad no-tradicionales. En segundo término, se muestra los resultados obtenidos de la aplicación realizada en un proyecto de construcción de edificio de altura en la Región de Coquimbo, Chile. Posteriormente, se realiza un análisis de las restricciones, ventajas y desventajas de la utilización del modelo, ajustadas a las características de la zona en donde se aplicó. Finalmente se realizan las conclusiones y sugerencias a partir de las cuales se justifica el modelo.

Palabras clave: *proyecto; programación; estocástico*

1.- Introducción

La programación y secuenciación de las actividades de un proyecto, presenta una problemática en la asignación óptima de recursos a dichas actividades en el tiempo, debido fundamentalmente a la priorización y/o limitaciones de recursos. (Herroelen, 2005).

Una problemática encontrada en la construcción de los edificios de altura en la región de Coquimbo, Chile; es el manejo operacional de la programación de proyectos, la que en un 95% se realiza con cartas Gantt, en donde solo se considera la duración de las actividades o macroactividades en términos determinísticos. Y en la mayoría de los casos, no se alcanza el desarrollo de la edificación en altura con los tiempos y costes programados, puesto que resulta difícil cumplir lo programado, debido a las múltiples variables externas a las que están expuestas; como son, condición de mercado del recurso humano, insumos y condición climática de la región, por tanto realizarlas con la precisión que se necesita en los rangos de variación del 10%, es difícil, tanto en la duración de las actividades como en los gastos realizados. Así entonces con el manejo de la programación Pert, podemos incorporar la

estocasticidad, la que con la tecnologías de la informática actuales, nos permite alcanzar una velocidad de proceso en los cálculos que facilita la resolución de la problemática. En si la incorporación de la estocasticidad, permite a los dueños del proyecto, manejar el riesgo de la variabilidad a que está expuesta la duración de las actividades y de los costos del proyecto.

En la Tabla 1 se muestra un resumen de la clasificación de los tipos de programación de proyectos, propuesta por (Ahuja et al., 2004). La que se considera adecuada para la revisión de los métodos de programación de las duración de las actividades.

Tabla 1 - Proyectos con Incerteza en la Duración de la Actividades

Programación de Proyectos
Proyectos con Incerteza en la Duración de las Actividades
Limitaciones de la programación CPM/PERT
Herramientas y Desarrollo de Nuevas Técnicas
Técnicas de Programación Lineal
Técnicas de Simulación
Programación de Proyectos de Construcción tipo Fast-Track
Optimización Tiempo-Costo
Planificación de la Construcción

Fuente: Project scheduling and monitoring: current research status, (Ahuja et al., 2004)

En la Tabla 2, se puede apreciar las principales investigaciones relacionadas con las limitaciones encontradas, utilizando los métodos de programación CPM/PERT con nuevas técnicas. Estas nuevas técnicas presentan ciertas desventajas en el manejo de la incertidumbre tanto en la duración de las actividades como en los costos de dichas actividades en el proyecto.

**Tabla Nº 2 - Limitaciones de la Programación CMP/PERT
Herramientas y Desarrollo de Nuevas Técnicas**

Tipos de Programación	Descripción/Requerimientos	Ventajas	Desventajas
Limitaciones de la programación CPM/PERT			
Herramientas y Desarrollo de Nuevas Técnicas			
Fisher & Alami (1996) CPM/PERT	Traducción manual de información del diseño de las actividades	Disponibilida para el uso de las TIC's	No existe relación entre duración de actvs. y costes Necesarios mecanismos de integración
Gong (1997) Uso del Flotamiento u holgura	Uso en redes de proyectos para asignar recursos Integra análisis del riesgo del programa y del coste del proyecto	Reduce los costes del proyecto sin impactar su duración	Incetidumbre de tiempo de actividades no críticas son grandes, aumenta el riesgo, duración y coste.
Dawson & Dawson (1998) Técnicas de Programación Estandar	Semejante a PERT Establecer fdp para duración de las actividades y redes generalizadas del proyecto	Herramientas de desarrollo de software comunes Técnicas de gestionar para incetidumbre del proyecto	Inadecuada en proyectos con incetidumbre en la direc. y duración de tareas Complejidad mínimo uso
Cotrell (1999) PERT modificado	Requiere solo dos estimaciones de la duración de las actividades	Reducción del nro. de estimaciones de 3 a 2	Aplica solo distribución normal

Fuente: Project scheduling and monitoring: current research status, (Ahuja et al., 2004)

Los resúmenes de varios autores, han dado una visión general del desarrollo del pasado y actuales en la literatura de programación de proyectos; éstos documentos se centran principalmente en el aspecto de modelación y desarrollo de algoritmos necesarios para planificar proyectos complejos. Un

estudio de (Vanhoucke et al., 2005), indica que una segunda área de publicaciones, a la que la investigación ha dedicado gran atención, se centra en la generación de datos de referencia para los diferentes procedimientos de solución.

2.- Descripción del modelo CPM/PERT de estimación de duraciones de las actividades y sus costos

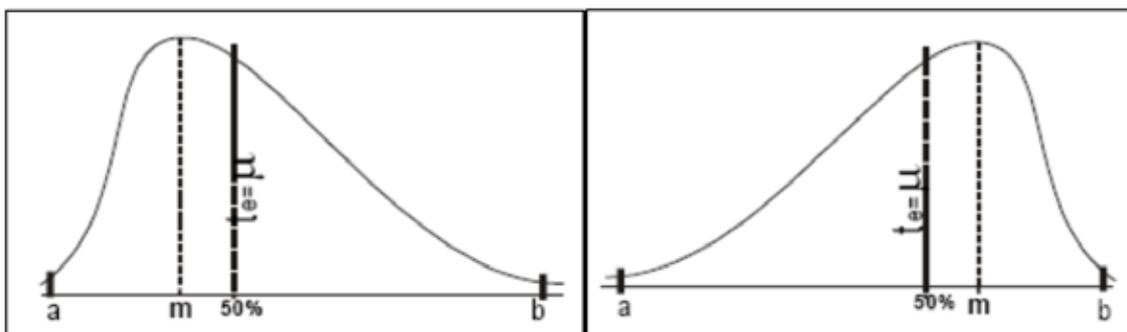
Según lo expuesto por (Ishaque et al., 2009), la gestión de proyectos y enfoques tradicionales de ingeniería concurrente se remontan a la década de 1950 con el advenimiento del Método de ruta crítica (CPM) y el enfoque llamado Proyecto de Evaluación y Revisión Técnica (Pert), y por la revisión hecha de Elmaghraby en 1995, el primer artículo sobre los dos enfoques, comúnmente llamado CPM/Pert, apareció en 1959. Estas son esencialmente las técnicas de papel y de lápiz, que se han implementado como herramientas de software de muchas organizaciones y personas, y han sido ampliamente utilizados por los profesionales desde su creación.

Las técnicas CPM/Pert son en cierto aspecto, un sistema limitado de gestión del proyecto o un problema de ingeniería de sistemas que se llama "la actividad de gestión del tiempo" en un análisis de redes de proyectos. Manteniendo la discusión de este problema y no ocupándose de otros aspectos, como por ejemplo: las limitaciones de recursos y tipos disponibilidad, las cuestiones financieras, la incertidumbre en la duración de la actividad y/o la disponibilidad de recursos, etc., en un contexto más general.

Es por esta razón que este modelo además de los tiempos de duración de las actividades también se considera los costos de las actividades, debido a que el tiempo de una actividad no necesariamente tiene la misma fdp que el costo de la misma actividad.

El método Pert/CPM son redes, es decir, técnicas gráficas que proporcionan una base analítica que sustentan al producto (gestión de proyectos – seguimiento de los problemas) al abordar el plazo más breve término, las transacciones de tiempo, los costes, y las cuestiones de programación (es decir, las actividades críticas y las holguras de tiempo) para las actividades concurrentes deterministas y probabilistas. La red de representaciones o gráfico empleado por estos enfoques para el modelo de actividades del proyecto, y las limitaciones temporales entre ellos, también proporcionan ideas visuales sobre los aspectos temporales de un plan de proyecto. El método Pert aborda el problema del carácter aleatorio de las duraciones de las actividades de un proyecto de una manera muy peculiar, pues considera tres estimaciones de tiempo distintas: la estimación optimista, la estimación más probable y la estimación pesimista (Capuz et al., 2002), para luego utilizar la fdp Beta, que es una fdp variante de la familia de las Erlang. Ver Figura 2.

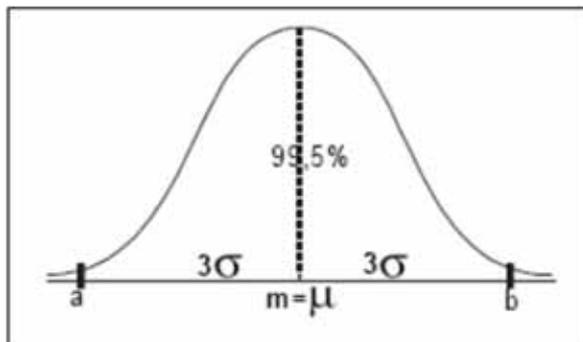
Figura 2 - Distribución Beta de Probabilidades



Fuente: Dirección, Gestión y Organización de Proyectos, Capuz et al., (2002)

Y la duración total del proyecto, se asocia a una fdp normal, en donde el valor medio es dado por un 50% simétricamente de probabilidad. Ver Figura 3.

Figura 3 - Distribución Normal de Probabilidades



Fuente: Dirección, Gestión y Organización de Proyectos, (Capuz et al., 2002)

Para la llegar a conocer la duración total del proyecto, con el modelo de programación Pert/CPM, es necesario analizar cada actividad que se desarrollara en el proyecto, históricamente, tanto en sus costos alcanzados y en los tiempos de duración que ha tenido, con ello se generan nubes de datos los cuales se pueden asemejar a alguna fdp, con ella se obtiene su desviación en cuanto a costo y en cuanto a tiempo y los promedios de duración de cada actividad y el total de los promedios será el más probable tiempo de duración del proyecto, en esta etapa se utiliza el método Pert.

En cuanto a la reducción del tiempo de duración, se analiza de igual manera los tiempos de cada actividad y sus costos asociados, se estudia actividad por actividad y cuanto realmente se puede reducir los tiempos (solo en las actividades de la ruta crítica), para ello es necesario saber la mayor cantidad de variables que pueden afectar de alguna manera esta actividad, además es necesario considerar cuanto aumenta el costo de la actividad por reducir el tiempo de la misma, una vez analizado la suma de los tiempos de la ruta crítica reducida, indicara el tiempo de duración del proyecto de manera acelerada. Para este procedimiento se utiliza el método CPM.

Cabe mencionar que se pueden utilizar tanto fdp tradicionales (beta y normal) como fdp no tradicionales en el desarrollo del modelo; sin embargo, según los resultados obtenidos en los ajustes a las fdp, la mayoría no se ajusta a la distribución tipo beta en cuanto a las duraciones de las actividades del proyecto, no así el caso para la duración total del mismo.

Se expone el modelo que se aprecia gráficamente en la Figura 4 adjunta; en el cual se plantea como primer paso la definición del proyecto, luego se desarrolla la programación de la duración de las actividades en términos normales (determinística mente), creando la malla flecha-actividad del proyecto, se establece la ruta crítica y se determina la duración total del proyecto. Esto con el fin de utilizar dicha programación como base de referencia y comparación durante el desarrollo del proyecto. A continuación se establece el presupuesto de todas las actividades del proyecto y el coste total del mismo.

Figura 4 – Modelo Pert/Cpm con fdp No-tradicionales



Fuente: Elaboración propia, 2010-2011

Para el desarrollo del modelo, se han construido 2 bases de datos con los antecedentes históricos de las duraciones y los costos de cada actividad, basándose en las construcciones de los principales edificios de la zona en estudio, de las mismas características, en la conurbanación costera de Coquimbo-La Serena. Usando un método de recolección de datos común en terreno por cada edificio.

Luego, se procede a revisar estas bases de datos históricas de cada una de las duraciones de las actividades similares o iguales del proyecto y de los costos de las mismas, para seguidamente realizar el ajuste a las fdp. Acá se puede utilizar software como: @risk™, cristal ball™, easy fit™ u otro similar, los que nos entregan los mejores ajustes según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov (fundamentalmente para fdp de tipo continuas), Chi-cuadrado X^2 (para fdp de tipo discreto), también se le puede exigir la pruebas Anderson-Darlig, según la cantidad de datos históricos disponibles en la fuente y la fuerza del ajuste estadístico que se desea dar. Posteriormente, una vez asociada la duración promedio a cada una de las actividades, y teniendo presente su respectiva varianza, se conforma nuevamente una diagrama flecha-actividad de las duraciones de las actividades del proyecto y se establece la ruta crítica del proyecto, así como la duración total de éste. Ahora bien, para la ruta crítica, así como para las demás rutas del proyecto, se calcula la suma de las

varianzas. Así obtendremos la varianza total de cada una de las rutas en la malla del proyecto.

De la misma manera, se establece el cálculo de los costos, para cada uno de los componentes de CPM, pero asociado a una fdp que entrega un valor promedio y una varianza, luego se conforma la tabla de cálculo respectiva.

4.- Aplicación del Modelo

En Chile, la construcción de edificios no escapa a ésta realidad, encontrándose que aproximadamente el 90% de los proyectos de edificación, no cumplen con la duración total programada y el 80% de esos proyectos, exceden los costes presupuestados. (Serpell, 2003).

La Región de Coquimbo, pertenece a lo que se denomina el Norte Chico chileno; ésta región, es representativa de la ocurrencia nacional en cuando a las diferencias de tiempos y costes en el desarrollo de los proyectos de construcción, los que se encuentran en aproximadamente un 90% que no cumplen con la duración programada y de esos proyectos el 80% exceden los costes presupuestados. (Serpell, 2003). Estos proyectos son desarrollados tanto por el gobierno regional como por empresas privadas, esto debido al crecimiento económico y social sostenido que ha venido presentando la región. Uno de los pilares fundamentales de éste crecimiento, ha sido la industria turística de la zona, la que ha estado en constante crecimiento en las últimas décadas, específicamente en lo referente a construcción hotelera e inmobiliaria y dado el desarrollo urbanístico de la ciudad, cuya tendencia es la construcción de edificios de altura, para cuyo fin se están realizando grandes inversiones en la conurbanación La Serena-Coquimbo. Ver Tabla 3, Sector Construcción.

Tabla 3 - Ocupación por trimestres de sectores económicos en la Región de Coquimbo

**Coquimbo:
Evolución de los Ocupados
Según Rama de actividad**
(Variación en miles respecto de igual trimestre del año anterior)

Rama de actividad	2008		2009		
	Oct-Dic	Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dic
Total	6,5	-11,9	-5,5	3,9	19,4
Agricultura, Caza y Pesca	-0,5	-2,3	1,1	-2,5	5,3
Minas y Canteras	0,7	-3,4	-2,1	-2,3	-4,8
Industria Manufacturera	1,9	-1,1	0,7	2,6	2,8
Electricidad, Gas y Agua	0,0	0,3	0,0	0,5	-0,2
Construcción	5,4	-0,8	4,1	5,8	7,7
Comercio	0,6	-0,6	-2,8	-1,0	-2,7
Transporte, Almacenaje y Comunicaciones	-1,8	-1,1	-0,6	0,0	3,5
Servicios Financieros	-1,9	-3,4	-4,4	-2,3	-0,7
Servicios Comunales, Sociales y Personales	2,1	0,5	-1,6	3,0	8,7

Fuente: INE, Encuesta Nacional de Empleo

Por otra parte, las empresas constructoras que desarrollan éstos proyectos, ya sea por su cuenta o por un(os) inversionista(s), necesitan mejorar la precisión de la duración de sus proyectos, ya que esto significa llegar con los productos al mercado objetivo en los momentos más adecuados (temporadas estivales) y así aprovechar el mejor precio de venta de sus productos, mejorando el flujo de caja del proyecto o ajustándose a lo presupuestado

sobre la base de las proyecciones realizadas al momento de planificar y programar el proyecto. En la actualidad esto no ocurre, debido a los desfases producidos en las duraciones reales con las programadas y los gastos realizados superan los presupuestados, principalmente por la extensión del proyecto, así como el desfase en el flujo de caja, producto de no realizar las ventas en los momentos peak de precios, si no en temporadas medias y bajas. Si bien es cierto, muchas empresas (principalmente inmobiliarias), comienzan a vender en verde, éstas no siempre pueden entregar al cliente en la fecha programada, lo que hace que éstos desistan de la compra.

Para la aplicación del modelo propuesto, se ha considerado el proyecto Altamar de la empresa constructora CPS. El proyecto se ubica en el borde costero del Puerto de Coquimbo, y consiste en la construcción de un edificio de 27 pisos, destinado a ofrecer departamentos a las familias del sector medio-alto de la región. Altamar se encuentra en Av. Costanera 451, frente al mar, se destaca su gran vista gracias a los 26 pisos que el edificio posee, además de un mirador panorámico en la azotea o piso 27.

El proyecto se ha convertido en el más alto de la Región de Coquimbo; contempla departamentos de dos y tres dormitorios, el condominio cuenta con estacionamientos y accesos controlados, también dispondrá de piscinas, lavanderías, bodegas para los departamentos de tres dormitorios y extensas áreas verdes, entregando a la ciudad de Coquimbo un aporte arquitectónico. El proyecto postergo su comienzo hasta mediados de diciembre 2009, fecha en la cual se dio inicio a la construcción del proyecto, con un presupuesto de US\$5,917,895.

En la Figura 5, se aprecia el proceso definido para la realización del proyecto, desde el cual se establece la programación de las duraciones de las actividades respectiva.

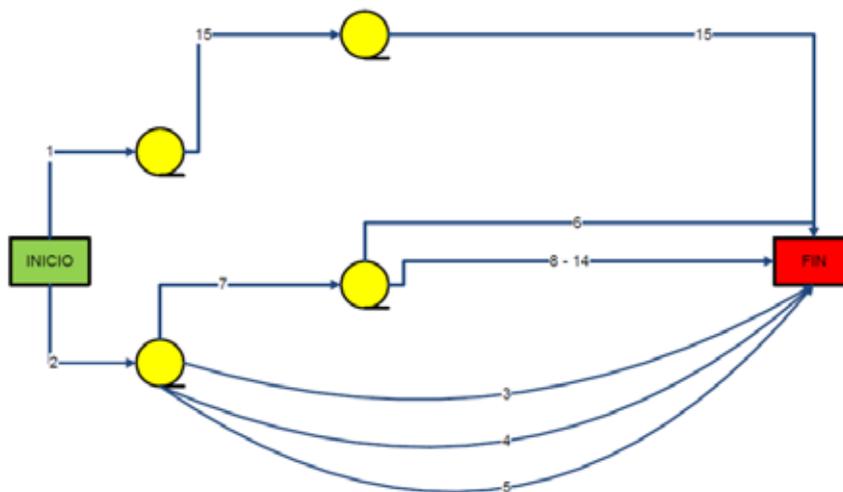
Figura 5 – Proceso de Construcción Proyecto Altamar



Fuente: Constructora CPS, 2010

Basándose en la definición de los procesos de construcción, se construye el diagrama flecha actividad del proyecto (ver Figura 6), con las duraciones determinísticas, basadas en los antecedentes históricos, obteniéndose como resultado del cálculo de la malla, una duración para el proyecto de 346 días, con una ruta crítica en las actividades 2-7-8-9-10-11-12-13-14.

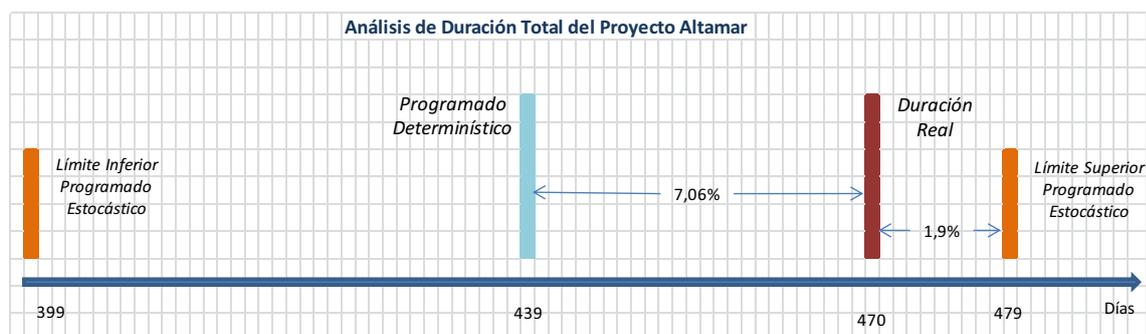
Figura 6 – Diagrama Flecha-Actividad del Proyecto Altamar



Fuente: Elaboración Propia, 2010-2011

Luego se desarrolla el cálculo de los test de bondad de ajustes para cada una de las duraciones de las actividades, llegando a determinarse la misma ruta crítica con una duración media de 439 días y una desviación estándar de 40,2 días; así usando una variabilidad de +/- 1 sigma, se tiene un rango de duración de (399;479) días. Esta duración programada, se puede apreciar en la Figura 7, así como las duraciones programadas estocásticas; también se aprecia las variaciones en términos porcentuales con respecto a la duración real, la que fue de 470 días.

Figura 7 – Duración Estocástica del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia, 2011

Las fdp de las duraciones de las actividades del proyecto, determinadas por los test y aplicadas en el modelo son; triangular, uniforme, weibull y normal; siendo las 3 primeras no tradicionales.

En la Figura 8, se puede apreciar el esquema del proyecto, el cual se encuentra terminado.

Figura 8 – Esquema del Proyecto



Fuente: Empresa Constructora CPS, 2010

5.- Análisis, Conclusiones y/o Recomendaciones

Al término del presente trabajo, y revisada la literatura, podemos decir que existen muchos métodos de programación de las duraciones de las actividades de un proyecto, los que principalmente se dividen en determinísticos y estocásticos. Los determinísticos, presentan la dificultad de no considerar la variabilidad propia, en términos matemáticos, que representan los cambios que pueden sufrir las duraciones de las actividades al realizarse físicamente, es decir variables tales como, variación de los precios de los materiales, escasez de mano de obra calificada, alzas o bajas de los combustibles, etc. Así entonces, encontramos que el método Pert, incluye dichos efectos en términos de probabilidad de ocurrencia, generando no un valor, sino un rango de valores en donde se pueden presentar los posibles resultados, y si se le combina con CPM, se logra establecer una medida más representativa de la realidad, ya que incluye la variable costo. Ahora bien, desde el punto de vista estadístico, en el tratamiento clásico de Pert, se considera para las duraciones de las actividades del proyecto solo la fdp Beta, lo que no siempre son la representación de las duraciones de las actividades, esto conlleva a mostrar un error o bien a aumentar la desviación de la duración total del proyecto.

Otros métodos investigados, como lo son los GA, logran establecer una buena aproximación de lo programado a lo realizado en términos de duración de actividades, pero requiere de una gran base de datos que permita alimentar el sistema, base de datos que no siempre se encuentra disponible y se debe trabajar las heurísticas por separado para conocer el comportamiento de los presupuestos y costes. Long et al. (2009). Sin embargo en éste modelo, usando los test de bondad de ajuste clásicos, los que utilizan hasta 15 datos como base para determinar el ajuste y con el apoyo de las Tic's, podemos calcular los mejores ajustes a las fdp no tradicionales.

En los métodos de cálculo matemático propiamente tal, existen los métodos de PL y varias variantes, con muy buena precisión, son adecuados y exactos pero, estos métodos solo llegan a determinar valores dependiendo de las restricciones de las variables consideradas para dicho cálculo de las duraciones de las actividades y los presupuestos de los proyectos;

pero al no considerar algunas variables tan importantes, en donde se desarrollara el proyecto, como son las: características geomorfológicas del terreno (encontrar irregularidades geológicas); condiciones inesperadas del comportamiento climático que son variables medioambientales como: temperatura, humedad, precipitación, temporales, que el proyectista no tiene en cuenta y han sido causa de retrasos muy importantes, a la hora de determinar los rendimientos; disponibilidad de personal con la preparación técnica en la especialidad (capacitación), entre otras, hacen que se obtengan desviaciones de lo programado y presupuestado con lo real. Long et al. (2009).

En la Región de Coquimbo, se usan los métodos tradicionales de programación como son la Carta Gantt y en algunos casos se aplica CPM, tanto para programación de las actividades como para el presupuesto del proyecto, por lo que se considera necesario realizar un aporte para mejorar los rendimientos y el cumplimiento de las empresas con el desarrollo de los proyectos.

Finalmente, y teniendo presente el estudio realizado, se puede concluir que usando Pert/CPM, con la variante en el uso de las fdp no tradicionales, podemos llegar a subsanar de mejor forma la brecha existente entre las duraciones de las actividades programadas y las reales. Lo que se muestra claramente en la Figura 7, en donde se aprecian las diferencias en términos porcentuales de lo programado determinístico con lo real (7.1%) y la diferencia de lo programado estocásticamente con lo real (1.9%).

También se puede concluir que con éste método y aplicando un modelamiento de simulación, en tiempo real, cuando se esté desarrollando el proyecto, se puede alcanzar una mayor precisión, la que podría alcanzar entre un 3% y un 5%, lo que significaría un gran avance en términos de programación de proyectos.

Como proposición al desarrollo futuro, se considera el uso de la realidad virtual - uso de técnicas graficas computacionales en 3D - como elemento base de apoyo a la programación y control de los proyectos, esto soportado por el importante avance tecnológico en el desarrollo de procesadores gráficos de alto rendimiento y dispositivos de salida tipo emisión láser que permiten mostrar la imagen tridimensional a escala, en gabinete. Y si a esta tecnología se le agrega una metodología en cuanto al adecuado manejo de bases de datos con los antecedentes que consideren la mejor representación de las variables que afectan las duraciones de las actividades de los proyectos, se podrá finalmente llegar a determinar en forma más precisa los calendarios de términos de dichos proyectos. Russell et al. (2009).

6.- Bibliografía y Referencias

- Ahuja V. & Thieruveng A., Project scheduling and monitoring: current research status, *Construction Innovation*, 2004; 4: p. 19–31.
- Capuz R., Salvador; Gómez-Senent M., Eliseo; Torrealba López, Álvaro; Ferrer Gisbert, Pablo; Vivancos Bono, José Luís; Gómez Navarro, Tomás; *Dirección, Gestión y Organización de Proyectos*; Cuadernos de Ingeniería de Proyectos III; Editorial UPV, España, 2002.
- Herroelen W., Project Scheduling—Theory and Practice, *Production and Operations Management*; Vol. 14, No. 4, Winter 2005, p. 413–432.
- Ingalls R. & Morrone D., Pert Scheduling with Resource Constraints Qualitative Simulation Graphs, *Project Management Journal*, Sep. 2004, p. 5-14.

- Ishaque et al., Project Management Using Point Graphs, *Systems Engineering* Vol. 12, No. 1, 2009, p. 36-54.
- Jones C., The Three Dimensional Chart Gantt, *Operations Research*, Vol. 36, N° 6, Nov-Dic 1988, p. 891-903.
- Kumar P., Effective Use of Gantt Chart for Managing Large Scale Projects, *Cost Engineering* Vol. 47/No. 7 July 2005, p. 14-21.
- Long L. & Ohsato A., A genetic algorithm-based method for scheduling repetitive construction projects, *Automation in Construction*, Vol. 18, 2009, p. 499–511.
- Russell A. et al., Visualizing high-rise building construction strategies using linear scheduling and 4D CAD , *Automation in Construction*, Vol. 18, 2009, p. 219–236.
- Serpell A./Alarcón L. , *Planificación y Control de Proyectos*, 2003, 2da. Ed., Editorial Universidad Católica de Chile.
- Vanhoucke et al., The Project Scheduling Game (PSG): Simulating Time/Cost Trade-Offs in Projects, 2005 by the *Project Management Institute*, Vol. 36, No. 1, 51-59, ISSN 8756-9728/03.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Chile), *Informe Económico Regional 2009*, Octubre-Diciembre, 2009.
- CChC (Cámara Chilena de la Construcción). *Informe Mash 29*, Macroeconomía y Construcción, 2010.
- www.cpsinmobiliaria.cl, 2010.

Correspondencia:

Aragónés Beltrán, Pablo – aragones@upv.es
Departamento de Proyectos
Universidad Politécnica de Valencia, España

Contreras González, Oscar – ocontrer@userena.cl
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de La Serena, Chile