

SIMULACION DEL ANALISIS DE RIESGOS EN LA GESTION DE PROYECTOS COMO HERRAMIENTA EN EL PROCESO DE FORMACION DE INGENIEROS CIVILES.

Brenda Morales, Marco Cruz, Grecia Hernández, Universidad Autónoma de Coahuila

Fernando Rodríguez, Universidad Politécnica de Madrid

Abstract

The Civil Engineering program at the Universidad Autonoma de Coahuila is the result of a accreditation process and ongoing review, which responds to the growing social demand for project management, although in practice it is severely challenged by the limited application modeling scenarios, therefore, the research developed by the Projects Department allows us to promote the study of the risk variables in order to efficiently establish a framework to permit to increase awareness of this as a teaching tool in the field of Project Management. This way, during the investigation promote identification techniques, analysis models and modeling tools to develop skills and attitudes in decision making, according to the criteria established by the PMC, DIP, PMP; this to support the work of Project Management in critical scenarios.

Keywords: modeling scenarios, risk factors, identification techniques

Resumen

El programa de Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Coahuila es el resultado de un proceso de Acreditación y Revisión constante, el cual da respuesta a la creciente demanda social de Gestión de Proyectos, aun cuando en la práctica es severamente cuestionada por la poca aplicación de los escenarios de modelación; por lo que, la investigación que se desarrolla por parte de la Cátedra de Proyectos nos permite fomentar el estudio de las Variables de Riesgo con el fin de establecer de manera eficiente un marco de referencia que permita incrementar el conocimiento de esta herramienta como material didáctico en la materia de Gestión de Proyectos. De esta manera, en la investigación se exponen las técnicas de identificación, los modelos de análisis y las herramientas de modelación que desarrollen las habilidades y actitudes en la toma de decisión, atendiendo a los criterios establecidos por los PMC, DIP, PMP; esto, con el fin de apoyar los trabajos de Gestión de Proyectos en escenarios críticos.

Palabras claves: escenarios de modelación, Variables de Riesgo, herramientas de modelación, técnicas de identificación.

Introducción

Con la aparición y desarrollo de la computadora digital a principios de la década de los 50`s, se han desarrollado una gran cantidad de herramientas analíticas que han tenido un profundo impacto en el campo científico. Una de estas herramientas es precisamente la simulación, cuyos usos y aplicaciones se han extendido significativamente en los últimos años. Asimismo, es muy común encontrar en la actualidad aplicaciones de simulación en áreas tales como: Economía, Finanzas, Sistemas de Inventarios, Análisis y evaluaciones de inversiones, sistemas de colas, etc. No obstante, cabe mencionar que en los procesos de Ingeniería Civil recientemente los cuerpos Técnicos han comenzado a implementar esta herramienta, sobre todo para el manejo del medio ambiente, los flujos de efectivo y para las inversiones en infraestructura.

La simulación forma parte del denominado Análisis de sistemas dinámicos probabilísticas el cual parte de dos enfoques. El primero es utilizar lenguajes de propósito general como Fortran. La desventaja de este enfoque es el conocimiento y dominio que se tiene que tener de este lenguaje para simular un sistema. El segundo enfoque que tiene un rango de aplicación y una flexibilidad más limitada, es usar lenguajes de propósito más especial (paquetes). La principal ventaja de este último enfoque radica en que el analista no requiere tener conocimiento de programación para simular un sistema. Un ejemplo de estos paquetes es el GPSS (General Purpose Simulation System), Monte Carlo, Office etc. Cuyo uso y difusión en la actualidad, se ha extendido considerablemente a todo tipo de organizaciones.

Aunque la construcción de modelos comienza en la Época del Renacimiento, el uso moderno de la palabra Simulación data de 1940, cuando los científicos Von Neuman y Ulam (1987) los cuales trabajaban en el proyecto Monte Carlo, durante la Segunda Guerra Mundial, resolvieron problemas de reacciones nucleares cuya solución experimental sería muy cara y el análisis matemático demasiado complicado.

Técnicas de Identificación del Riesgo.

En la actualidad existen cientos de herramientas para identificar riesgos, estas son aplicables en todos ámbitos laborales, sin embargo, muy pocas de estas son aplicables al ámbito de la Ingeniería civil.

Benchmarking, que puede ser traducido como Medida de Calidad, puede definirse como un proceso sistemático y continuo para hacer una valoración comparativa de servicios y procesos de trabajo dentro de una organización; que justifiquen las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación.

La importancia del *benchmarking* (Muñoz, 2003) no se encuentra en la detallada mecánica de la comparación, sino en el impacto que pueden tener estas comparaciones sobre los comportamientos. Se puede considerar como un proceso útil de cara a lograr el impulso necesario para realizar mejoras y cambios.

Como técnica de gestión asociada al ABM (Gestión basada en actividades -ABM por su siglas en inglés Activity-based management), este proceso continuo de comparar actividades, tanto en la misma organización como en otras empresas, lleva a encontrar la mejor; para luego intentar copiar esta actividad generando el mayor valor agregado posible (Kaplan, R. S., & Cooper, R. 1998). Hay que optimizar las actividades que generan valor y reasignar los recursos liberados al eliminar o mejorar actividades que no generen valor.

En conclusión, el *benchmarking* es la consecuencia de una gestión para la calidad.

El estudio de Causa- Riesgo- Efecto, que se hace con una tabla de comparación donde especificamos que problema tenemos, debido a que se genero y como nos afecto el realizar dicha actividad. No implementamos una solución aun, sin embargo estamos identificando los riesgos potenciales que se presentan en las empresas viéndolo desde un énfasis simple pero que nos da las herramientas suficientes para analizar el problema, posteriormente, se propondrá la posible solución del problema de la misma manera, que solución tenemos, como llegamos a esa conclusión y como puede afectar nuestro trabajo.

Simulación y su definición.

Thomas H. Naylor la define de esta manera:

“simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo”

Esta definición es en el sentido más amplio, puede incluir desde una maqueta, hasta un sofisticado programa de computadora, en un sentido más preciso, H. Maisel y G. Gnugnoli, la definen como:

“una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo”.

Las definiciones anteriores no especifican si los sistemas modelados son continuos o discretos, no obstante, es necesario señalar que el grueso de aplicaciones está orientado al diseño, análisis y validación de sistemas dinámicos discretos. (Coss, 2003)

Análisis y simulación del riesgo en Proyectos de Construcción.

El Análisis del Riesgo en los proyectos de construcción es un área activa y en una apreciación general la relación con la importancia de los riesgos e incertidumbres a que están expuestos los proyectos de Ingeniería Civil. Partiendo de que un proyecto en el ámbito de la construcción consiste de un número de eventos interrelacionados encaminados a producirá un resultado (Edificación y /o Construcción) o resultados específicos.

Normalmente un análisis de riesgo en otros espacios del conocimiento está asociado a un

proceso de análisis planificado y a la evaluación del coste de su impacto en los proyectos, en los proyectos de Ingeniería Civil además, de considerar lo antes mencionado es importante tomar en cuenta en este análisis del riesgo otros aspectos como la, seguridad, funcionalidad, la economía, la calidad del producto final y la sustentabilidad lo que no siempre es incluido y representa oportunidades de incertidumbre y riesgo. En una primera instancia en relación al riesgo en la gestión de proyectos y su manejo tanto en el ámbito de la formación como en el campo profesional se relaciona a fuertes desviaciones económicas en los proyectos, estas se asocian especialmente a los flujos de efectivo (dinero) en las diferentes etapas de los proyectos de Ingeniería Civil.

En este contexto, el análisis del riesgo en la gestión de proyectos se asocia al coste de su impacto y por lo tanto se requiere conocer los diversos costes asociados en un proyecto de Ingeniería Civil, así como su incertidumbre o cualquier riesgo u oportunidad que puedan afectar estos costes. Actualmente siendo el análisis del riesgo en la gestión de proyectos un evento activo dentro de los proyectos de construcción, los riesgos y oportunidades son definidos como eventos posiblemente discretos que van a incrementa o disminuir los costes del proyecto respectivamente. Son caracterizados y estimados por sus probabilidades de seguimiento y la magnitud de sus impactos. Las distribuciones de coste son referentes de un análisis de riesgo para determinar la incertidumbre en el coste total del proyecto.

La planificación del análisis del riesgo en la gestión de proyectos requiere de completar varias tareas asociadas con un proyecto y el enlace entre estas tareas.

De esta forma los riesgos y oportunidades son identificados por cada tarea y posibilita un análisis para determinar el coste y la duración del proyecto, considerando que la duración de cada tarea dependerá de la decisión de las fechas de inicio y terminación establecidas en el contrato definido previamente para estimar la fecha y coste probable de culminación del proyecto. Una planificación del análisis del riesgo es generalmente más complicado que hacer un análisis de coste del riesgo debido a las conexiones lógicas y a la modelación entre ambas tareas para determinar el camino crítico. Por lo que, se considera comenzar primero con los elementos del análisis del riesgo y su coste.

Por lo tanto, el coste de un proyecto de Ingeniería Civil y su duración son, en realidad combinaciones. Las tareas en estos proyecto son usualmente cuantificadas por, entre otras cosas, por el coste del trabajo o mano de obra necesaria para completarlas. La duración de la tarea generalmente es relacionada a las personas (semana/persona) en el trabajo y el coste equivale a persona/semana x el salario laboral. Los costes y duraciones son también vinculados si el modelo incluye una penalidad por exceder el plazo.

Los elementos del coste y los programas de duraciones son también igualmente correlacionados. Es importante estar consciente que las dependencias que usualmente existen en un modelo de análisis del riesgo si se deja de incluir en un análisis se estará sub o sobre estimando el riesgo.

En la práctica de los proyectos de construcción generalmente se asume (equivocadamente) que se han realizado actividades preliminares encaminadas a la identificación de los riesgos a que está expuesto el proyecto. La realidad es que no existe un registro adecuado

de estos riesgos, así como tampoco la información suficiente y disponible para establecer los parámetros adecuados de las probabilidades asociadas con cada riesgo, así como la medición efectiva de un impacto potencial sobre las tareas del proyecto.

En el medio de la construcción generalmente cuando se inicia un proyecto de un análisis de riesgo es comúnmente diseñado después de un análisis primario que utiliza estimados de un solo punto por cada coste - duración de una tarea. Una comparación de los resultados de este análisis estadístico preliminar con los análisis de riesgos, donde distribuciones han sido realizadas para modelar componentes de incertidumbre, usualmente sorprenden a las personas. De alguna manera, se espera que un análisis estadístico basado en valores genere resultados que igualen al modo del resultado de distribución del análisis de riesgo.

En la realidad de los proyectos de construcción, se piensa que un modelo de análisis del riesgo proporcionará un modo y un medio que es casi siempre mayor que el resultado de un modelo estadístico. En la práctica las experiencias documentadas en esta investigación al respecto de los resultados de la distribución del análisis de riesgo ni siquiera incluyen el resultado estadístico. La razón principal de esto es que las distribuciones que se asignan como componentes de incertidumbre son casi siempre inclinadas a la derecha, y tienen una línea más larga a la derecha que a la izquierda. Esto es porque hay más cosas que pueden suceder equivocadamente que correctas, porque siempre estamos tratando de poner énfasis en hacer el trabajo tan rápido y barato como sea posible.

Por lo que, los modelos de distribuciones casi siempre tienen mayor probabilidad de dirigirse hacia la derecha que a la izquierda y eso significa que, en la mayoría de los modelos uno tiende a asumir un escenario que exceda al escenario detallado. Una planificación del análisis de riesgo se separará aún más de su equivalente descriptivo que un modelo de coste porque cualquier tarea que su principio dependa en la terminación de dos o más tareas comienza en el máximo de los ejemplos de las distribuciones de fechas de terminación de las otras tareas y no en los máximos de las actividades en cuestión.

Análisis del coste del Riesgo

El análisis de coste del riesgo es comúnmente desarrollado a través de una estructura de trabajo (AET) que es un documento que detalla la división de los trabajos de un proyecto de construcción en paquetes (PT). Así mismo, cada PT es subdividido en documentos de cantidades y estimados de materiales, mano de obra y equipos requeridos para realizar el proyecto completo.

En esta estructura de trabajo de los costes no siempre se asocia a los conceptos obra elementos de incertidumbre, riesgo y/o oportunidad. Cuando se toma en cuenta estos conceptos se identifican como eventos discretos (riesgos y/o oportunidades) que pueden cambiar la estimación de estos costes. Las incertidumbres normales en los conceptos de coste son modeladas por distribuciones continuas como el PERT o Triangular: con las limitantes que tiene el uso de estos elementos en la estimación del coste y su distribución.

Una vez que cada concepto de coste para el proyecto ha sido identificado, al igual que

algunos riesgos asociados e incertidumbres, se genera un modelo para estimar el costo total del proyecto.

Los resultados de una simulación del coste total del proyecto puede ser presentado en un sin número de formas. Un análisis del coste del proyecto será usualmente usado para producir números para el presupuesto y contingencia y, para su asignación en su caso al proceso de licitación.

Tanto el presupuesto y la contingencia son distribuidos sobre los conceptos del coste. Esta información ayudara al gerente del proyecto a cuidar el progreso del proyecto. Este procedimiento consiste en distribuir nuevamente el coste del presupuesto y la contingencia para que las líneas asociadas con cada concepto de coste tengan la misma probabilidad de ser excedida. Usando este procedimiento nos dará al concepto de coste una oportunidad similar de ingresar dentro de su línea de presupuesto o del (presupuesto + contingencia) y evadir a los controladores de algunos de los conceptos de coste que pudieran dificultar obtener las metas.

Para poder distribuir el presupuesto y contingencia sobre los conceptos de coste, cada concepto de coste tiene que ser señalado como resultado del modelo. Entonces, los costos generados por todos los artículos en cada línea serán sumados para dar un costo total del proyecto.

En estos escenarios se requiere;

- Determinación de la distribución de la variabilidad de datos
- Características de los Datos Observados.
- Errores-Sistemáticos y No Sistemáticos
- Tamaño de la muestra

¿El número de datos puntuales disponibles es suficiente para dar una buena idea de la verdadera variabilidad?

Análisis de riesgos cuantitativos, incertidumbre y variabilidad.

Los análisis de riesgos cuantitativos (ARC), generalmente utilizan la simulación Monte Carlo, que se centra en los escenarios y su variabilidad de acuerdo a las iteraciones es de los diversos escenarios No obstante, este método va un paso más adelante valorando la efectividad posible que cada variable pudiera tomar y valorando cada posible escenario por su probabilidad de su ocurrencia. Los ARC logran esto modelando cada variable dentro de un modelo de distribución de probabilidad.

La estructura de un modelo de ARC es muy similar a un modelo que se basa en las multiplicaciones, sumas, etc. Que unen a las variables, excepto que cada variable es representada por una función de distribución de probabilidad en vez de un solo valor.(Storch Garcia, 2008).

El objetivo de un modelo ARC es el de calcular el impacto combinado de la variabilidad

dentro de los parámetros del modelo para así determinar una distribución de probabilidad de los resultados posibles del modelo. En el que se consideran:

- SOLUCIONES EXACTAS ALGEBRAICAS
- VARIABILIDAD
- INCERTIDUMBRE
- INCERTIDUMBRE Y VARIABILIDAD
- TOTAL INCERTIDUMBRE
- PROBABILIDAD
- GRADO DE INCERTIDUMBRE
- FRECUENCIA

Esto se refleja en las simulaciones monte Carlo, esta técnica involucra la toma de muestras al azar por cada distribución de probabilidades dentro de un modelo para producir cientos hasta miles de escenarios (también llamados pruebas). Cada distribución de probabilidades se muestra de una manera que produce la forma de la distribución. La distribución de los valores calculados para el resultado del modelo por lo tanto refleja la probabilidad de los valores que pudieran ocurrir. La simulación Monte Carlo ofrece muchas ventajas sobre las otras técnicas presentadas.

- Las distribuciones de las variables del modelo no tienen que estar aproximadas de ninguna manera.
- La correlación y otras interdependencias puede ser modeladas.
- El nivel de matemáticas requerido para desempeñar una simulación Monte Carlo es bastante básico.
- La computadora y el software realiza todo el trabajo requerido para determinar el resultado de la distribución.
- El Software se encuentra comercialmente disponible para automatizar las labores involucradas para la simulación.
- Las matemáticas complejas pueden ser incluidas sin dificultad alguna.
- La simulación Monte Carlo está ampliamente reconocida como una técnica valida así que sus resultados son más probables que sean aceptados.
- El comportamiento del modelo puede ser investigado con gran facilidad.
- Los cambios hacia el modelo pueden ser hechos rápidamente y los resultados comparados con modelos previos.

La simulación Monte Carlo es frecuentemente criticada como una técnica de aproximación, no obstante, en teoría para un caso específico, cualquier nivel de precisión puede lograrse simplemente incrementando el número de alteraciones en una simulación.

Resultados del Análisis del Riesgo

Los resultados de un Análisis del Riesgo en los proyectos de construcción, se han de interpretar con cuidado antes de hacerse públicos, estos deben ser claros y útiles para su

entendimiento por las partes involucradas, con el fin de que se puedan adaptar a la problemática en cuestión.

Interpretar los resultados de un análisis de riesgo conlleva la necesidad de emitir un informe, que como lo menciona el Maestro Calavera J. (2003) en su libro sobre la redacción de informes técnicos, que los informes son un instrumento de gran fundamental para el entendimiento de las cuestiones técnicas, discusiones, negociaciones y toma de decisiones en la ingeniería. Los informes han de describir los puntos o actividades que llevaron a la realización de dicho informe, además se hará una descripción de las suposiciones (hipótesis) que generaron el modelo de análisis, esto para que la probabilidad de ser aceptado el informe en sus suposiciones y resultados por las partes responsables sea más alta. El informe se hará de tal forma que la comprensión no sea únicamente por lo escrito, sino también auxiliándonos de graficas en las que muestren los resultados. De igual forma debe ser claro en el informe cuales son los datos de entrada y los de salida y finalmente hacer mención de las herramientas (software) y equipos y técnicas utilizadas, así como las diversas opiniones al respecto de los resultados para su interpretación posterior por las partes involucradas.

Algunas apreciaciones al respecto de informes sobre riesgos elaborados en otras aéreas del conocimiento de la ingeniería por CIRIA, ASCE, PMI, cuerpos técnicos especializados, coinciden en sus reportes sobre:

- ✓ El manejo del riesgo y su impacto en el tiempo, los recursos, secuencias típicas y actividades
- ✓ La necesidad de implantar una supervisión sobre las acciones de respuesta.
- ✓ Los alcances de las partes implicadas y los recursos implicados para la respuesta.
- ✓ La forma de interpretar, presentar y comunicar los resultados del análisis del riesgo.

Existe un situación crítica entre las empresas de construcción que solicitan los servicios de analistas en manejo de software y técnicas de análisis de riesgos, y el momento en que se presentan los resultados a los encargados, directores y gestores de las obras o proyectos de construcción, debido a que estos últimos no fueron preparados en relación a los análisis del riesgo lo que en principio creara un desconcierto y diferencias de opinión al respecto de los resultados y la toma de decisiones, debido a que cuando una parte de los responsables del riesgo no comprenden o desconocen el modelo de análisis y el impacto de los resultados se puede asumir actitudes negativas al momento de poner en marcha las alternativas de respuesta.

Conclusión

Por los elementos de juicios presentados y la importancia del tema, los gerentes de proyectos de construcción deberían dedicar más recursos a la generación de un plan coherente para identificar y enfrentar adecuadamente los riesgos.

El proceso de globalización exigirá que las empresas constructoras creen ventajas competitivas en la realización de proyectos de Ingeniería Civil. Generar líneas de

investigación y redes de cuerpos académicos catedrático – alumnos que desarrollen la implementación de la metodología de la simulación, que sirvan para:

Análisis Financiero de los Proyectos, Análisis Económico del Escenario, Análisis de Sensibilidad y de Riesgo.

Referencias

[1] Muñoz Leiva F. “*Benchmarking y marketing estratégico de ciudades*”, Trabajo de investigación Programa de doctorado: “Técnicas avanzadas de planificación, gestión y control financiero y comercial” (2003)

Kolltveit B., Karlsen J., Gronhaug K., “*Perspectives on project management*” international journal of Project Management, Vol 25, No. (2007)

McCabe, Brenda “*Monte Carlo Simulation for Schedule Risks*” Department of Civil Engineering, University of Toronto, (2003)

S. Chick, P. J. Sánchez, D. Ferrin, and D. J. Morrice, eds. “2003 Winter Simulation Conference”

Eckhart Roger, “*Stan Ulam, John Von Neumann, and the Monte Carlo Method*” Los Alamos Science Special Issue (1987)

Calavera Ruiz José, “*Manual para la Redacción de Informes Técnicos en construcción*” (2003)

Hammersley, J. M.; Handscomb, “*Monte Carlo Methods*”. (1975)

Coss Bu, Raul, “*Simulación un enfoque práctico*” (2003).