

METODO PARA CALCULAR EL RETRASO DE LA CALENDARIZACION CONSIDERANDO LA PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD

García, F^(p), Rodríguez, F, Hruskovic, P.

Abstract

Despite the fact that it is one of the major causes of delay, there have been only a few studies that focus on converting lost productivity into delay duration carried out to date. Claims for productivity losses are generally the result of tension between the contractor and the owner. This tension arises due to the great difficulty involved in quantifying disruption effects.

Thus, to calculate accurately the delay duration, a logical method for analyzing schedule delay caused by lost productivity is necessary.

Therefore, in this study, we propose a method for analyzing construction schedule delay where this lost productivity is taken into consideration. This methodology was implemented on a case project to ascertain its practicability, and to decide whether it can be utilized in the case of a delay claim related to lost productivity. The significance of this paper is twofold. One is the method to convert the lost productivity into the delay duration, which can be applied to reasonable delay claim settlement. The other is the process to analyze the construction schedule delay considering lost productivity.

Keywords: claims, Delay time, productivity, databases, construction industry

Resumen

Las demandas para las pérdidas de productividad generalmente son el resultado de tensión entre el contratista y el dueño. Esta tensión surge debido a la gran dificultad involucrada cuantificando los efectos de la ruptura.

Así, calcular la duración de retraso con precisión, un método lógico por analizar retraso del programa causado por la productividad perdida es forzoso.

Por consiguiente, en este estudio, nosotros proponemos un método por analizar retraso de programa de construcción dónde esta pérdida de la productividad se tiene en cuenta. Esta metodología se llevó a cabo en un proyecto del caso para determinar su viabilidad, y para decidir si puede utilizarse en el caso de una demanda de retraso relacionado a la productividad perdida. La importancia de este papel es doble. Uno es el método para convertir la productividad perdida en la duración de retraso que puede aplicarse al pago de demanda de retraso razonable. El otro es el proceso para analizar el retraso de horario de construcción que considera la productividad perdida.

Palabras clave: Demanda; Tiempo de demora; productividad; bancos de datos; industria de la construcción

1. Introducción

La duración de un proyecto de construcción es un factor importante de representar al iniciar un contrato de construcción. Si un contratista trabaja bajo un parámetro proyectado, el será capaz de poder terminar dicho proyecto en el tiempo estimado. Sin embargo, comparado con otras industrias, es difícil de terminar un proyecto de construcción de los tantos en los

que se participan, ya que se dan muchas variables desconocidas, que interrumpen la planeación. Cuando aparecen dichas dificultades, la calendarización (o planeación) es atrasada, por ende ocurren las reclamaciones por retraso.

Retrasos en la conclusión pueden ser causados por el propietario, el contratista, o actos naturales (fuerza de la naturaleza), o terceros. Pueden ocurrir al comienzo o durante el proyecto, solos, o con otros retrasos. En cualquiera de los casos es benéfico, una buena negociación de los daños, a tiempo, para todas las partes [1]. Así mismo, la determinación del tiempo estimado es necesaria para el proyecto; sirve como base prorratear la responsabilidad por los retrasos existentes. Resulta una operación altamente compleja en casos recurrentes [2]. Afirmar la responsabilidad por retrasos en un proyecto, es crítico para la asignación de responsabilidad de tiempo–costos [3]. En lo que respecta, cuando un retraso ocurre, es muy importante asignar la responsabilidad y la magnitud del retraso. Sin embargo, existen muchas fuentes y causas de retrasos en la construcción y suele ser difícil analizar los reclamos. [4]. La pérdida de productividad es una de las más importantes causas de retraso sobre la mayoría de los demás retrasos que se presentan. Por lo tanto, calcular el efecto de la pérdida de productividad es un asunto complicado.

Sin embargo, según varios estudios han tratado directamente el tema de analizar el retraso y la pérdida de productividad [1], [3], [5], [6], [7], [8] y [9], pero se han concertado más en convertir la pérdida de productividad en costos. Sólo han sido algunos estudios los que se han conducido en concreto a crear métodos para convertir la pérdida de productividad en la duración del retraso.

2. Objetivo

El objetivo de este estudio es proponer un método práctico para convertir la pérdida de productividad en duración del retraso. Hay pocos tipos de productividad, por ejemplo: productividad laboral, productividad de la maquinaria, etc. Este estudio, está enfocado a la productividad laboral, porque representa o engloba todos los tipos de productividad. El efecto de la pérdida de productividad en la duración del retraso será calculado contra trabajos críticos, que se representan como una línea de la forma LOB Line of balance o línea de balance, de la calendarización del proyecto. El formato LOB de la calendarización del proyecto es práctica en el entendimiento de los cambios visuales de la productividad.

Método de retraso de calendarización considerando la pérdida de productividad, Revisión del método de retraso de calendarización considerando la pérdida de productividad.

Muchos estudios o metodología se enfocan a analizar cómo se ha reportado el retraso y la pérdida de productividad. El estado actual de los estudios para calcular el retraso relacionado a la pérdida de productividad pueden ser resumidos en los siguientes tres casos. (1) Se asume que el reclamo de la pérdida de productividad, es diferente del tipo de impacto de una reclamación por retraso. Los que reclaman usualmente confunden dos tipos de reclamos, por el impacto que ambos ocasionan simultáneamente [10]. (2) Los reclamos de pérdida de productividad son limitados para los estudios de convertir la pérdida de productividad a costos, tal como el método de costo total laboral, análisis de medición de millas, experta estimación, factores industriales, datos históricos de productividad, etc. [5] [9]. Por ejemplo, el análisis de medición de millas evalúa comparando la productividad durante un periodo de tiempo, donde no existe impacto contra la productividad durante un periodo de tiempo donde si tiene impacto. La cantidad de reclamos es la diferencia entre las dos productividades medidas multiplicadas por el costo asociado con la pérdida de productividad. Los daños causados por la pérdida de productividad son calculados restando el costo estimado del costo actual incurrido. Dado que los costos actuales incluyen el incremento del costo laboral de la pérdida de productividad, esto ocasiona que el efecto

acumulado de cambios está dirigido hacia la devastación del costo total. (3) Las causas de los retrasos son concebidas como actividades en la planeación de un proyecto, tales como el método de evaluación “what if” (que si) o la planeación “but-for” (pero-para que) [1], [3], [6], [7] y [8]. La planeación “but-for” resulta de retirar todos los retrasos causados por el dueño que afectan el patrón de construcción planeado y la fecha de terminación en la planeación “but-for”. Como resultado, un estudio relativo al método del cálculo del retraso de la planeación de la pérdida de productividad no es suficiente.

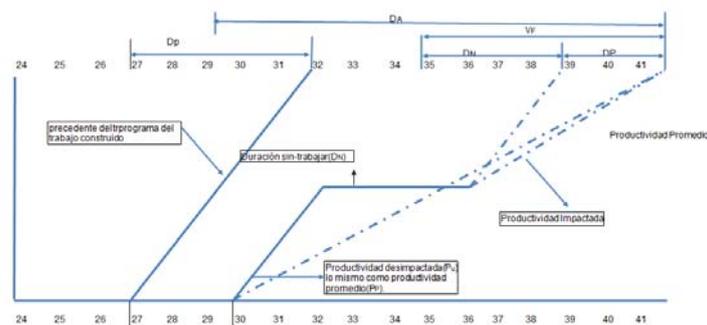


Figura 1 Pérdida de productividad

3. Conceptos Básicos para Considerar la Pérdida de Productividad

La productividad puede ser definida como la cantidad de trabajo producido por hombre-hora, maquinaria-hora, o quipo de trabajo-hora [6]. Como se muestra en la Figura 1, la pérdida de productividad o productividad perdida, se representa por la productividad que impacta por factores no esperados o factores de impacto. Por ejemplo, para un equipo de cinco trabajadores para hacer un muro cortina, instalando 34.65 m²/hr tiene una tasa de productividad de 6.93 m²/hombre-hora bajo circunstancias ideales, sin ningún otro factor afectando la construcción. Empero, si el trabajo se ve afectado por otro factor como un fenómeno climático no esperado, la productividad laboral caerá, y se requerirá de tiempo extra para que el trabajo impactado se vuelva trabajo des impactado.

Para introducir los conceptos básicos, con respecto al retraso y productividad, es necesario definir la terminología. Duración del trabajo planeado (DP) es la duración del trabajo con la productividad del trabajo planeada (PP) tal como se planificó. Duración actual de trabajo (DA) es el tiempo de duración del trabajo con el promedio de la productividad de la planeación estipulada (PA). La planeación como se estipuló, es ampliamente aceptada para determinar el impacto de los retrasos. Es básicamente, una comparación de lo que fue planeado, a lo que ocurre ya en la realización de la obra o el proyecto [11]. Varianza del tiempo de inicio (VS) es la diferencia entre el tiempo de inicio actual de trabajo, y el tiempo final del trabajo en procedimiento, como se estipuló en la planeación. Varianza del tiempo final del trabajo (VF) es la diferencia entre DA y DP y se compone de DN y DP.

Cuando se presentan los factores de pérdida de productividad, se puede medir dicha pérdida de productividad (PL) con la Ecuación (1), donde Pu y Pi denotan la productividad no impactada de la obra, y la productividad impactada de dicha obra, respectivamente. Si el proyecto está planeado correctamente, entonces el Pu será igual que el PP.

$$LP = P_u - P_i \quad (1)$$

La pérdida de productividad representa trabajo perdido, la cantidad de la cual puede ser completada sin la pérdida de productividad. La cantidad perdida de trabajo dada la pérdida

de productividad (QP_L) puede ser calculado por la siguiente ecuación, donde L_I denota el promedio diario de trabajo durante la duración del trabajo impactado (D_I)

$$QPL = (PU - P) \times LI \times DI \tag{2}$$

La pérdida de productividad también profundiza la duración perdida DPL, que por la oportunidad de duración puede trabajarse tanto como QPL con él LI y el PU. El DPL puede ser calculado por la siguiente ecuación. Todas Las variables en las ecuaciones de aquí en adelante se resumen en la notación.

$$DP_L = \frac{QP_L}{L_I P_U} = \frac{P_U - P_I * L_I * D_I}{L_I P_U} = D_I \left(1 - \frac{P_I}{P_U} \right) \tag{3}$$

Cuando el reclamo del contratista incluye el “ripple effect” o “efecto de ondulación”, esto es cuando una requisición por compensación de actividades cuya productividad sufrió indirectamente debido a alguna acción del dueño, la situación se complica aún más. El dueño usualmente es reacio, esta negado a hacer algo para aceptar la existencia del “efecto de ondulación”, ya que no es fácil de observarse el efecto, y se puede utilizar como una pantalla para cubrir la ineficiencia causada por el mal manejo del contratista [12]. Por ello, las características del factor de impacto deben ser asignadas al DPL.

La afectación de los factores de impacto DPL son clasificados de acuerdo a la independencia e impacto en el siguiente factor que ocurra. Un factor independiente significa que no tiene ningún efecto de duración de trabajos subsecuentes (ver Escenario 1 de la Figura 2). Un factor de impacto significa que tendrá efectos adversos en la duración de trabajos subsecuentes; esto cuando el siguiente factor de impacto ocurra previo al que “efecto ondulatorio” hay concluido.

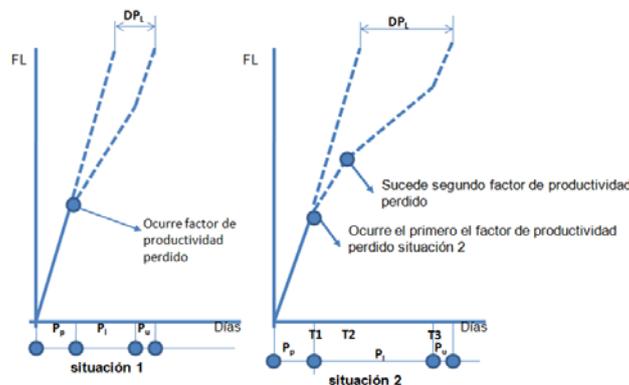


Figura 2 Características de los factores que ocasionan la pérdida de productividad

Como se muestra en la Figura 3, si el $PL(i-1)(Fj-1)$ es afectado por Fj , la pérdida de productividad consistirá del $PL(i-1)(Fj-1)\alpha$, el nuevo $PLi(Fj)$, y la intersección del $PL(i-1)(Fj)$ y del $PLi(Fj)$, o el $PL(i-1)(Fj-1)$, donde $PLi(Fj)$ denota la parte de la productividad debido al factor. Usualmente el $PL(i-1)(Fj)$ no es igual al $PL(i-1)(Fj-1)$ porque $PL(i-1)(Fj-1)$ podría naturalmente cambiar durante el tiempo debido al modo de curva de aprendizaje. Por lo tanto, el $PL(i-1)(Fj)$, que es $PL(i-1)(Fj-1)$ afectado por Fj , puede escribirse como $PL(i-1)(Fj-1)$. El signo α se define como (radio propio) la relación propia en la que $PL(i-1)(Fj-1)$ se cambiará naturalmente del punto inicial de $Fj-1$ al punto inicial de Fj sin el Fj . El β es definido para explicar la intersección del impacto del radio, la extensión de $PL(i-1)(Fj-1)$ afecta a $PLi(Fj)$.

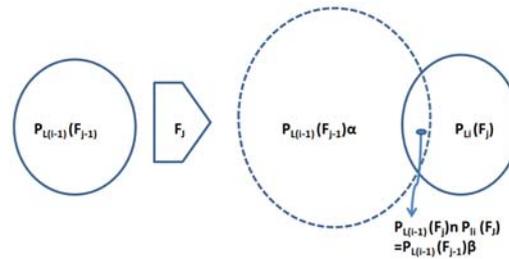


Figura 3 Procedimiento para el Análisis de Retrasos Planeados (o Planificados)

Un método común para calcular un retraso planeado, es comparando como se planifico contra como se construyó, preparado por un método de ruta crítica (CPM por sus siglas en inglés) [1] y [4]. Los trabajos críticos de la planeación de cómo se construyó, en última instancia impactan la duración del retraso. Los trabajos críticos, pueden ser clasificados en dos tipos. El primero es el trabajo que impactan en la fecha de terminación del proyecto, y el segundo, es el que no tiene impacto en la fecha de terminación. Por lo tanto es necesario analizar que trabajo tiene influencia en la fecha de terminación, y determinar qué grado de impacto tiene. En otras palabras, es necesario examinar cuales son las causas, para determinar quién es responsable por el retraso del trabajo. De esta manera se podrá calcular el impacto. El análisis del tiempo del retraso puede llevarse a cabo en el procedimiento representado en la Figura 4.

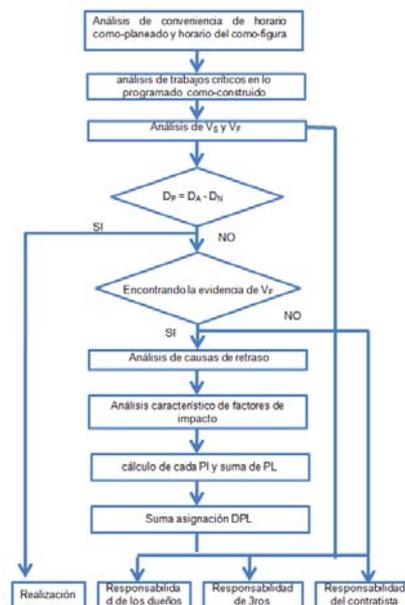


Figura 4 procedimientos del cálculo para retrasos en la planeación

1. Análisis correctivo de lo que se planeo y de los que se construyó. En ésta fase, la corrección es analizada para verificar lo razonable de cómo se planeo el proyecto y como DP considera el promedio de la productividad laboral, la correcta designación de recursos, materiales, suplemento de materiales, clima, desempeño laboral, y así sucesivamente. Después de verificar que lo planeado y el DP son razonables, el cómo se construyó y el Da son examinados basados en la evidencia (por ejemplo, planeación del trabajo detallado, actualización de la calendarización, reportes diarios, correspondencia, descripción del retraso, etc.). La calendarización de cómo se construyó refleja el progreso actual de eventos que ocurrieron durante la realización del proyecto. Como resultado, la calendarización de cómo se construyó debe

realizarse, cuidadosamente estudiando los reportes y documentos del proyecto [4] y basado en evidencia puede ser justificado si la calendarización de cómo se construyó y DA. fueron apropiados.

2. Análisis de trabajos críticos en la calendarización de cómo se construyó. Un proyecto de construcción normalmente se lleva a cabo a un ritmo que usualmente es diferente que la calendarización de cómo se planeó. La exigencia de actividades individuales, en la red de CPM, cambia debido a retrasos y aceleraciones de la construcción [2] y [13]. El retraso de un proyecto es el efecto acumulado de retrasos en actividades individuales [2]. Esto se debe al retraso de trabajo crítico en la calendarización de cómo se construyó, al final afecta la fecha terminal del proyecto. El retraso dentro del trabajo crítico debe ser registrado y analizado en la calendarización de cómo se construyó. Es muy importante el saber que trabajo de todos, influye en el retraso del proyecto. El alcance de su impacto, en el retraso del proyecto debe de ser analizado exhaustivamente para considerar las características del proyecto, el campo del medio ambiente, las características del impacto del trabajo, la extensión completa, y así sucesivamente.
3. Análisis de VS y VF. A través de una comparación de trabajo crítico en la calendarización de cómo se construyó y los trabajos en la calendarización de cómo se planeó, VS y VF. se pueden calcular. Después de calcular VS y VF, las causas o factores de impacto deben encontrarse y analizarlas para investigar la evidencia.
4. Encontrando la evidencia de VF. Ya que el que se quejó ha sido convencido de que la construcción puede llevarse a cabo, según la calendarización de cómo se planeó y de que la calendarización de cómo se planeó es suficiente para encontrar las limitaciones secuenciales, entonces el de la queja cuestionará porque el trabajo se retrasó. Una queja en la construcción, es una afirmación y una demanda por compensación de evidencia producida y argumentada, ya predeterminada por una de las partes en el proyecto [14]. Así que, el DN del VF puede ser encontrado y asignado al dueño, el contratista, o a terceros de acuerdo a su responsabilidad. Si un DA excluye al DN es igual que al DP, el cálculo del retraso esta completo. En este caso, la productividad actual del trabajo es consistente con el PP. Sin embargo, si el DA no es igual al DP, el proceso de cálculo pasa a la siguiente fase. Si el contratista del proyecto no tiene evidencia comprobada el PL, el proceso de cálculo deberá detenerse. En otros trabajos, si ϵ no está verificado, entonces ϵ es la responsabilidad de contratista, (Ver Ecuación 6).
5. Análisis de causas de retraso. Después de la evidencia del VF es confirmada, los factores del impacto pueden ser analizados por medio de la comparación del DA y el DP. El contratista puede concluir la cantidad de trabajo planeada (QP) con el trabajo diario que no impacta (LU) y el PU entre la duración (DC). Esto puede ser calculado por la siguiente ecuación, donde QU denota la cantidad trabajada en las condiciones normales y realistas de una duración de trabajo no impactado (o afectado) (DU), y QI denota la cantidad trabajada en la duración del trabajo impactado (afectado) (DI).

$$D_C = \frac{Q_P}{L_U P_U} = \frac{Q_U + Q_I}{L_U P_U} \quad (4)$$

El Tiempo es la esencia en un contrato de construcción. Usualmente, se determina un periodo de tiempo al definir la duración de la construcción. El contratista está obligado bajo el contrato de realizar la terminación completa dentro del periodo especificado (Shi et al. 2001).

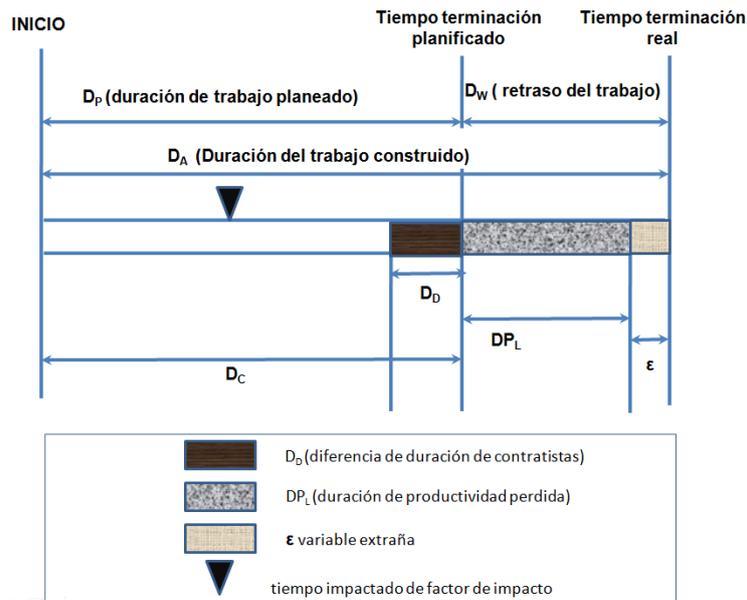


Figura 5. DW incluyendo DD Y DPL

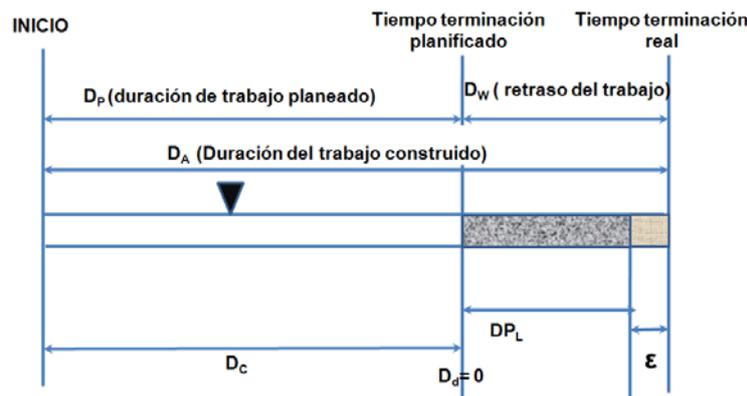


Figura 6 DW Incluyendo solo DPL

Por ende, las diferencias del contratista (DD) entre D_C Y D_P es un error hecho por el contratista como un resultado del mal cálculo del tiempo de duración planeado de la construcción. DD puede ser calculado de por la siguiente ecuación:

$$D_D = D_C - D_P = \frac{Q_P}{L_U P_U} - D_P \quad (5)$$

El retraso en el trabajo (D_w) consiste en D_D y D_{P_L} son variables independientes y es una variable externa (ajena) que cuenta para cualquier retraso aparte de D_C y D_P .

$$DW = DD + D_{P_L} + \epsilon \quad (6)$$

El concepto de DW está clasificado en tres casos: DW incluyendo DD y DPL, DW incluyendo solo DPL, DW incluyendo DPL menos DD.

1. DW incluye DD y DPL. DW incluye todo el DD y el DPL durante la duración del trabajo impactado (afectado) como se muestra en la Figura 5. Cuando DD es mayor a cero, como se muestra en la siguiente ecuación, el retraso es causado por el error

del contratista, como la asignación de poco trabajo y productividad a comparación de cómo se planifico. En este caso, el contratista no puede ser compensado, o deberá compensar al dueño por el daño causado.

$$D_D = D_C - D_P > 0 \tag{7}$$

2. DW incluyendo solo DPL. El DW incluye solo el DPL en caso donde DA del cómo se planifico construir es igual al DP de cómo se planificó construir como se muestra en la Figura 6. Cuando DD es cero, como se muestra en la ecuación, el retraso es causado solo por PL. Como PP es igual al PA, el contratista no deberá ser considerado responsable del retraso.

$$DD = DC - DP = 0 \tag{8}$$

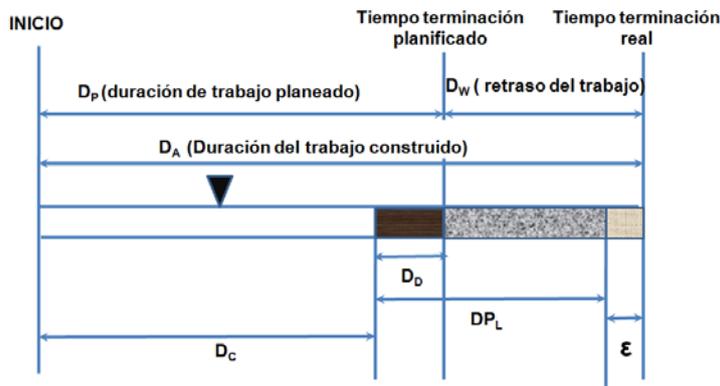


Figura 7 DW Incluyendo DPL menos DD

3. DW incluyendo DPL menos D_D . Cuando DD es menor a cero, como se muestra en la ecuación (9), DW calculado por solo DPL. Si no fuera por el DPL, el trabajo actual podría concluirse antes que el DP, como se ha demostrado en la figura 7 si el DC es menor que él, DP la obra se podría ver acelerado o el uso de más mano de obra, de cómo se había planeado. Sin embargo dicho esfuerzo no se podrá considerar compensatoria para el retraso.

		Tiempo	
		Igual	Diferente
Espacio	Igual	Impacto integrado	Impacto combinado (Impacto integró + solo impacto)
	Diferente	Impacto combinado (Impacto integró+ solo impacto)	Impacto sencillo

Figura 8 Impacto integrado, independiente y combinado

$$D_D = D_C - D_P < 0 \tag{9}$$

4. Asignación de la duración de la pérdida de productividad y el Cálculo de la Pérdida de Productividad

Después de que sea verificado el DPL, debe ser analizado para asignarlo al origen de los factores que lo impactaron. La responsabilidad por retraso puede recaer en el propietario, el contratista, o terceros. La liquidación o compensación por daños puede ser determinada por la proporción de la extensión del impacto: radio propio (α) y el radio de impacto (β). Los factores de impacto con α y los factores de impacto con β pueden afectar la productividad de forma integrada, individual o combinada, de acuerdo a la matriz 2 X 2 del tiempo-espacio (Figura. 8).

Cuando los factores de impacto afectan la productividad laboral al mismo tiempo y espacio, la extensión del impacto integrado representa la extensión a la que los impactos en proceso afectan equitativamente la productividad consecuente. El factor del impacto integrado es análogo a las características de retrasos concurrentes. Los retrasos concurrentes son usados para describir dos o más retrasos que ocurren al mismo tiempo por una o más partes [4][15][16]. Por ejemplo, Cuando el cambio de diseño de una pared de cortina de la entrada principal y el material también cambia entonces se produce un retraso en el trabajo causado por el propietario, basando esto en que el mismo propietario fue el que tomó dicha decisión. En este caso, la pérdida de productividad causada por los cambios del diseño y los elementos del material, ocurrieron integralmente de acuerdo a los factores de impacto integrados.

Cuando se dan los factores de impacto y estos afectan la productividad laboral en tiempo y espacio diferente, la extensión del impacto de cada uno de ellos, representa la extensión en que los factores de impacto proceden con efectos diferentes en la productividad del trabajo subsecuente. Por ejemplo, cuando se da un cambio en la orden, contemplando el trabajo requerido para la pared del quinto piso, esto ocasionará un retraso en el trabajo. Entonces, varios días después de las órdenes cambiadas, la pared del séptimo piso estará retrasada por un malfuncionamiento de la góndola. En este caso, la pérdida de productividad es causada por impactos individuales y distintos siendo su origen en el cambio de la orden y el malfuncionamiento de la maquinaria.

El impacto combinado considera el impacto integrado y el impacto individual. Por ejemplo, si una semana después al cambio de diseño y de los elementos del material se dieron en la entrada principal, al mismo tiempo y espacio (factores de impacto integrado), y además se dio una mala función de la maquinaria (factor de impacto individual), la pérdida de la productividad deberá ser calculada tomando en cuenta ambos factores.

Suma del PL (SPL)

Después de analizar las características de los factores de impacto por medio de la matriz 2 X 2, la suma del PL(SPL) puede ser cuantificada de acuerdo a las características de los factores de impacto. Los cambios en PLi de acuerdo a las características de los factores de impacto de Fj a Fn. El SPLde Fi a Fn se puede escribir en la siguiente ecuación:

$$SP_{l(n-1)}(F_{n-1}, F_n) = \sum_{i=n-1}^n P_{l(n-1)}(F_i) \quad (10)$$

5. Asignación de Sumas de DPL

Esencialmente las distinciones de los retrasos con justificación o sin justificación se realizan analizando los retrasos existentes. Los retrasos con justificación y compensables son debidos a algunas acciones u omisiones del propietario, por ejemplo, falta de acceso a la zona, o atraso en la entrega de materiales o maquinaria.

En dichos casos, el contratista tendría derecho a una indemnización de los gastos efectuados a menos que exista una cláusula de un contrato de restricción de esa recuperación. Los retrasos justificados y no compensables son aquellos en los que nadie tiene la culpa, tal como: actos de Dios, epidemias, etc., como se estipula en la cláusula del contrato. El único remedio para dichos retrasos, es una extensión de tiempo. Retrasos no justificables, son aquellos realizados por el contratista. Esto puede incluir fallas en la coordinación de la construcción, insuficientes trabajadores en la obra, atraso en la entrega de maquinaria por el contratista, baja productividad, trabajo deficiente que debe ser corregido, etc. Dichos retrasos pueden ser compensados al propietario por medio de liquidez o en los daños actuales [16].

Después de calcular el PL de cada uno de los factores de impacto y del SPL. La responsabilidad del SPL puede asignarse al propietario, el contratista o a terceras partes, basándose en la causa. La suma del DPL se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$SPD_{L_i} (F_j) = \frac{SP_{L_i} (F_j) \times L_i \times D_i}{L_i P_u} \quad (11)$$

6. Conclusiones

El análisis de retrasos que ocurren en el proceso de construcción y la designación de las responsabilidades siempre implican diferencias de opinión en la causa del retraso y como se contabilizará. En particular, cuando los retrasos son causados por la pérdida de productividad están involucrados, el análisis se vuelve más complicado. Existen varias razones que contribuyen al retraso de un proyecto. Hay muchos estudios o metodologías para analizar el retraso que se han enfocado a las razones presentadas en este documento. Las causas para un retraso son usualmente concebidas de actividades en la programación de un proyecto y el impacto en las actividades son analizadas sin considerar la productividad impactada. Sin embargo, si algunas variables impactan la siguiente secuencia del trabajo en el proyecto de construcción, el trabajo impactado podría convertirse en pérdida de productividad laboral. Tan sólo unos cuantos estudios han reportado la conversión de pérdida de productividad en retraso, este documento presenta un método para calcular retrasos programados considerando la pérdida de productividad en un intento por resolver las demandas sin llegar al litigio.

1. La metodología introduce varios conceptos con respecto al retraso y la productividad, tales como trabajo planeado, duración actual de trabajo, factores de impacto, pérdida de productividad, duración de la pérdida de productividad, hora de inicio diferenciada, varianza en la fecha de terminación, etc.
2. Basados en dichos conceptos, un proceso de análisis de retrasos y las ecuaciones para los cálculos de los valores requeridos son diseñados con el objetivo de analizar con mayor precisión.

También debemos concluir que una base de datos propiamente diseñada puede ayudar en la acumulación de datos estadísticos del mismo ratio (α) y del impacto del ratio (β), y contribuye a la aplicación de la metodología propuesta. Como resultado, futuras investigaciones en la utilización de dicha base de datos se llevarán a cabo en el futuro.

Referencias

- [1]. Bubshait, A. A., and Cunningham, M. J. (1998). "Comparison of delay analysis methodologies." *J. Constr. Eng. Manage.*, 124(4), 315–322.
- [2]. Shi, J. J., Cheung, S. O., and Arditi, D. (2001). "Construction delay computation method." *J. Constr. Eng. Manage.*, 127(1), 60–65.
- [3]. Al-Saggaf, H. A. (1998). "The five commandments of construction project delay analysis." *Cost Eng.*, 40(4), 37–41.
- [4]. Kraiem, Z. M., and Diekmann, J. E. (1987). "Concurrent delays in construction projects." *J. Constr. Eng. Manage.*, 113(4), 591–602.
- [5]. Kallo, G. G. (1996). "Estimating loss of productivity claims." *J. Manage. Eng.*, 12(6), 13–15.
- [6]. Finke, M. R. (1998). "A better way to estimate and mitigate disruption." *J. Constr. Eng. Manage.*, 124(6), 490–497.
- [7]. Finke, M. R. (1999). "Window analysis of compensable delays." *J. Constr. Eng. Manage.*, 125(2), 96–100.
- [8]. Kartam, S. (1999). "Generic methodology for analysing delay claims." *J. Constr. Eng. Manage.*, 125(6), 409–419.
- [9]. Reichard, D. D., and Norwood, C. L. (2001). "Analyzing the cumulative impact of changes." *AACE International Transactions*, AACE International.
- [10]. Bramble, B. B., D'Onfrio, M. F., and Stetson, J. B. (1990). *Avoiding & resolving construction claims.*, R.S.Means Company.
- [11]. Bramble, B. B., and Callahan, M. T. (1992). *Construction delay claims*, 2nd Ed., Wiley, New York.
- [12]. Abdul-Malak, M. A., Ei-Saadi, M. H., and Abou-Zeid, M. (2002). "Process model for administrating construction claims." *J. Manage. Eng.*, 18(2), 84–94.
- [13]. Arditi, D., and Robinson, M. A. (1995). "Concurrent delays in construction litigation." *Cost Eng.*, 37(7), 20–30.
- [14]. Kululanga, G. G., Kuotcha, W., McCaffer, and Edum-Fotwe, F. (2001). "Construction contractors' claim process framework." *J. Constr. Eng. Manage.*, 127(4), 309–314.
- [15]. Richter, I. E. (1983). *International construction claims: Avoiding & resolving disputes*, McGraw-Hill, New York.
- [16]. Rubin, R., Fairweather, V., Guy, S., and Maevis, A. (1992). *Construction claims prevention and resolution*, 2nd Ed., Van Nostrand-Reinhold, New York.

Correspondencia

Jesús Fernando García Arvizu
Teléfono de contacto: +52 (662) 2185257
E-mail de contacto: fergarcia@pitic.uson.mx
Institución: Universidad de Sonora