

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA CIVIL

DISERTACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

"ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN."

AUTORA:

PAMELA MISHELL CRIOLLO MARCILLO

QUITO –ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico principalmente a Dios y a la Virgen del Quinche por siempre cuidarme y darme la sabiduría necesaria para afrontar todo tipo de situaciones y dificultades en mi vida. A mi madre, que es el ángel que Dios me ha regalado, incondicional en cada etapa de mi vida y por ser la persona que siempre me ha dado su amor y protección. A mi padre por brindarme un apoyo constante a lo largo de mi vida y sabios consejos que han hecho de mí la mujer que soy.

RESUMEN

El objetivo de esta disertación es realizar un análisis del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción que mostrará organizadamente los avances del tema en una forma coherente y entendible, para que posteriormente sea realizada una investigación más profunda que recoja todos los aspectos que se presentan en esta disertación. Este trabajo presenta los resultados, metodologías, conclusiones y recomendaciones obtenidas de varias investigaciones creadas a partir del año 2010 a nivel mundial, para lo cual se contó con una amplia lectura crítica y traducción de varios avances científicos.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to perform an analysis of the state of the art of labor productivity in the construction area which will show the advances of the subject in a coherent and understandable way, in order to make a deeper investigation which gathers all the aspects that are presented in this dissertation being carried out later. This study shows the results, methodologies, conclusions and recommendations obtained from several researches created since 2010 worldwide, which needed a wide critical reading and translation of several scientific advances.

Contenido

CAPÍTULO I: Introducción 1
1.1 Tema o título 1
1.2 Justificación 1
1.3 Objetivos 1
1.3.1 Objetivo General 1
1.3.2 Objetivos Específicos 1
1.4 Alcance 2
1.4.1 Alcance exploratorio 2
1.4.2 Alcance descriptivo 2
CAPÍTULO II: Relación entre el estado del arte y el avance científico 3
2.1 Definición del estado del arte 3
2.2 El papel de la hermenéutica en el estado del arte 4
2.3 Objetivos que pretende el estado del arte 4
2.4 Usos y Aplicaciones del Estado del Arte 5
2.5 Metodología del Estado del Arte 5
2.6 Conclusiones acerca del Estado del Arte 6
CAPÍTULO III: Metodología para describir el estado del arte 7
CAPÍTULO IV: Resultados 7
4.1 Conclusiones 7
4.2 Recomendaciones 19
BIBLIOGRAFÍA 21
ANEXOS 26

CAPÍTULO I: Introducción

1.1 Tema o título

Análisis del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción.

1.2 Justificación

Se plantea este tema de disertación de grado para que por medio de las investigaciones ya existentes y actualizadas se pueda producir un acercamiento formal del investigador al tema de interés "Productividad de la mano de obra en el sector de la construcción".

Y así de esta manera el investigador pueda llegar a ser un experto en el tema y logre definir, mejorar y enfocar sus ideas desde la perspectiva que a él le interesa.

El análisis del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción permite determinar hasta dónde ha avanzado la investigación y conocer lo último que se ha elaborado respecto a este tema y da paso a un inicio de investigaciones que se convertirá en un intercambio de información futura.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar un documento donde se describa las investigaciones más relevantes y actuales que se han realizado sobre la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Dar a conocer mediante un texto académico que contenga metódicamente los avances dados desde el 2010 del tema productividad de la mano de obra en el sector de la construcción, para que así se pueda seleccionar la perspectiva principal con la que va a trabajar un investigador en el futuro y este consiga una relación académica con otros autores que están haciendo investigación sobre el tema.

- Recopilar información que pueda demostrar la utilidad de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción de la construcción.
- Identificar y analizar los factores más significativos que afectan la productividad de la mano de obra de construcción como herramientas de diagnóstico para su mejoramiento.
- Evaluar la situación actual de los países en cuanto a la productividad de mano obra en el sector de la construcción.

1.4 Alcance

1.4.1 Alcance exploratorio

El alcance de la disertación se define a una investigación relevante en análisis del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción donde se presentará los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas de varias investigaciones creadas a partir del año 2010, para lo cual se contará con un amplia lectura crítica y traducción de varios avances científicos.

Para que con esto el investigador pueda contar con una idea clara del proyecto y tener en claro hasta dónde, ha llegado el desarrollo del tema en el mundo.

1.4.2 Alcance descriptivo

Esta disertación presentará una recopilación del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción donde se empezará por realizar la búsqueda, selección, organización y disposición de fuentes de investigación de manera nacional e internacional, la lectura comprensiva es una herramienta clave para generar un producto investigativo de calidad.

Con esta disertación se llegará a identificar el estado de desarrollado más avanzado de investigaciones dadas sobre la productividad de la mano de obra en la construcción con un resumen que mostrará organizadamente los avances del tema en una forma coherente y entendible. Permitiendo determinar la manera como ha sido estudiado el tema en diferentes países y finalmente cómo se encuentra el avance de su conocimiento para el desarrollo de la temática en el futuro.

CAPÍTULO II: Relación entre el estado del arte y el avance científico

2.1 Definición del estado del arte

Para lograr una comprensión amplia de la definición del estado del arte se llevó a cabo una recopilación de varias definiciones dadas por reconocidos autores involucrados en el tema de la investigación. Unda (2014) plantea en su libro:

Un estado del arte o Estado de la Cuestión es un proceso de exploración, rastreo exhaustivo, análisis selectivo y producción de información y conocimientos específicos sobre un campo o problema determinado. Ayuda a determinar el alcance y la profundidad de la información y los conocimientos producidos, los antecedentes y la actualidad de la documentación, los enfoques conceptuales, teóricos y metodológicos utilizados, las cuestiones que han sido problematizadas, el tipo de documentación (autorías, características y contenidos) y las instituciones que forman parte del campo-objeto estudiado. Permite conocer la masa crítica existente sobre los distintos aspectos de un tema. (p.14). Por otra parte Galeano y Vélez (2002) afirman que el estado del arte "es una investigación documental sobre la cual se recupera y trasciende reflexivamente el conocimiento acumulado sobre determinado objeto de estudio" (p. 1).

Hoyos Botero (2000) puntualizan que el estado del arte es "dar cuenta de construcciones de sentido sobre datos que apoyan un diagnóstico y un pronóstico en relación con el material documental sometido a análisis" (p. 57). Considerando el estado del arte como un estudio más a fondo del tema analizado y como resultado se pueda obtener una explicación más novedosa sobre el tema tratado. A su vez, Jiménez (2009) plantea que el Estado del arte se define como:

La capacidad del individuo para la delimitación de problemas, la búsqueda y desarrollo de herramientas teóricas y metodológicas, la organización, el cuidado y los controles que han de tenerse en el proceso, la reformulación ante lo imprevisto, la priorización y el procesamiento de la información, la señalización de los límites y los alcances de lo obtenido, la inferencia de los usos deseables y posibles de los resultados, la apertura de la información y confrontación de lo investigado, el establecimiento de nuevas hipótesis y la necesidad de realizar nuevos trabajos complementarios. (p. 147)

El estado del arte se ha definido de diversas formas, y se han identificado tres tendencias, ellas son: recuperar para describir, comprender y recuperar para trascender reflexivamente. El enfoque que busca recuperar para describir pretende lograr balances e inventarios bibliográficos para dar cuenta del estado de conocimiento actual sobre un concepto. Realizar una larga lectura y su resultado final es la creación de una bibliografía organizada con descripción detallada. Desde esta mirada el estado del arte es un "tipo de evaluación descriptiva; evaluación seria, sistematizada y consistente.

(Gómez, Galeano y Jaramillo Muñoz, 2015, p.423)

2.2 El papel de la hermenéutica en el estado del arte

Para la etapa analítica e interpretativa se requiere disponer del cuadro general configurado en la etapa heurística, a partir de los resúmenes de los textos estudiados y consignados en las fichas. El análisis debe priorizar las relaciones entre los aspectos tratados en las diferentes fuentes trabajadas y proveer de una aproximación comparativa entre los distintos documentos analizados por eje.

(Unda, 2014, p.16)

2.3 Objetivos que pretende el estado del arte

El objetivo principal que persigue la elaboración de un Estado del Arte es contribuir para asegurar la calidad y pertinencia de los procesos investigativos. Adicionalmente, un Estado del Arte debe proveer información útil para diversos usos y fines, entre los cuales está la visualización sistemática de campos, subcampos, temas, contenidos, problemas, disciplinas, autores, instituciones, organizaciones, financistas y contextos. Todo esto pudiera devenir en análisis comparativos y valorativos, que contribuyan en la toma de decisiones en los campos de las políticas públicas y modelos de intervención institucional. Un Estado del Arte representa la base fundamental de trabajo académico y garantiza la pertinencia de los procesos de producción de conocimiento.

(Unda, 2014, p.15)

Para lograr entender el porqué se elabora un Estado del arte. Unda afirma:

Un Estado se elabora porque existe la necesidad de identificar, organizar, sistematizar y analizar la información producida sobre un tema específico. Esta necesidad se expresa en una

triple articulación: académico- científico, social e institucional. En el ámbito académico, Estado del Arte pone en evidencia la masa crítica existente sobre un tema, a partir de la cual los espacios académicos decidirán emprender o afianzar sus programas formativos y docentes, de la investigación y de vinculación con la colectividad. Respecto a la segunda articulación, un Estado del Arte es, fundamentalmente, una producción social que se relaciona con un contexto específico y requiere ser devuelta a la sociedad para la difusión de sus posibles usos y aplicaciones. (pp. 14-15)

2.4 Usos y Aplicaciones del Estado del Arte

Los usos de la información resultante en la elaboración de un Estado del Arte son múltiples y se caracterizan por sus enormes posibilidades para aplicarlos. Los resultados se presentan en distintos niveles (clasificación, organización, sistematización, estadístico, análisis) y según distintos criterios y atributos de las fuentes estudiadas (tipo de fuente, temporalidad, autoría, temática, enfoque disciplinar, tipo de sujeto u objeto estudiado). Estos sirven a una diversidad de instituciones, organizaciones y a quienes, debido a sus funciones y responsabilidades, requieren de información fiable, sistematizada y analizada para distintos fines. En el segmento académico, los usos y aplicaciones del estudio se orientan hacia el diseño y ejecución de programas de investigación, docencia y vinculación con la colectividad en distintos campos y subcampos del conocimiento. Estos sirven para determinar qué se investiga, dónde, cuándo y con quiénes. De esta manera, se definen grupos de investigación, asentados sobra la base de datos e informaciones que ofrecen mayores garantías de institucionalidad y, por consiguiente, de sostenibilidad.

(Unda, 2014, p.17)

2.5 Metodología del Estado del Arte

En primera instancia se realizará un estudio profundo acerca de que es un estado del arte, cómo se encuentra conformado y cómo elaborarlo para facilitar el trabajo a futuro.

Se identificará una serie de “PALABRAS CLAVES” de búsqueda ya que son conceptos particulares de la investigación que ayudarán a una más rápida y eficiente exploración de investigaciones que tengan origen en el 2010, estos artículos o investigaciones deben provenir de sitios científicos para poder recoger información valiosa. Las páginas más concurridas

serán: sciencedirect.com o web of science.

Se realizará un estudio y lectura crítica de cada artículo ya que la comprensión del mismo es valiosa para esta disertación y se procederá a completar una ficha de organización de la información donde se encontrará una síntesis de cada artículo leído con interés, los artículos serán buscados no solo de una manera local sino global y se realizará una clasificación respectiva de su país de origen donde se permita al investigador tener una idea clara, legible y directa de cada investigación existente.

FICHA DE ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

CÓDIGO	
TÍTULO	
AUTORES	
IDEA PRINCIPAL	
OBJETIVOS	
METODOLOGÍA	
RESULTADOS	
CONCLUSIONES	

Finalmente, se clasificará a cada ficha por su país de origen y se detonará al autor más relevante, los resultados obtenidos durante toda la investigación serán presentados en las conclusiones de este trabajo y posteriormente entregados al Ingeniero Fredi Paredes y la Ingeniera Suyana Arcos que le darán un mayor uso a esta disertación en el futuro.

2.6 Conclusiones acerca del Estado del Arte

Finalmente Gómez et al., (2015) concluyen:

Que teniendo en cuenta la multiplicidad de definiciones alrededor del concepto de estado del arte, las categorías que permiten definirlo y delimitarlo y el creciente uso de este como una metodología, se propone una forma de hacer estado del arte, que si bien puede ser flexible ante

las posibles circunstancias de la investigación, siga una misma lógica: útil, rigurosa y práctica, que sirva de guía a futuras investigaciones de este corte. Es útil porque si el fin último es la descripción, la comprensión o la creación de marcos teóricos, esta metodología del estado del arte ofrece técnicas y herramientas para lograr cada una de ellas. Esto la hace flexible a las necesidades de los investigadores y les permite abarcar los posibles deseos y contingencias con los que se encuentren en el proceso de investigación. Es rigurosa ya que sus técnicas y herramientas, siendo cualitativas, siguen unos parámetros de sistematización y plan de análisis previamente delimitados. Además, siempre deja registro de cada paso dado, de manera que la comunidad científica pueda convertirse en garante de rigor sobre el proceso metodológico. El investigador será evaluado no sólo por sus resultados sino también por la lógica detrás de sus procesos y decisiones metodológicas. Y Es práctica, sobre todo por sus herramientas, en una investigación donde se leerá gran cantidad de textos y es esencial encontrar una forma de extraer de manera ordenada la información, inicialmente dispersa, para su futuro abordaje y comparación. (p.435)

CAPÍTULO III: Metodología para describir el estado del arte

Este capítulo desarrollado se encuentra en los ANEXOS.

CAPÍTULO IV: Resultados

4.1 Conclusiones

En esta disertación se encontró que en el tema de productividad de la mano de obra, entre los autores más relevantes están Abdulaziz M. Jarkas (Licenciatura en Ciencias en Ingeniería Civil, Maestría en Ingeniería Civil, Doctor en Filosofía (Ph.D.), Ingeniería Civil, Ingeniería de la Construcción y Gestión) y Paul M. Goodrum (Licenciatura en Ciencias en Ingeniería Civil, Maestría en Ingeniería Civil y Ph.D, Ingeniería Civil). A nivel internacional, actualmente Corea del Sur es el país que cuenta con más investigaciones realizadas en este tema. De la revisión efectuada entre los temas más estudiados se encuentran los factores que afectan la productividad laboral y las métricas de la productividad de la mano de obra.

La industria de la construcción tiene una participación significativa en el producto interno bruto (PIB) y tiene un papel crucial en el crecimiento económico de los países. Por lo tanto,

cualquier mejora en el desempeño en esta industria mejora el crecimiento económico tanto en países subdesarrollados como en países desarrollados.

En un entorno de construcción competitivo, la disminución de los costos en los intentos de aumentar la competitividad en el mercado y las ganancias es un objetivo común entre todas las empresas constructoras. De todos los factores que influyen en las ganancias del proyecto, los costos de la mano de obra se encuentran entre los más influyentes. (Thomas y Mathews 1986, O'Brien and Associates, Inc. 2008).

La productividad en la construcción se ha convertido en una palabra de moda y uno de los temas más frecuentemente estudiados e investigados ya que para garantizar una viabilidad a largo plazo de una empresa y reducir los costos en sus proyectos, es importante identificar las áreas de alta y baja productividad. Es por ello que la métrica más utilizada para medir y definir la productividad en la industria de la construcción es la productividad de la mano de obra. A pesar de los muchos adelantos tecnológicos, la construcción sigue siendo una industria intensiva en mano de obra por naturaleza, en la mayoría de países los costos relacionados con el trabajo laboral a menudo representan el 30 al 60% de los costos totales de un proyecto de construcción, según el tipo de proyecto (Gomar et al., 2002; Hanna et al., 2002). Considerando la mano de obra uno de los factores más variables y con mayor influencia en las ganancias del proyecto.

Aunque no existe una definición universalmente aceptada de productividad, se ha formado un consenso general entre varios investigadores para definir la productividad una medida económica entre la relación de insumos (inputs) y productos (outputs), es decir, las horas-hombre necesarias por unidad de trabajo producido durante un periodo específico de tiempo. Los insumos incluyen los recursos asociados con mano de obra, equipos y materiales. Los productos consisten en elementos físicos que hacen avanzar el proyecto de construcción. A partir de esta relación está claro que la productividad podría mejorarse si la producción aumenta con el insumo permaneciendo constante, o si el insumo disminuye y la producción permanece constante.

Sin embargo, hay dos componentes para el estudio efectivo de la productividad de la ingeniería. El primero es un método (o métricas) consistentes para comparar la productividad

entre proyectos. El segundo es la identificación de factores que afectan la productividad y su correlación con las métricas de productividad.

Existen dos propósitos principales para medir la productividad: (1) controlar el costo y el cronograma del proyecto; y (2) obtener datos para planificar proyectos futuros. Las tres métricas más comunes y tradicionales para describir la productividad son la productividad de los factores o la tasa unitaria (la relación del costo de mano de obra, materiales y de equipo por unidades de producción); productividad laboral (la relación de horas de trabajo/hombre por unidades de producción); y factor de productividad (la relación entre el cronograma y las horas reales de trabajo). Cuando la productividad se mide de esta manera, las áreas de baja productividad se identifican mucho después de que el problema se produjo por primera vez en el sitio.

La medición de la productividad permite a una empresa planificar y controlar el costo y la gestión de los proyectos y, al mismo tiempo, motiva a la mano de obra y facilita la evaluación del rendimiento dentro de la organización (Chang 1991). Aunque es importante, puede ser difícil medir la productividad de la mano de obra.

La práctica actual para estimar la productividad laboral de la construcción se basa principalmente en el método tradicional, que utiliza los datos de productividad publicados y / o la propia experiencia y juicio personal del estimador; la precisión de confiar en las opiniones viscerales de los estimadores plantearon dudas sobre la fiabilidad de las estimaciones. Los datos de productividad estándar son publicados por varias compañías y organizaciones comerciales que publican los datos anuales de costo de construcción y productividad recopilados de los contratistas y las organizaciones comerciales. Sin embargo, los datos de productividad publicados solo representan las tasas unitarias promedio de la industria y no el rendimiento de ningún contratista en particular. El uso de dichos datos industriales publicados da como resultado un análisis con muchos agujeros, lo que significa que el análisis puede desacreditarse fácilmente. La estimación más precisa y confiable generalmente se puede obtener a partir de los datos de proyectos anteriores, si existen, como el alcance del proyecto, la información de progreso y los gastos de mano de obra. Estos datos del proyecto contienen información de productividad predictiva que se puede extraer para la planificación futura del proyecto. No obstante en la industria de la construcción siempre ha sido difícil de medir la

productividad debido a muchos factores. Uno de los principales desafíos es la ausencia de una comprensión común y un acuerdo sobre cómo definir y medir la productividad. Esto produce datos inconsistentes porque los profesionales de la industria no saben exactamente qué medir ni cómo medirlo.

Hwang y Soh (2013) ayudaron con su estudio a identificar los problemas que deben afrontar los contratistas y subcontratistas durante la medición de la productividad, además de proporcionar soluciones efectivas frente a estos problemas dados. Los cinco desafíos principales identificados fueron la falta de un sistema adecuado para medir la productividad, las dificultades para obtener datos de una productividad exacta debido a la naturaleza de la mano de obra, dificultades para medir el trabajo horas de trabajo del personal, la naturaleza complicada de medir la productividad, y el tiempo y la mano de obra necesarios para medir y analizar la productividad. Las cuatro mejores soluciones identificadas fueron; simplificar los métodos de medición de la productividad y centrarse en oficios importantes, realizar seminarios para un desarrollo de un sistema de medición de la productividad para las empresas, crear una cultura dentro del contratista para medir la productividad, y hacer obligatoria la medición estandarizada de la productividad para todos los contratistas para ciertos tipos de proyectos.

(Hwang, 2013, p. 040130139)

Una inversión con el único propósito de recolección y modelado de datos de productividad probablemente no sea rentable para una empresa constructora. Para que la inversión sea económicamente factible, el sistema de productividad debe integrarse en la base de datos general y el sistema de información de la empresa constructora.

El-Gohary, Aziz y Abdel-Khalek (2017) estudió un concepto de ingeniería para documentar, controlar, predecir y mejorar la productividad laboral del contratista usando la red neuronal artificial (ANN) para mejorar y predecir la productividad de la mano de obra en la construcción bajo diferentes influencias. Logrando ventajas y superando las debilidades de la práctica actual tradicional.

Los resultados mostraron una convergencia adecuada con capacidades razonables de generalización y resultados más precisos y creíbles en comparación con el método tradicional. Este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento de ingeniería y gestión de la construcción a proporcionar información sobre el uso de diferentes funciones de activación y transferencia de

la red neuronal artificial (ANN) junto con una amplia gama de factores de influencia para comparar la productividad del trabajo de construcción del contratista. Además, el enfoque de ingeniería utilizado muestra cómo una base de datos práctica fácilmente disponible puede ayudar a optimizar varios objetivos. Apoya dos pilares principales de la construcción sostenible: la dimensión económica y la dimensión social.

(El-Gohary et al., 2017, p. 040170451)

Las técnicas de evaluación Workface, como las encuestas del supervisor y los cuestionarios de trabajadores, se han desarrollado como herramientas para tratar de identificar los problemas de productividad de forma inmediata y puntual. Sin embargo, ni las encuestas ni los cuestionarios cuantifican todos los niveles de actividad de un trabajador. Además, las técnicas de evaluación Workface identifica problemas de productividad, pero no determina las causas principales ni proporciona a la administración una descripción de cómo planificar e implementar mejoras.

Más recientemente, Josephson y Björkman (2013) concluyeron que el Work sampling es una herramienta eficiente para analizar las situaciones de trabajo en los sitios y cómo mejorarlos. Sin embargo, el Work sampling aún no se implementa ampliamente en la industria de la construcción debido a la falta de guías integrales para los contratistas sobre cómo realizar el muestreo de actividades. Gouett, Hass, Goodrum y Caldas (2011) describieron al análisis de actividad como una extensión de la técnica de Work sampling y como un proceso de mejora continua que incluye dos partes:

(1) una descripción detallada de las actividades de los trabajadores y (2) el proceso continuo de mejora de la productividad para ayudar a la administración a identificar inhibidores de la productividad que afectan el trabajo en el sitio.

Este proceso de mejora continua que identifica los factores responsables de la baja productividad y que puede ayudar a mejorarlos, es factible y cuando se aplica continuamente a un sitio de construcción, puede mejorar significativamente las tasas de trabajo directo durante la vida de un proyecto. Sin embargo, aunque este método y sus predecesores relacionados son efectivos, las publicaciones relacionadas carecen de orientación para determinar las líneas de base para la tasa de trabajo directo.

Varios métodos estadísticos se han utilizado para analizar el efecto del proyecto, la gestión, el medio ambiente y los factores relacionados con la productividad de la mano de obra de la

construcción. Aunque, debido a la variabilidad compleja de los datos de productividad de la mano de obra y la insuficiencia de diagnósticos estadísticos, algunos investigadores se han centrado en aplicaciones de redes neuronales artificiales basadas en procesos de aprendizaje supervisados.

Oral E. y Oral M. (2010) muestran que los Mapas auto organizados (SOM) superan las desventajas de los métodos estadísticos y las aplicaciones de redes neuronales que se basan en el aprendizaje supervisado, mediante el uso de aprendizaje no supervisado.

Los resultados realizados en sus investigaciones muestran que los mapas que produce el modelo son satisfactorios para agrupar los datos y la predicción del rendimiento a través de la visualización bidimensional es superior a los modelos de redes neuronales artificiales similares.

Establecer métricas efectivas de productividad no es fácil y debido a la limitada disponibilidad de tecnología de generación automática para información integrada que incluye atributos de componentes físicos (como información espacial) y atributos gerenciales (como recursos asignados), los esfuerzos de investigación centrados en la teoría de control de progreso integrado costo-tiempo han sido escasos. Sin embargo, los avances actuales en aplicaciones de modelado de información de construcción en 3D (BIM) han permitido el desarrollo práctico de sistemas de control de progreso visual basados en BIM. Lee et al.(2017) propone que es posible representar la productividad utilizando el progreso visual a través de un modelo 3D BIM. El control del progreso es crucial para la gestión exitosa de proyectos de construcción. El progreso de la construcción se puede caracterizar por el porcentaje completado, lo que implica una medida compleja de tiempo y costo. Para investigar el estado del trabajo realizado, se deben considerar los datos que incluyen las cantidades, el tiempo dedicado y los costos comprometidos de los recursos para cada actividad. En el control de progreso, se requiere mucho tiempo para extraer las cantidades de los planos de construcción, la información del presupuesto y recopilar los datos requeridos.

Dado que el progreso generalmente se rastrea a través del valor monetario, los gerentes de proyectos tienden a pasar por alto el trabajo real realizado. La calidad del control del progreso depende de la calidad del informe de progreso diario en papel del contratista general, que resume los informes diarios de los subcontratistas. Los avances en las tecnologías de

visualización y modelado de información integradas basadas en 3D han permitido a los gerentes demostrar visualmente el progreso de la construcción.

Por otro lado es importante para el estudio efectivo de la productividad identificar los factores que tienen un impacto y comprender completamente cómo se pueden gestionar para minimizar su efecto en la productividad de la construcción. En esta disertación se obtuvo una perspectiva global de los factores relevantes que provocan un impacto, y se reveló que la industria de la construcción en cada país tiene sus propios factores que afectan la productividad de la construcción.

Varios autores en sus investigaciones han identificado una serie de factores que afectan la productividad. Liao et al. (2011) determinan en su estudio que los factores que afectan la productividad en la ingeniería respaldado por un análisis de datos y experiencia en la industria son: el tamaño del proyecto, tipo del proyecto, proyecto prioritario y fase del proyecto. Sin embargo, estas investigaciones tienen varios contrastes como que se establecieron con datos de una sola compañía y, por lo tanto, son difíciles de generalizar o que en los estudios se emplearon diferentes medidas de productividad, y como tales, sus hallazgos no son directamente comparables.

Numerosos factores influyen en la productividad laboral, pero la constructibilidad se encuentra entre los más importantes. Sin embargo, una de las barreras, y tal vez la más importante para la implementación del concepto de constructibilidad, es la dificultad de medir sus beneficios tangibles para la industria de la construcción.

Jarkas (2016) cuantificó los efectos de los factores de constructibilidad en la productividad del trabajo de encofrado de los pisos mediante el desarrollo de un modelo de regresión categórica múltiple, los resultados obtenidos muestran efectos significativos de los factores investigados sobre la productividad laboral, que corroboran la importancia de aplicar los principios de constructibilidad a la etapa de diseño de la construcción. Los hallazgos no solo brindan a los diseñadores una retroalimentación sobre qué tan bien sus esquemas de diseño consideran los requisitos de capacidad de constructibilidad, sino que también pueden resultar ventajosos para los gerentes de construcción para la planificación efectiva de la actividad y la utilización eficiente de la mano de obra.

En la industria de la construcción, ha sido bastante común tener problemas de baja calidad, sobrecostos y retrasos en el cronograma lo que ha contribuido a que la ejecución de un proyecto no sea exitosa. Sin embargo, este éxito no se puede lograr fácilmente, ya que la industria es única y compleja, y uno de los problemas más importantes en la industria de la construcción es la demora/retraso que representa un problema costoso, complejo y arriesgado. Esto resalta la importancia de examinar las causas de los retrasos para minimizar los impactos y, si es posible, evitar demoras en la ejecución de los proyectos de construcción. Considerando la importancia de analizar las demoras en la construcción, se han llevado a cabo muchos estudios para identificar los factores que contribuyen a sus causas.

San Santoso y Soeng (2016) concluyen:

La lista de los 10 principales factores que causan un retraso en los proyectos en Cambodia estuvo dominada por factores relacionados con el contratista y el proyecto. Sin embargo, dos factores externos, lluvia e inundación, fueron los primeros dos factores en la lista, que también tuvieron un gran impacto en los tres objetivos del proyecto. Los factores restantes en la lista fueron adquisición de terrenos, adjudicación del proyecto al licitador más bajo, averías de equipos, mala disposición del sitio, administración y supervisión, terreno y condición del suelo inesperados, baja calidad de los recursos humanos del contratista, pagos tardíos y baja productividad del trabajo/ Estos factores son:

(1) Trabajo durante la temporada de lluvia; (2) inundaciones; (3) impacto en las personas en el proyecto; (4) adjudicar el proyecto al mejor postor; (5) averías frecuentes del equipo; (6) mala disposición de la supervisión y gestión; (7) malas condiciones de terreno y suelo; (8) baja calificación del personal técnico, contratista y los equipos del proyecto;(9) retrasos en los pagos; y (10) mano de obra de baja productividad.(p. 0501602010)

Debido a la característica difícil de predecir la productividad, los investigadores han tratado de identificar varios factores, que pueden cuantificarse, modelarse y estudiarse, a fin de descubrir su relación de causa y efecto. Las horas extras programadas es el factor crítico que determina el rendimiento del proyecto en términos de costo y tiempo, es por ello que ha llamado la atención de algunos investigadores ya que es el método más utilizado de aceleración del cronograma del proyecto. Al determinar las actividades para las horas extraordinarias y la duración de las horas extraordinarias, el impacto general y la efectividad del trabajo extra en el proyecto deben analizarse y evaluarse cuidadosamente. Es por ello que para analizar y evaluar

los efectos de las variables inciertas en un proyecto. Woo (2016) propone desarrollar un modelo de simulación Monte Carlo que analiza la disminución continua de la productividad laboral causada por el tiempo extra programado y cuantificar el impacto de la productividad del trabajo durante las horas extras programadas en la duración total del proyecto integrando el modelo de simulación con un paquete de software de programación de CPM. Woo (2016) afirma:

Que la estimación del impacto del trabajo extra en la duración del proyecto sin considerar la disminución de la productividad laboral conduce a una sobreestimación de la efectividad del trabajo extra. También demuestra que el análisis de simulación de horas extras programadas proporciona un análisis más profundo del impacto general en el cronograma del proyecto. El análisis de simulación permite que un gerente de proyecto evalúe y analice la efectividad de trabajar diferentes opciones de horas extras y elegir la opción de horas extras correctas proporcionando la aceleración de cronograma requerida. (p.2551)

Cuando un gerente de proyecto decide trabajar un horario de horas extras debido a circunstancias imprevistas fuera de control, espera el efecto positivo de estas, lo que significa acelerar el progreso del trabajo para compensar los retrasos y mantener las fechas originales. Sin embargo, el aumento de la jornada laboral puede ir acompañada de impactos generales que pueden ser positivos, negativos o ambos. En una situación de sobre tiempo la mano de obra no es el único recurso que se consume a un ritmo acelerado. Todos los componentes del sistema deben trabajar a un ritmo acelerado para responder a las horas de trabajo adicionales. Los materiales deben estar disponibles para ser instalados a un ritmo más rápido, los accidentes y la fatiga pueden convertirse en un problema creciente y la calidad de la mano de obra puede disminuir. Sumando a esto el costo adicional del salario aumenta el costo total del proyecto porque es un requisito del gobierno pagar una tasa superior y las pérdidas en la motivación causadas por la mala actitud mental resultan en una baja eficiencia y aumenta el ausentismo.

Varias investigaciones han concluido diversos resultados de las horas extras aplicadas a un proyecto. Se han llevado a cabo numerosos estudios que concluyeron que cantidades excesivas de horas extras podrían tener un impacto negativo grave en la productividad laboral, la cuantificación del efecto de las horas extras en la productividad laboral se ha discutido en varios documentos.

Con este fin, Chang y Woo (2017) examinaron críticamente los estudios previos sobre las horas extras en términos de características de datos, entorno de trabajo y características del proyecto para determinar si el resultado del estudio puede aplicarse a una determinada situación. Concluyendo en que hay una pérdida de productividad del 1% para cada hora adicional por semana agregada al cronograma más allá de 40 horas. Este criterio fue diferente al de otros estudios, como CII (1988) y Thomas (1997) que concluyeron que las horas extras programadas se pueden usar sin perder productividad a corto plazo.

Solo un estudio (NECA, 1969) muestra que las semanas de trabajo más largas son preferibles. Sin embargo, otro estudio de horas extraordinarias realizado por el Instituto de la Industria de la Construcción reportó resultados contradictorios de que la productividad no necesariamente disminuye bajo las horas extraordinarias programadas (CII, 1988).

Además, tres categorías de factores fueron identificados en esta disertación. Estos son gerentes, trabajadores y consultores. Los resultados del esta investigación produjeron una similar consecuencia. Sin embargo, el factor consultor obtuvo los factores más altamente calificados que tienen un impacto percibido en la productividad.

Muy limitadas investigaciones han examinado las diferencias generacionales de los trabajadores de construcción. Kupperschmidt (2000) caracteriza a una generación como una cohorte de personas en el mismo grupo de edad y que han experimentado eventos históricos similares en etapas críticas del desarrollo social y económico. Las personas en la misma cohorte generacional pueden compartir valores, creencias y comportamientos similares. En consecuencia, la mayoría de los estudios previos se llevaron a cabo para investigar la diferencia en la ética laboral, el valor y las creencias entre generaciones. Los resultados con respecto a las diferencias generacionales son mixtos, y muchos estudios informaron que no hubo diferencias entre generaciones. Goodrum y Dai (2012) concuerdan con los hallazgos obtenidos en otras investigaciones ya que en su estudio las tres generaciones observadas de trabajadores (Baby Boomers (1946-1964), Generación X (1965- 1979) y Generación Y (1980 – en adelante)) tenían pocas diferencias generacionales con respecto a sus valores, creencias y comportamiento. Sin embargo, se observaron algunas diferencias con respecto a la percepción de las diferentes generaciones sobre los factores que afectan la productividad de la construcción, sobre la base de análisis cuantitativos. Los resultados de su investigación

revelan que: (1) la Generación Y, la Generación X y los Baby Boomers en realidad tienen consenso sobre el impacto relativo de los factores de productividad; y (2) también se observaron diferencias significativas en los factores de productividad individual y las principales diferencias entre las generaciones se asociaron con herramientas y consumibles, mano de obra, administración de planos de ingeniería y política de proyectos.

En la disertación se observaron varios factores que afectan la eficiencia de los operarios de la construcción, pero la motivación se encuentra entre los más importantes. La motivación se define como la fuerza motriz que estimula física y psicológicamente a los individuos a perseguir una o más metas para satisfacer sus necesidades o expectativas. Jackas y RadosavIjevic (2013) determinaron:

Los factores motivacionales prominentes que influyen en la productividad de la mano de obra en el Estado de Kuwait son: (1) retraso en el pago; (2) realización del trabajo; (3) falta de incentivos financieros; (4) el extenso cambio de órdenes durante la ejecución; (5) supervisores incompetentes; (6) retrasos en la respuesta a las solicitudes de información (RFI); (7)la interfaz de operaciones; (8) programación poco realista y expectativas de rendimiento; (9) escasez de materiales en el sitio; y (10) nivel de calidad de los planos. Los hallazgos de este estudio indican claramente que, dentro de los aspectos culturales de la muestra estudiada, el dinero tiene la mayor extensión. el postulado "general" de que los factores de enriquecimiento o satisfactorios del trabajo son los únicos motivadores verdaderos.(p.446)

Debido a la naturaleza variable del trabajo de construcción y su correlación con las ganancias, los gerentes de construcción requieren una comprensión integral de las actividades de los trabajadores en el sitio. Para conseguir un alto rendimiento laboral y el éxito del proyecto, es obviamente importante que los trabajadores pasen la mayor parte de su tiempo instalando materiales y equipo que avancen en el proyecto. Este tiempo de instalación de materiales es conocido en la industria de la construcción como "trabajo directo". Mejorar continuamente la tasa de trabajo directo durante la vida del proyecto es fundamental para el éxito del proyecto. Sin embargo, establecer las tasas de referencia para la tasa de trabajo directo y determinar los niveles de expectativa durante la fase de construcción requiere una mayor investigación por lo que se ha recurrido a una tasa base deseable y realista basada en el análisis de la actividad, principalmente para proyectos industriales.

El aumento de la tasa de trabajo directo generalmente puede aumentar la productividad laboral; sin embargo, el tiempo de tasa de trabajo directo no siempre se puede correlacionar con la tasa unitaria o la productividad laboral. Esto se debe a que un porcentaje más alto de las tasas de trabajo directo no siempre corresponde a un nivel igualmente alto de productividad debido a las variaciones en los niveles de habilidades de los trabajadores , los métodos de trabajo, los tipos de equipos y herramientas utilizados. Además, la eficacia de un programa de mejora se reduce si no se establecen las líneas de base y los objetivos que se deben alcanzar. Por lo tanto, un objetivo razonable es aumentar la tasa de trabajo directo y lograr una disminución razonable en el tiempo de inactividad mediante la eliminación de barreras, o establecer líneas de base razonables para el trabajo directo (Shahtaheri, Nasir y Haas, 2014).

Las órdenes de cambio en los proyectos de construcción son muy comunes y tienen un impacto negativo en el proyecto en aspectos tales como costo, calidad, tiempo y organización, los cambios pueden agregar o reducir el alcance del trabajo del proyecto o corregir o modificar el diseño original. La mayoría de los elementos de cambio (por ejemplo, material, programación, reelaboración, equipamiento) pueden ser relativamente fáciles de medir, la cuantificación del impacto en la productividad laboral suele ser más complicada. Los enfoques tradicionales son inadecuados para calcular la relación compleja insumo “input” – producto “output” necesaria para medir el efecto de las órdenes de cambio. Los resultados de la simulación y validación contra estudios previos demuestran que el EFSIM predice el impacto de las órdenes de cambio significativamente mejor que otras herramientas basadas en IA, incluida la red neuronal artificial (ANN), la máquina de vectores de soporte (SVM) y la inferencia evolutiva de máquinas de vectores de soporte modelo (ESIM). Cheng, Wibowo y Prayogo (2013) afirman:

EFSIM es fácil de aplicar y conveniente para nuevos usuarios, y puede ser utilizado por profesionales sin conocimiento de dominio. EFSIM es superior a otros métodos de predicción tales como ESIM, ANN y SVM. Aunque EFSIM requiere más tiempo de cálculo, los resultados de predicción de EFSIM son significativamente más precisos que los métodos de la competencia. Los resultados de validación con estudios previos para predecir el impacto de las

órdenes de cambio en la pérdida de productividad también indican que EFSIM proporciona el margen más pequeño entre los métodos competidores. Estos resultados muestran un gran potencial para EFSIM como una herramienta para predecir con precisión el orden de cambio relacionado con la pérdida de productividad. (p.890)

4.2 Recomendaciones

La falta de métricas estables dificulta la comparación de los resultados de los estudios que investigan los factores que afectan la productividad. Se necesita más investigación en el tema de métricas de la productividad laboral para ayudar a generar un modelo predictivo. Por lo tanto, es muy recomendable que las empresas constructoras establezcan su propio sistema interno para controlar, predecir y mejorar con eficacia su propia productividad laboral de la construcción.

Ya que la relación entre la productividad en la ingeniería y la influencia de los factores es compleja. Esta disertación presenta sistemas modelos que ayudan a crear propuestas para el análisis; la investigación de los autores da lugar hacia un entendimiento de relación entre varios factores. Dentro de esta disertación se establecen algunas propuestas firmes que pueden contribuir claramente a los estudios futuros.

Los resultados obtenidos dentro de la disertación llenan un vacío en el conocimiento de los factores que afectan la productividad laboral en Kuwait, que pueden ser utilizados por los profesionales de la industria para desarrollar una perspectiva más amplia y profunda de los factores que influyen en la eficiencia de los operarios y dar una guía a los administradores para utilizar eficientemente la fuerza de la mano de obra por consiguiente ayudar a lograr un nivel razonable de competitividad y operación rentable.

Entre los temas más actuales, un estudio sobre el análisis de productividad basado en el BIM es necesario que se lleve a cabo en un futuro cercano para que pueda aplicarse a toda la construcción. Esto ampliará aún más una metodología general que se puede aplicar en otros sistemas de construcción. También se recomienda realizar investigaciones adicionales para la administración de este tipo de proyectos.

Aunque se han extraído varios hallazgos en esta disertación, se incita a otros investigadores para replicar varios de estos temas en diferentes regiones y sociedades diversificadas, de modo que los factores decisivos que surjan en otros lugares, y las bases que subyacen a los

resultados relacionados puedan contribuir a una comprensión general de los problemas más complejos como el fenómeno de motivación. Debido a la composición distintiva de la mano de obra, los hallazgos pueden resultar útiles para los investigadores, que están interesados en explorar y ampliar aún más los límites de comprensión existentes del concepto de motivación y su aplicabilidad a la industria de la construcción.

Es más se recomienda investigar y cuantificar los efectos de los factores estudiados, especialmente aquel percibido como el más significativo, a través de un enfoque integrado orientado a vincular relación entre los principales factores identificados y sus impactos "tangibles" en la eficiencia de operarios, y por lo tanto, pueda ayudar a mejorar el nivel de productividad de la mano de obra en la construcción en un entorno competitivo.

(Jarkas, 2013, p.453)

Es recomendable proporcionar la información del estudio a los usuarios, que consideran las horas extras como acelerador del tiempo de trabajo, para que esta investigación pueda orientar qué características se deben considerar cuando se quiera cuantificar el efecto de las horas extras en la productividad laboral de la construcción y de esta manera los profesionales no utilicen indebidamente el resultado de los estudios (Woo, 2017).

En definitiva, es imprescindible que las demoras no se vean solo como las causantes de afectar el cronograma del proyecto. Sus efectos sobre el costo y la calidad también deben considerarse para completar el proyecto con éxito.

Finalmente, para mejorar la productividad laboral de la construcción, se debe identificar y reconocer la influencia de los factores primarios que afectan la productividad. En esta disertación se invita a que se determinen y estudien los rangos de influencia de por lo menos 30 factores que afectan la productividad laboral de la construcción en el Ecuador. Además de conocer que el factor de "programas de incentivos" es uno de los factores más importantes que promueve aún más el objetivo de los operarios y crea un alto nivel de motivación y satisfacción entre estos trabajadores; como resultado, se logra una mayor eficiencia de trabajos in situ. A la luz de estos hallazgos, se recomienda que los efectos de factor de programas de incentivos en la industria de la construcción en el Ecuador y los efectos de aplicar el factor más predecible y significativo identificado constructibilidad sean parte de investigaciones futuras en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica del Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

Armour, S. 2005. Generation Y: They've arrived at work with a new attitude. USA TODAY. (http://www.usatoday.com/money/work- place/2005-11-06-gen-y_x.htm) [accessed on 17 January 2011].

Bierman, M., Marnewick, A.,y Pretorius, J.(2016).” Productivity management in the South African civil construction industry -factors affecting construction productivity.” *Journal of the South African Institution of Civil Engineering.,* 10.17159/2309-8775/2016/v58n3a5, 37-44.

Bonham, D. R.,Goodrum, P. M., Littlejohn, R., y Albattah, M. A.(2017).” Application of Data Mining Techniques to Quantify the Relative Influence of Design and Installation Characteristics on Labor Productivity.”*J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001347, 040170521-0401705211.

Borcherding, J. and Oglesby, C. (1974). Construction Productivity and Job Satisfaction, *Journal of the Construction Division,* ASCE, 100(3), 413-431.

Brunies, R. y Emir, Z. (2001) “Calculating loss of productivity due to overtime using published charts – fact or fiction.” *The Revay report*, Vol. 20, No. 3, Nov., pp. 1-7.

Chang, L.-M. (1991). “Measuring construction productivity.” Cost Eng., 33(10), 19–25.

Cheng, M. Y., Wibowo, D. K., Prayogo, D.,y Roy, A. F.(2015).” Predicting Productivity Loss Caused by Change Orders using the Evolutionary Fuzzy Support Vector Machine Inference Model.” *Journal of Civil Engineering and Management.,* 10.3846/13923730.2014.893922,881-892.

CII (Construction Industry Institute). (2013). *The construction productivity handbook*, Univ. of Texas at Austin, Austin, TX.

Construction Industry Institute (1988). *The effects of scheduled overtime and shift schedule on construction craft productivity*, Source Document 43.

El-Gohary, K. M., Aziz, R. F., y Abdel-Khalek, H. A.(2017).” Engineering Approach Using ANN to Improve and Predict Construction Labor Productivity under Different Influences.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001340, 040170451-0401704510.

El-Gohary, K. M., y Aziz, R. F. (2014). “Factors influencing construction labor productivity in Egypt.” *J. Manage. Eng*., 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000168, 1–9.

Galeano Marín, M. E. y Vélez Restrepo, O. L. (2002). *Estado del arte sobre fuentes documentales en investigación cualitativa*. Medellín: Universidad de Antioquia. Centro de Investigaciones Sociales y Humanas.

Gomar, J. E., Haas, C. T., and Morton, D. P. (2002). "Assignment and allocation optimization of partially multiskilled workforce." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:2(103), 103–109.

Gómez Vargas, M., Galeano Higuita, C. y Jaramillo Muñoz, D. A. (julio-diciembre, 2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales, 6*(2), 423-442.

Goodrum, P. M.,y Dai, J.(2012)." Generational differences on craft workers' perceptions of the factors affecting labour productivity."*Canadian Journal of Civil Engineering.*, 10.1139/L2012-053,1018-1026.

Gouett, M. C., Haas, C. T., Goodrum, P. M., y Caldas, C. H.(2011)." Activity Analysis for Direct-Work Rate Improvement in Construction." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000375, 1117-1124.

Hanna, A. S., Peterson, P., and Lee, M. (2002). "Benchmarking productivity indicators for electrical/mechanical projects." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:4(331), 331–337.

Hanna, A. S., Taylor, C. S., y Sullivan, K. T. (2005). "Impact of extended overtime on construction labor productivity." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE. Vol. 131, No. 6, pp. 734-739, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:6(734).

Hazeltine, C. (1976). Motivation of Construction Workers, *Journal of the Construction Division*, ASCE, 102(3), 497-509.

Herzberg, F., Mausner, B., and Snyderman, B. (1959). *The Motivation to Work*, Wiley, NY.

Hoyos Botero, C. (2000). *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Medellín: Señal Editora.

Hwang, B. G., y Soh, C. K.(2013).” Predicting construction crew productivity by using Self Organizing Maps.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000761, 040130131-0401301310.

Jarkas, A. M.(2016).” Effect of Buildability on Labor Productivity: A Practical Quantification Approach.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000425, 060150021-060150025.

Jarkas, A. M., y RadosavIjevic, M.(2013).” Motivational Factors Impacting the Productivity of Construction Master Craftsmen in Kuwait.” *J. Manage. Eng*., 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000160,446-454.

Jarkas, A. M.,y Bitar, C. G.(2012).” Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501,811-819.

Jiménez, S. (2009). La construcción del estado del arte en la formación para la investigación en el posgrado en educación. En El posgrado en educación en México. México: Universidad Nacional Autónoma de México – iisue.

Josephson, P.-E., and Björkman, L. (2013). “Why do work sampling studies in construction? The case of plumbing work in Scandinavia.” Eng. Constr. Arch. Manage., 20(6), 589–603

Kupperschmidt, B.R. 2000. Multigeneration employees: Strategies for effective management. The Health Care Manager, 19(1): 65–76. PMID:11183655.

Lee ,J., Park,Y. J., Choib, C. H.,y Han, C. H.(2017).” BIM-assisted labor productivity measurement method for structural formwork.”*Automation in Construction.*, 10.1016/j.autcon.2017.08.009, 121-132.

Liao, P.-C., O'Brien, W. J., Thomas, S. R., Dai, J.,y Mulva, S. P.(2011).” Factors Affecting Engineering Productivity.” *J. Manage. Eng*.,10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000059,229-235.

Mendoza, J. E., y Cabrera J. A.(2014).” Trabajo calificado, especialización y productividad laboral urbana en la frontera norte de México: un análisis de panel de efectos mixtos.”*Investigación Económica.,* 10.1016/S0185-1667(14)72608-6, 89-119.

National Electrical Contractors Association (1969). *Overtime and productivity in electrical construction,* Washington D.C.

O'Brien, K. E. and Associates, Inc. (2008). Improvement of onsite productivity, K.E. O'Brien and Associates, Inc., Toronto, Ontario.

Oral, E. L.,y Oral, M.(2010)." Predicting construction crew productivity by using Self Organizing Maps."*Automation in Construction.,* 10.1016/j.autcon.2010.05.001,791-797.

Ruthankoon, R. and Ogunlana, S. (2003). Testing Herzberg's Two-Factor Theory in the Thai Construction Industry, Engineering, Construction and Architectural Management, 10(5), 333- 341.

Samaniego, C. E., Granja, A. D., y Picchi, F. A.(2014)." Mejorías en la productividad de un proceso de prefabricados de concreto con flujo en línea después de un esfuerzo de estabilidad básica." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000675, C40130041- C40130048.

Shahtaheri, M., Nasir, H., y Haas, C.T.(2015). "Setting Baseline Rates for On-Site Work Categories in the Construction Industry." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000959, 040140971-0401409711.

Soeng, S., y San Santoso, D.(2016)." Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects." *J. Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467, 050160201-0501602010.

Sonmea, R. y Rowings, J. E. (1998) "Construction labor productivity modeling with neural network." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 124, No. 6, pp. 498-504, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:6(498).

Thomas, H. R. y Raynar, K. A. (1997) "Scheduled overtime and labor productivity; quantitative analysis." *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 123, No. 2, pp. 181-188, DOI: 10.1061/ (ASCE)0733-9364(1997)123:2(181).

Thomas, H. R., and Mathews, C. T. (1986). "An analysis of the methods for measuring construction productivity." Source Document No. 13, Construction Industry Institute (CII), Austin, TX.

Woo, S.(2016). "Simulation Analysis of Labor Performance during Overtime and Impact on Project Duration." *KSCE Journal of Civil Engineering.*, 10.1007/s12205-016-0956-9, 2614-2623.

Woo, S.,y Chang, C.-K.(2017)." Critical Review of Previous Studies on Labor Productivity

Loss Due to Overtime." *KSCE Journal of Civil Engineering.*, 10.1007/s12205-017-1652-0, 2551-2557.

ANEXOS

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001340
TÍTULO:	Engineering Approach Using ANN to Improve and Predict Construction Labor Productivity under Different Influences Traducción: Un método de ingeniería usando ANN para mejorar y predecir la productividad de la mano de obra en la construcción bajo diferentes influencias
AUTORES:	El-Gohary, Khaled M; Aziz, Remon F; Abdel-Khalek, Hesham A.
IDEA PRINCIPAL:	Este artículo presenta un método de ingeniería para documentar, controlar, predecir y mejorar la productividad laboral. Una amplia gama de factores influyentes se han considerado el nivel micro (gestión y administración del proyecto) y el nivel micro / micro (nivel de actividad en el sitio de construcción).
OBJETIVOS:	El propósito de este documento es presentar y examinar un método de ingeniería, desde el concepto hasta el detalle, este método propuesto se aplicó a la productividad laboral del modelo de construcción de dos oficios de construcción, encofrado y colocación del acero de refuerzo. Este enfoque utilizó la técnica de red neuronal artificial ANN para mapear y cuantificar la relación entre los factores de influencia y las tasas de productividad correspondientes. (El-Gohary, Aziz y Abdel-Khalek, 2017, p.040170452)

METODOLOGÍA:	Para el propósito de este estudio, dos oficios de construcción fueron considerados; encofrado y colocación de acero de refuerzo, para dos tipos diferentes de cimientos de concreto reforzado para edificios residenciales y comerciales. El concepto de ingeniería introducido para lograr el objetivo de este consta de tres etapas principales: adquisición e identificación de datos, el desarrollo del modelo de productividad y la validación del modelo. <u>Adquisición e identificación de datos</u> Medida de productividad y metodología: Para el propósito de este estudio, la productividad fue calculada dividiendo las cantidades totales completadas por el total (días de trabajo) para una tarea de acuerdo con la siguiente ecuación: $$\frac{Output}{Total\ de\ días\ trabajados}$$ donde días totales de trabajo = tiempo total pagado (días laborables). Esta ecuación define el costo laboral total del trabajo y es la cifra requerida por el estimador para fines de licitación. Identificación de los factores influyentes en la productividad: Para el propósito de esta investigación, los factores de productividad identificados en El-Gohary y Aziz (2014) fueron considerados. En esa investigación, se identificaron un total de 29 factores y clasificados según sus índices de importancia relativa. Factores: 1. Experiencia y habilidad del trabajador 2. Programas de incentivos 3. Disponibilidad de los materiales y su facilidad de manejo 4. Liderazgo y competencia de la administración 5. Competencia de la supervisión laboral 6. Tecnología de construcción (método y material de construcción)

7. Sistema operativo laboral (por ejemplo, salario diario, suma global)
8. Planificación, flujo de trabajo y congestión del sitio
9. Constructibilidad (diseño integrado y construcción)
10. Claridad de instrucciones e intercambio de información
11. Eventos circundantes (por ejemplo, revoluciones)
12. Efecto meteorológico (por ejemplo, temperatura, humedad)
13. Edad del trabajador
14. Distancia entre el sitio y las ciudades
15. Servicios ofrecidos a los trabajadores (por ejemplo, seguro social, atención médica)
16. Efecto de la disponibilidad de trabajo (escasez)
17. Especificaciones del proyecto
18. Horas extras (hasta 4 h después de 8 h)
19. Escala del proyecto
20. Cantidad disponible del trabajo diario (carga de trabajo)
21. Interrupciones en el trabajo (por ejemplo, cambios en el diseño)
22. Efecto de la capacidad de disponibilidad laboral (exceso de trabajo)
23. Trabajar en alturas
24. Grado de educación del trabajador
25. Tiempo (s) de descanso durante el día de trabajo
26. Duración total del proyecto (horas totales de trabajo)
27. Tipo de gestión de la construcción (por ejemplo, individuo, empresas)
28. Horas extras (más de 4 h después de 8 h)
29. Gestión de subcontratistas

<u>Desarrollo del modelo de productividad</u>

Modelo seleccionado:

La técnica de de red neuronal artificial ANN imita la capacidad de búsqueda de patrones de los seres humanos, y tiene la capacidad de aprender de la experiencia para mejorar su rendimiento y adaptarse a los cambios de condición. La capacidad de aprendizaje de ANN

	se logra a través de un proceso de ajuste de una serie de parámetros usando datos disponibles. Una vez entrenado, la red neuronal puede reconocer similitudes cuando se presenta con un nuevo patrón de entrada, lo que resulta en un patrón de salida predicho. Por lo tanto, en este estudio, la técnica de modelado ANN ha sido utilizado para predecir y mapear la relación entre la influencia de factores y las tasas de productividad relevantes. <u>Validación del modelo</u> Los resultados mostraron la pronosticada productividad producida por el modelo ANN contra la actual productividad deseada en los sitios de construcción relevantes. Los resultados de prueba indican que la red ha desarrollado notablemente capacidades de generalización.
RESULTADOS:	La siguiente tabla resume los parámetros estadísticos relevantes del proceso de capacitación para los diferentes oficios de construcción estudiados. También muestra el promedio del porcentaje exacto de las tasas de productividad previstas del modelo ANN para todas los diferentes oficios de construcción estudiadas. Tabla 1 *MSE (mean square error) promedio y desviación estándar de datos capaces y precisión del output para diferentes oficios estudiados* Oficios en la construcción | Promedio MSE | Promedio de la desviación estandar | ANN promedio output exacto Encofrado de cimentaciones aisladas | 0.003209016 | 6.8571 × 10−19 | 94.5 Cimentaciones de tipo losa sobre pilote | 0.007910682 | 2.12459 × 10−18 | 96.4 Fijación de acero de cimentaciones aisladas | 0.020630985 | 9.17929 × 10−18 | 91.6 Fijación de acero de cimentaciones tipo losa sobre pilotes | 0.08399745 | 0.004120272 | 95.2 **Nota**. Fuente: El-Gohary, K. M., Aziz, R. F., y Abdel-Khalek, H. A.(2017).” Engineering Approach Using ANN to Improve and Predict Construction Labor Productivity under Different Influences.” *J. Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE) CO.1943-7862.0001340, 040170455.
	El principal objetivo de la investigación es lograr, introducir un enfoque de ingeniería práctico y estandarizado para el control, predicción y luego mejora de la productividad laboral de la construcción. La técnica de ANN se utilizó para cuantificar y mapear la relación entre la productividad laboral de la construcción y la influencia relevante de los factores. El enfoque de ingeniería introducido está orientado a los contratistas utilizando su

CONCLUSIONES:	propio sistema de base de datos, por lo tanto, ocho proyectos de construcción de un contratista elegido utilizando su sistema de base de datos fueron estudiados. Para el propósito de este estudio, dos principales trabajos de construcción, encofrado y colocación de acero de refuerzo para dos tipos diferentes de cimientos de concreto reforzado para edificios residenciales y comerciales, fueron estudiados. Los resultados mostraron que las redes convergieron adecuadamente y tienen capacidades de generalización notables y razonables. Por lo tanto, es muy recomendable que las empresas de construcción establezcan su propio sistema interno para controlar, predecir y mejorar con eficacia su propia productividad laboral de la construcción. Este estudio, en comparación con la literatura existente, contribuye agregando un valor único a la ingeniería de construcción y administración mediante la evaluación comparativa del sistema interior de contratistas para la construcción de la productividad laboral utilizando diferentes funciones de activación y transferencia ANN junto con una amplia gama de factores de influencia. El enfoque de ingeniería introducido en este estudio depende de la utilización y el desarrollo del sistema de datos existente del contratista para tener en cuenta su viabilidad de inversión. Un amplio rango de factores influyentes incluidos los factores de nivel de actividad (nivel micro / micro) y factores a nivel de proyecto (nivel micro) son incorporados con ANN usando tal activación y función de transferencia para desarrollar un poderoso modelo predictor. Comparando el propuesto enfoque por un lado con los modelos existentes en la literatura y el método propuesto fue significativo para predecir la precisión, la viabilidad, y valor agregado al organismo de conocimiento de ingeniería. En consecuencia, puede alentar y ayudar a los contratistas a cambiar y mejorar su control de productividad actual y predecir prácticas. Por lo tanto, la aplicación de la ingeniería introducida en el objetivo no solo se usa para predecir y estandarizar la estimación de las tasas de productividad en la fase de licitación, sino también para controlar, mejorar, respaldar la documentación de reclamo del contratista por pérdida de productividad y estandarizar el rendimiento productivo del contratista durante la fase de construcción. (El-Gohary et al., 2017, pp. 040170459-0401704510)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862 .0000675
TÍTULO:	Mejorías en la productividad de un proceso de prefabricados de concreto con flujo en línea después de un esfuerzo de estabilidad básica
AUTORES:	Samaniego, Carlos A ; Granja, Ariovaldo D ; Picchi, Flavio A.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo presenta una investigación que basada en la metodología lean, muestra varios beneficios en la productividad que son posibles en procesos de prefabricados.
OBJETIVOS:	El presente artículo busca aplicar estabilidad básica por medio del control visual y aplicar la técnica de solución diaria de problemas con los equipos de trabajo en la línea de flujo de producción de prefabricados, analizando su aplicabilidad y resultados. E investigar si con el simple método de estabilidad básica con la participación de los trabajadores basado en la filosofía lean, puede traer a la producción de prefabricados mejoras adicionales de productividad, a pesar que la producción ya está funcionando como flujo en línea. (Samaniego, Granja y Picchi, 2014, p.C40130042)
METODOLOGÍA:	Se realizó una investigación donde se llevó a cabo un análisis previo de las actividades y el enfoque de las tradicionales 4Ms que son: Mano de obra, Maquinas, Materiales y Metodología. Samaniego et al.(2014) determinan: Basándose en la filosofía Lean, el punto de mayor interés se basó en las 4Ms para lograr fijar la estabilización del sistema productivo en el cual se definirían los resultados esperados; mostrando los problemas (real contra esperado) y resolviendo los problemas con la participación de los trabajadores. Para realizar dicha estabilización con el equipo de trabajo se utilizó un Andon de status, que es un instrumento analítico; esta herramienta se enfoca en un análisis visual en el lugar de trabajo, el cual nos revelan las condiciones de la producción al momento del análisis. El Andon de status se basa en una comparación entre el número de piezas proyectadas (estipuladas en el plan de producción) y el número de piezas producidas (la producción real), de tal manera que se pueda identificar en tiempo real en que parte de la línea de producción se dio la anomalía y determinar sus posibles

causas. (p.C40130042)

La "investigación-acción" se realizó en las siguientes etapas. Samaniego et al.(2014) determinaron:

• Preparación: definición de tareas, secuencias, tiempos esperados y número de trabajadores a ser considerados en el Tablero de Control de Producción. Esto fue realizado en varios ciclos de entrevistas con los líderes de cuadrillas y trabajadores.

• Implementación: en esta etapa, el líder de cuadrilla era el responsable por registrar los tiempos reales de inicio y fin de cada actividad, identificando las variaciones y discutiendo las causas con la cuadrilla y las posibles medidas correctivas al final de la jornada.

• Evaluación de resultados: los resultados fueron acompañados en función al cumplimiento de lo real y lo planeado, así como la productividad. (p.C40130043)

RESULTADOS:

Los resultados se ecuentran expuestos en las siguientes tablas.

Tabla 1

Tablero de Control de Producción (TCP) en la primera semana en la mayoría de los tiempos esperados de inicio/ fin de cada tarea

FABRICA — Producción Diaria—Pista 1

			Planificado		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
Etapa del Proceso	Tareas	#trabajadores	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Liberación pretensado	Liberación pretensado	10	6:10	7:00	6:05	6:40	6:05	6:45	6:25	7:35	6:05	6:40	6:05	6:55	6:05	7:10
Transporte al área de acabado	Desencofrado y transporte	5	7:00	7:20	6:30	7:00	6:30	7:00	8:40	9:10	7:10	7:40	7:20	7:48	7:05	7:20
Acabado	Lijado y acabado	3	7:10	11:00			7:50	11:30	10:30	13:50	8:30	11:45	8:40	11:10	8:30	11:40
Limpieza de pista	Limpieza después del encofrado	5	7:20	8:15	7:17	8:25	7:05	8:15	8:42	9:40	7:12	8:25	7:30	9:00	7:06	8:15
Colocación de parrilla de acero	Colocación de acero	2	8:10	9:00	8:25	8:55	8:15	10:05	9:30	10:00	8:30	9:25	9:10	10:10	8:15	9:20
Pretensado	Proceso de pretensado	2	9:00	10:20	8:40	9:10	8:36	10:30	9:42		8:40	9:32	10:15	11:50	8:20	10:00
Amarre de acero	Amarre y colocación de acero	5	10:20	12:20	9:12	11:30	9:30	12:50	14:10	16:00	9:35	12:00	12:20	14:00	10:00	12:40
Concreto	Concreto	14	13:10	14:30	13:00	14:20	14:00	15:40	15:00	16:20	12:50	14:30	13:15	14:50	13:00	14:20
	Equipo de acabado	6	13:30	15:25	13:20	14:50	14:20	16:05	15:20	16:50	13:10	15:00	13:35	15:10	13:20	14:40
Transporte al area almacenaje	Transporte de las tejas producidas	5	16:00	17:00			11:45	12:15			11:45	12:15	11:40	12:15	11:40	12:15

Nota. Fuente: Samaniego, C. E., Granja, A. D., y Picchi, F. A.(2014)." Mejorías en la productividad de un proceso de prefabricados de concreto con flujo en línea después de un esfuerzo de estabilidad básica." *J.*

Constr. Eng. Manage., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000675, C40130045.

Tabla 2

Tablero de Control de Producción (TCP) después de 12 semanas mostrando pocos desvíos en los tiempos esperados de inicio/ fin de cada tarea

FABRICA			Producción Diaria—Pista 1													
			Planificado		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
Etapa del Proceso	Tareas	#trabajadores	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Liberación pretensado	Liberación pretensado	10	6:10	6:50	6:10	6:50	6:10	6:50	6:10	6:50	6:10	6:50	6:10	6:50	6:10	6:50
Transporte al área de acabado	Desencofrado y transporte	5	7:00	7:20	7 00	7 20	7:00	7:20	7:00	7 20	7:00	7:20	7:00	7 20	7:00	7:20
Acabado	Lijado y acabado	3	8:30	11:00	8:30	11:00	8:30	11:00	8:30	11:00	8:30	11:00	8:30	11:00	8:30	11:00
Limpieza de pista	encofrado	6	7:10	9:15	7:10	9:15	7:10	9:15	7:10	9:15	7:10	9:15	7:10	9:15	7:10	9:15
Colocacion de parrilla de acero	Colocación de acero	2														
Pretensado	Proceso de pretensado	2	9:20	9:35	9:20	9:35	9:20	9:35	9:20	9:35	9:20	9:35	9:20	9:35	9:20	9:35
Amarre de acero	Amarre y colocación de acero	6	9:35	11:30	9:35	11:30	9:35	11:30	9:35	11:30	9:35	11:30	9:35	11:30	9:35	11:30
Concreto	Concreto	14	12:30	13:40	12:30	13:40	12:30	13:40	12:30	13:40	12:30	13.40	12.30	14.10	12:40	13:50
	Equipo de acabado	6	12:50	14:00	12:50	14:00	12:50	14:00	12:50	14:00	12:50	14:00	12.50	14:30	12:50	14:00
Transporte al area almacenaje	Transporte de las tejas producidas	5	16:55	17:20	16:55	17:20	16:55	17:20	16:55	17:20	16:55	17:20	16:55	17:20	16:55	17:20

Nota. Fuente: Samaniego, C. E., Granja, A. D., y Picchi, F. A.(2014).” Mejorías en la productividad de un proceso de prefabricados de concreto con flujo en línea después de un esfuerzo de estabilidad básica.” *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000675, C40130045.

En las primeras semanas de utilización del TCP, casi todo todos los inicios y fin de actividades presentaron desvíos (Tabla1). La identificación sistemática de causas y soluciones aplicada, dio como resultado en una estabilización del proceso, con pocos desvíos después de algunas semanas (Tabla2).

CONCLUSIONES:

Estudios previos han mostrado que las mayores mejorías en la productividad, son obtenidas cuando los conceptos lean son aplicados a flujos de producción de prefabricados, transformándolos en líneas de flujo. En nuestro caso, la línea fue diseñada originalmente para flujo en línea. La literatura muestra que las herramientas lean tales como MCV (Mapa de Cadena de Valor), Kanban, MPT (Mantenimiento Productivo Total), Organización del Área de Trabajo (Método 5S) y otros, aplicados a talleres y producción de prefabricados en flujo de lotes, resulta en mejoras de productividad. En este caso, la implementación inicial

	de lean por medio de estas herramientas, antes de realizar esta investigación-acción, mostró que en una línea de flujo dichas mejorías también pueden ser alcanzadas, incrementando la productividad en un 25%. La evidencia muestra que mejorías adicionales pueden ser conseguidas, aún en un ambiente de flujo en línea con herramientas iníciales lean implementadas, usando un simple enfoque de estabilidad básica. En este caso la mejoría producto exclusivamente de la estabilización fue de 24%. También mostramos una manera de aplicar estabilidad básica en esta ambiente, usando el Tablero de Control de Producción (TCP) y una rutina de líder de equipo dueño del proceso y de involucrar a los miembros de la cuadrilla en la solución de los problemas, con el apoyo administrativo. Considerando las 4M, este proceso se enfocó principalmente en metodología y mano de obra, ya que el material y máquina fueron tratados previos a este estudio. El proceso está basado en una simple secuencia lean, un nivel operacional de PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), es decir, dejar claro que es lo que esperamos (Plan) —mostrar los problemas (verificar los desvíos: real vs. Planificado) —actuar de inmediato (solución de problemas en equipo). El primer reto fue establecer el plan base, en términos de definición de tareas, secuencia, duración, número de trabajadores asignados. El método de trabajo aun no era claro, con variaciones entre las diferentes cuadrillas de un día para otro, etc. Traduciéndose esto en variaciones de los resultados y teniendo consecuencias en sobre tiempo, falta de confiabilidad en la entrega, etc. Al enfocarse todos los involucrados en establecer la línea base planificada en el TCP, permitió a todos a negociar los parámetros para alcanzar el Tiempo Takt. Es importante denotar que la compañía es certificada ISO 9001, por lo que es regulada por instrucciones de trabajo. El enfoque lean va más allá, no solo especificando el producto y parámetros del proceso, sino también la metodología de trabajo de los empleados, dando como resultado una mayor previsibilidad y confiabilidad en el proceso. Una vez establecida la línea base planificada de tareas y ciclos, la etapa de control mostró muy poca similitud entre real y planificado. Inicialmente el Porcentaje de Tiempos Logrados según lo Planificado (PTLP) era menos del 30%. Entre los problemas que surgieron durante el estudio, vale la pena mencionar que el problema predominante fue la organización de los trabajadores. Una vez la distribución de los trabajadores fue definida, así como sus tareas y programa de trabajo, los retrasos en la producción solo aparecieron

	como resultado de factores externos, tales como la lluvia. Con el propósito de mostrar y solucionar los problemas, el equipo mejoro este índice más allá del 75% en 3 meses, con una tendencia a incrementarlo. La utilización del TCP hizo posible la detección sistemática y resalto una serie de complicaciones con gran transparencia, lo que desató un ciclo de mejoría continua sostenido por la participación clave de los miembros de las cuadrillas. Una estabilización básica fue utilizada en este caso, para formalizar la situación estable alcanzada. Una Tabla de Trabajo Estandarizado Combinado (TTEC) adaptada fue utilizada, con tareas agregadas por las cuadrillas. La posibilidad de un siguiente estudio donde se estudie cada trabajador y elemento de trabajo, tiene un gran potencial para mostrar mejorías adicionales. El ciclo de "análisis-implementación-evaluación", típico de las estrategias de investigación-acción, permitió estructurar el estudio e incrementar el envolvimiento de los trabajadores. Este ciclo fue de gran ayuda para enseñar a los trabajadores la importancia y el beneficio de la estabilización del proceso. La implementación lean, dejando a un lado temas de estabilidad, ponen en riesgo mantener los resultados alcanzados y puede conllevar desperdiciar todos los esfuerzos de mejoría. Mostramos un enfoque simple de estabilización, involucrando al equipo de trabajo, lo cual dio como resultado mejorías adicionales en la productividad, mejorías aún en un ambiente de producción de prefabricados con flujo en línea. (Samaniego et al., 2014, pp.C401300427- C401300428)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000375
TÍTULO:	Activity Analysis for Direct-Work Rate Improvement in Construction Traducción: Análisis de actividad para la mejora del ritmo del trabajo directo en la construcción
AUTORES:	Gouett, Michael C; Haas, Carl T; Goodrum, Paul M; Caldas, Carlos H.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo se centró en el desarrollo de un método de evaluación de la mano de obra llamado "Análisis de Actividad", el cual es un proceso continuo de mejora del rendimiento de la productividad y una extensión de la técnica del Work-Sampling.
OBJETIVOS:	El objetivo principal de este documento es aplicar el método "Análisis de Actividad", para medir de manera eficiente el tiempo invertido de los trabajadores in situ e identifica los inhibidores de la productividad que la gerencia del proyecto debe reducir o eliminar para proporcionar trabajadores con más tiempo para actividades de trabajos directos. (Goodrum, Haas, Gouett y Caldas, 2011, p.1117)
METODOLOGÍA:	Este método es un proceso de mejora continua y tiene dos partes: (1) evaluación de los trabajadores. (2) ciclo de mejora continua. El proceso del Método Análisis de Actividad consta de 5 pasos a realizar, los cuales fueron desarrollados a través de una revisión bibliográfica de procesos de gestión de calidad y con la colaboración de expertos en la construcción. **Paso 1: Plan de estudio** En esta parte se deciden todos los detalles para llevar a cabo el estudio in situ. Los elementos incluyen el desarrollo de los objetivos del estudio y alcance, definición del muestreo de población, definición de las categorías de actividad (trabajo directo ó tiempo de instalación del material, trabajo preparatorio, herramientas y equipos, manipulación del

	material, tiempo de espera, tiempo de viaje y tiempo personal) selección de rutas de muestreo y tiempos de muestreo, determinación del tamaño mínimo de muestra y entrenamiento de los observadores. **Paso 2: Muestra** En este paso, se recoge una muestra de datos representativos, el observador camina a lo largo de la ruta predefinida seleccionada al azar, caracterizando la actividad de cada trabajador. A medida que el observador se acerca a un trabajador, identifica instantáneamente la categoría de actividad. Es de suma importancia que la observación al trabajador sea realizada a primera vista para garantizar precisión en los resultados, además esta se debe hacer a una distancia de 15- 30 metros. **Paso 3: Análisis de datos** Después de que se hayan completado todos los períodos de observación de 1 hora y se hayan recopilado los datos, los resultados se tabulan, se calcula la distribución del tiempo dedicado a las actividades y se analizan en varias formas diferentes para determinar cuál de las actividades están más allá del rango aceptable. Este paso también se identifica los obstáculos que conducen a la reducción del ritmo de trabajo directo y causan baja productividad. La representación típica es la gráfica de barras. Interpretar correctamente los resultados de los estudios es uno de las más partes difíciles de análisis de la actividad porque las condiciones difieren de un proyecto a otro. Sin embargo, es un paso importante porque los datos indicarán problemas en el sitio que la administración puede tomar acción inmediata para eliminar restricciones u obstáculos que interfieren con el trabajo. **Paso 4 y Paso 5: Plan e Implemento de mejoras** Mejoras basadas en las barreras de productividad identificadas en el paso 3 son planeadas e implementadas. Este proceso consta de los siguientes tres pasos: 1. Enumerar las causas probables. 2. Analizar alternativas. 3. Crea un plan para la implementación de mejoras.

RESULTADOS:

Se realizaron estudios de análisis de actividad en seis proyectos de construcción ubicados en los Estados Unidos: tres en Texas, Louisiana, Kentucky e Illinois. El sector industrial de cada proyecto variaba entre energía petróleo y petroquímica. Los porcentajes de actividad para cada proyecto visitado se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1
Resumen de porcentaje de actividad de los seis estudios

Actividad	Proyecto A (%)	Proyecto B (%)	Proyecto C (%)	Proyecto D (%	Proyecto E (%)	Proyecto F (%	Promedio (%)
Productivo							
Trabajo Directo	27	31	42	28	30	28	31.2
(tiempo de instalación del material)							
Trabajo Preparatorio	11	13	13	16	9	12	12.1
Equipos y herramientas	19	8	12	12	7	11	11.4
Manipulación del material	8	4	2	4	5	8	5.2
No Productivo							
Tiempo de espera	12	15	11	16	21	14	14.9
Tiempo de viaje	17	16	13	13	24	23	17.6
Tiempo personal	5	13	7	11	6	5	7.7

Nota. Fuente: Gouett, M. C., Haas, C. T., Goodrum, P. M., y Caldas, C. H.(2011).” Activity Analysis for Direct-Work Rate Improvement in Construction.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000375, 1122.

CONCLUSIONES:

El análisis de la actividad es un proceso de mejora continua del rendimiento de la productividad que determina los ritmos generales de la actividad de los trabajadores y la distribución de los ritmos de actividad en un típico día de trabajo. Los ritmos se analizan para identificar inhibidores de productividad, los cuales se reducen o eliminan en un intento de mejorar el ritmo de trabajo. Varios estudios se completan a lo largo de la vida del proyecto para continuamente medir y mejorar el ritmo del trabajo directo.

En resumen, lo siguiente puede concluirse sobre la base de la investigación presentada:

1. El análisis de actividad es factible de realizar; y

2. El análisis de actividad se correlaciona con ritmos mejorados de trabajo directo (tiempo de instalación del material).

La viabilidad del “análisis de actividad” se verificó a través de seis estudios de caso

	realizados en sitios de construcción en Estados Unidos. La aplicación de análisis de actividad en estos proyectos indica su capacidad para cuantificar los ritmos de cada actividad de los trabajadores, identificar problemas de productividad y determinar causas. Los casos de estudio también brindó la oportunidad de mejorar la recopilación y proceso de análisis de datos a través de la reflexión sobre las lecciones aprendidas. (Goodrum et al., 2011, p.1124)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000959
TÍTULO:	Setting Baseline Rates for On-Site Work Categories in the Construction Industry Traducción: Establecer las tasas de referencia para las categorías de trabajo in situ en la industria de la construcción
AUTORES:	Shahtaheri, M; Nasir, H; Haas, Carl T.
IDEA PRINCIPAL:	El documento presenta y examina tres métodos basados en la experiencia y un método matemático conocido como un sistema de inferencia de neurofuzzy adaptativo (ANFIS) para estimar una línea de base viable para el ritmo de trabajo directo, así como los ritmos para otras categorías de actividad laboral basadas en el método "análisis de actividad"
OBJETIVOS:	"Este documento tiene como objetivo establecer las tasas de referencia para el trabajo directo y otras categorías de trabajo basadas en el análisis de actividad" (Haas, Nasir y Shahtaheri, 2015, p.040140972).
METODOLOGÍA:	<u>Sistema adaptativo de inferencia neurofuzzy (ANFIS)</u> ANFIS es un nuevo método que estima la tasa de trabajo directo, así como de otras categorías de actividad para permitir una apreciación más precisa de las tasas de referencia como un medio para mejorar el rendimiento en el sitio. Las aplicaciones de ANFIS son las siguientes: (1) Selección y asignación de trabajadores para proyectos de construcción. El modelo propuesto ANFIS ha demostrado ser un método exitoso de toma de decisiones en la industria de la construcción al contratar las personas más calificadas para cierto puesto de trabajo Finalmente, el sistema permite seleccionar un grupo limitado de candidatos de un gran grupo de solicitantes

(2) Gestión de los recursos hídricos.

Un total de 3 proyectos fueron estudiados, cada proyecto consta de dos visitas de 3 o 4 días, separadas por varias semanas. Los datos obtenidos de esas visitas se usaron en el método ANFIS para estimar las tasas de referencia por las siguientes razones:
(1) Estos proyectos fueron visitados y por lo tanto los datos sobre el clima (y otros factores) estaban disponibles, y (2) los datos de los puntos mencionados se utilizaron solo para justificar y demostrar el uso potencial de este método.

Métodos Basados en la Experiencia

Un número de métodos más simples se han reconocido para el desarrollo de tasas de referencia. Estos métodos se basan en estadísticas descriptivas y juicios de expertos.

- Método Promedio

Este primer método consiste básicamente en determinar la tasa promedio para cada categoría de actividad, y tipo de personal para todos los proyectos para los cuales se han adquirido datos que son importantes. Evaluar promedios es un método factible y de ahorro de tiempo. Este método determina un valor promedio que representa el rendimiento antiguo y se puede comparar con los valores observados para priorizar la desviación del actual proyecto para una mayor investigación y posible acción

- Método del Cuartil deseable

Este método se encuentra muy cerca de lograr estimar una tasa de referencia viable, posible y realista debido a la definición de un resultado deseable basado en una experiencia previa.
El segundo método propuesto determina los valores del tercer cuartil (75%) para el trabajo directo. Un primer cuartil (25%) se aplica a las actividades no productivas. En este método, la tasa de trabajo directo se define en términos de los mejores resultados registrados.

- Método del valor extremo

El objetivo de este método es registrar valores extremo para cada categoría de actividad y

	cada operador. El tercer método requiere de una selección de tasas registradas extremas para cada categoría individualmente; el procedimiento para elegir las tasas es a través de la optimización de los valores obtenidos en cada categoría realizada por cada personal, por medio del valor máximo entre todas las tasas de trabajo directo; la evaluación de (1) la media para el trabajo de preparación,(2) la media para herramientas / equipos, y (3) la media para el manejo del material; y consideración de los valores mínimos para las tres categorías antes mencionadas. El valor extremo es agresivo método hacia la determinación de una tasa de referencia ambiciosa para todas las siete categorías de actividad.
RESULTADOS:	Resultados ANFIS: Las observaciones se registraron durante un total de 17 días. Los datos para cada día se normalizaron para cada operación con el fin de obtener el porcentaje de trabajo directo, trabajo de preparación, etc. La Tabla 1 muestra la tasa de trabajo directa normalizada que se midió para cada operación durante los 17 días. Tabla 1 *Tasa de trabajo directo normalizado para tres proyectos medidos en 17 días* Día Personal 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Fontanero 0.29 0.25 0.32 0.31 0.37 0.38 0.26 0.26 0.24 0.26 0.27 0.39 0.29 0.26 0.35 0.26 0.26 Civil 0.25 0.25 0.26 0.26 0.34 0.37 0.33 0.24 0.22 0.21 0.23 0.29 0.29 0.32 0.32 0.27 0.30 Eléctrico 0.10 0.19 0.23 0.30 0.26 0.35 0.27 0.35 0.27 0.36 0.18 — — — 0.15 0.10 0.11 Operador 0.45 0.38 0.45 0.37 0.58 0.55 0.53 0.50 0.46 0.44 0.40 0.61 0.63 0.60 0.53 0.45 0.43 **Nota**.Fuente: Shahtaheri, M., Nasir, H., y Haas, C.T.(2015). "Setting Baseline Rates for On-Site Work Categories in the Construction Industry." *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000959, 040140978. <u>Resultados de los Métodos Basados en la Experiencia</u> Los valores en la Tabla 2 se basan en 14 proyectos y se pueden usar como punto de partida útil para determinar la línea de base. Además proporciona una base para comparar las tasas

	de referencia de los diferentes operadores y diferentes categorías de trabajo. Tabla 2 *Tasa de referencia de acuerdo con los tres métodos de estimación* **Nota**.Fuente: Shahtaheri, M., Nasir, H., y Haas, C.T.(2015). "Setting Baseline Rates for On-Site Work Categories in the Construction Industry." *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000959, 040140979.
CONCLUSIONES:	La principal contribución de este documento fue introducir y examinar métodos para estimar futuras tasas de categorías de actividad basadas en factores que afectan las características del proyecto y mano de obra, y luego para usar esas tasas para establecer líneas de base y posteriormente objetivos para un mejor rendimiento. Una contribución secundaria es agregar un útil conjunto de datos inicial al organismo público del conocimiento, ya que la mayoría de los datos en la práctica del análisis de actividad son exclusivos. Es importante establecer razonables tasas de actividad realistas para evitar intentar aumentar la tasa de trabajo directo más allá de los niveles factibles, mediante el intento irracional de disminuir otras tasas de actividad (como la comunicación) o esperar menos de lo que se puede lograr con una buena administración. La experiencia ha demostrado que establecer líneas de base razonables como un enfoque hacia la mejora ha sido generalmente exitoso. Establecer las tasas de línea de base para cada categoría de actividad y personal permite a los gerentes de proyecto y contratistas con exactitud evaluar

		Personal								
Método	Categoría	Fontanero	Civil	Operador	Eléctirco	Herrero	Operador de calderas	Constructor de molinos	Carpintero	Obrero con hormigón
Promedio	Trabajo directo (%)	25.29	35.71	49.67	25.51	30.89	40.57	31.44	31.17	52.31
	Trabajo preparatorio (%)	15.06	7.87	5.00	13.96	10.93	12.29	14.72	17.14	10.12
	Herramientas/ Equipos (%)	9.02	5.69	2.20	8.18	9.92	9.83	10.36	10.67	7.48
	Manipulación material (%)	5.80	7.22	2.00	8.20	4.22	7.14	6.11	5.93	4.13
	Tiempo de espera (%)	13.24	13.58	19.65	11.64	13.34	10.47	12.76	14.38	14.10
	Tiempo de viaje (%)	21.98	21.42	15.36	22.60	19.92	13.73	16.49	14.55	8.27
	Tiempo personal (%)	9.60	8.48	6.12	9.87	10.76	5.97	8.13	6.16	3.65
Cuartil	Trabajo directo (%)	31.00	44.78	59.35	33.00	46.10	54.70	43.80	41.53	64.49
deseable	Trabajo preparatorio (%)	15.06	7.87	5.00	13.96	10.93	12.29	14.72	17.14	10.12
	Herramientas/ Equipos (%)	9.02	5.69	2.20	8.18	9.92	9.83	10.36	10.67	7.48
	Manipulación material (%)	5.80	7.22	2.00	8.20	4.22	7.14	6.11	5.93	4.13
	Tiempo de espera (%)	12.52	14.00	15.00	12.52	11.16	9.81	10.15	14.21	11.99
	Tiempo de viaje (%)	21.00	21.00	15.00	22.00	17.49	13.26	13.72	14.55	9.19
	Tiempo personal (%)	10.58	8.00	6.00	11.00	6.75	5.93	6.13	6.40	4.52
Valor	Trabajo directo (%)	33.90	49.10	66.60	36.40	61.20	54.70	43.80	45.70	66.67
extremo	Trabajo preparatorio (%)	13.38	7.00	5.00	15.40	9.00	11.36	15.85	15.98	11.23
	Herramientas/ Equipos (%)	10.00	6.00	1.03	9.43	11.00	10.00	9.79	10.99	8.15
	Manipulación material (%)	7.00	5.94	1.99	9.00	3.08	7.53	6.44	5.83	3.58
	Tiempo de espera (%)	7.63	8.96	8.36	3.00	10.00	6.60	9.47	6.66	7.44
	Tiempo de viaje (%)	13.00	12.12	4.55	10.93	14.13	8.92	12.80	9.01	2.27
	Tiempo personal (%)	4.00	5.42	3.08	4.89	6.32	3.99	5.72	4.03	3.00

	la tasa de trabajo directo durante la ejecución del proyecto, y para estimar aún más la tasa de trabajo directo y otras categorías considerando diferentes factores que influyen en la productividad. El establecer las tasas de referencia utilizando el análisis de actividad también puede proporcionar información útil sobre qué esperar, que puede guiar a un mejor presupuesto y estimación del cronograma. Se introdujo un método adaptativo basado en la inferencia conocido como ANFIS un método usado para obtener tasas de referencia lógicas. Una herramienta de estimación basada en ANFIS puede dar a notar la imprecisión, la incertidumbre, y características no lineales de tasa de actividad que están asociados con los datos de características del proyecto, y luego se puede usar para producir estimaciones de la tasa de referencia. Este método potencialmente proporciona resultados útiles basados en una funcional demostración que utilizó un conjunto de 272 puntos de datos. Solo será aplicable en la práctica cuando existe la oportunidad de adquirir y analizar un apropiado conjunto de datos que estén incluidos en las propiedades del proyecto. De uso inmediato más práctico son las tres alternativas que establecer las tasas de referencia, que son las siguientes: (1) promedio, (2) cuartil deseado, y (3) valor extremo. Elegir el método más apropiado depende de los valores de la empresa, cultura y preferencias gerenciales. Este documento también contribuyó al organismo de conocimiento en la adquisición, análisis y cooperación de un considerablemente ampliado conjunto de datos para proyectos de construcción, que pueden ayudar a establecer tasas de referencia para trabajo directo y actividades secundarias. Estos métodos y datos contribuidos pueden ayudar a los directores del proyecto a mejorar el rendimiento laboral. Aún así, existe una necesidad apremiante de más datos y más análisis en este dominio. (Haas et al., 2015, p. 0401409710)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000059
TÍTULO:	Factors Affecting Engineering Productivity Traducción: Factores que afectan la productividad en la ingeniería
AUTORES:	Liao, Pin- Chao ; O'Brien, William J; Thomas, Stephen R; Dai, J; Mulva, Stephen P.
IDEA PRINCIPAL:	Este estudio utiliza unidades de medida y una base de datos del programa Benchmarking and Metrics del Instituto de la Industria de la Construcción (CII) para investigar las relaciones entre los factores que se cree que afectan directamente la productividad laboral en la construcción.
OBJETIVOS:	El objetivo de este documento es de manera más confiable identificar factores a nivel de proyecto para proporcionar una base sólida para futuras investigaciones que pueden mejorar la productividad en la ingeniería. El objetivo de la investigación se aborda a través del análisis estadístico del programa benchmarking y Metrics de CII, en particular, datos para aquellos proyectos recolectados bajo iniciativas de productividad de ingeniería. (Liao, O'Brien, Thomas, Dai y Mulva, 2011, p.230)
METODOLOGÍA:	Esta investigación utilizó la métrica de productividad en la fase de proyecto de CII para explorar los factores que afectan la productividad en la ingeniería. El primer paso en el análisis es la creación de un sistema modelo. Este sistema modelo se usa para desarrollar propiedades para una correlación estadística, dando como resultado varias correlaciones entre inputs, factores de procesos “process” y resultados “outputs”. El segundo paso en la investigación es llevar a cabo el análisis e interpretación de los resultados. Todos los aspectos de la investigación fueron revisados y discutidos con el equipo de métricas de productividad de CII, que consistió en seis expertos quienes cuentan con una experiencia total en la industria de 18 a 39 años con un promedio de 26 años. La contribución de los miembros del equipo se utilizó en todas las fases para refinar los resultados e interpretar las correlaciones estadísticas encontradas.

	-Sistema modelo Un sistema modelo se usa comúnmente para examinar las operaciones críticas de la administración y el rendimiento. En este sistema, las características del proyecto se clasifican como las variables de "input (insumos/entradas)" y las operaciones de la administración se agrupan como las variables de " process (proceso)"; por otro lado, las variables de "output (resultados/salidas)" consisten en los indicadores del rendimiento. Los factores que afectan la productividad se agruparon en dos categorías: input (I) y process (P). Estos factores se analizaron contra la variable output (O), productividad de ingeniería del proyecto. La categoría de Input(I) consiste de factores de alcance (I1) y trabajos de construcción (IFC); los factores de alcance consisten en las características del proyecto como: tamaño del proyecto, tipo del proyecto y etapa del proyecto por otro lado los trabajo de construcción consisten en la cantidad de piezas de los equipos Las variables de process (P) están divididas en dos grupos: datos del proceso (P1) y naturaleza del proceso (P2). Las variables de process (P1) se refieren a las técnicas de administración que usan los ingenieros para mejorar su productividad, incluyendo la planificación inicial del proyecto (FEP), definición de la fase de proyecto y gestión de calidad. (P2) o las variables de la naturaleza del proceso se identifican como cambios, complejidad en la comunicación, curva de aprendizaje, uso de diseño repetitivo y técnica compleja.
RESULTADOS:	Los resultados de las correlaciones encontradas en el análisis se describen en la siguiente tabla.

Tabla 1

Resumen de los hallazgos de los factores de productividad

Input (alcance) factores	Resultados claves	Factores que conducen a una mayor productividad
Tamaño de proyecto	Proyectos grandes (≥ $5 millones) con mayor EP que proyectos pequeños (< $5 millones)	-Financiamiento al inicio del proceso de planeación -Administradores de tiempo completo y experiencia -Menor impacto en la curva de aprendizaje -Mayor reutilización del diseño
Tipo de proyecto	Proyectos sin análisis con mayor EP que projectos con análisis	* Mayor modularización % *Acomodaciones especiales al diseño * Menores acomodaciones especializadas al diseño * Ruta menos compleja
Proyecto prioritario	Proyectos sin cronograma tienen mayor EP que proyectos con cronograma	- Financiamiento al inicio del proceso de planeación -Mayor calidad de los recursos humanos -Comunicación menos compleja -Menos cambios en el cronograma
Fase del proyecto	Proyectos solo diseñados tienen mayor EP que proyectos diseñados y construidos	*Mejor definición del alcance del proyecto *Comunicación menos compleja con los contratistas

EP = productividad en la ingeniería

Nota. Fuente: Liao, P.-C., O'Brien, W. J., Thomas, S. R., Dai, J.,y Mulva, S. P.(2011).” Factors Affecting Engineering Productivity.” *J. Manage. Eng*.,10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000059,231.

Hay relaciones claras entre el tamaño del proyecto (grande), tipo de proyecto (no procesado), proyecto prioritario (no controlado por cronograma), y fase del proyecto (solo diseño) y niveles altos de productividad de ingeniería.

Todas las correlaciones son índices entre la fase del proyecto y los índices de productividad.

CONCLUSIONES:

Este estudio examinó los factores que afectan la productividad en la ingeniería respaldado por un análisis de datos y experiencia en la industria.

El tamaño del proyecto, tipo del proyecto, proyecto prioritario y fase del proyecto fueron identificados como entradas/insumos “inputs” claves que afectan la productividad en la ingeniería.

Este estudio es la primera aplicación de la métrica de productividad en la fase de proyecto de CII más allá de la métrica de la evaluación directa. El sistema EMPS se muestra como una base útil para recolección de los datos y evaluación futura. Como tal, el trabajo de los autores hace contribuciones para el práctico y académico conocimiento acerca de la productividad.

	Para los gerentes, un hallazgo claro es que una mejor planificación inicial del proyecto (FEP) y tener una administración de alta calidad mejoran la productividad. Los gerentes/administradores del proyecto tienen poco control sobre el tipo de proyecto, tamaño o fase; Sin embargo, los hallazgos pueden ayudar a dirigir las expectativas y la planificación para alcanzar una productividad más alta. Se necesita más investigación en este estudio para ayudar a generar un modelo predictivo para la cuantificación de las horas de trabajo deseadas. La relación entre la productividad de ingeniería y la influencia de los factores es compleja. El sistema modelo ayuda a crear propuestas para el análisis; la investigación de los autores da lugar hacia un entendimiento de relación entre varios factores. La investigación establece algunas propuestas firmes, sumando a las encontradas en la literatura existente y proponiendo algunos hallazgos conflictivos con respecto al tamaño del proyecto. Este trabajo puede contribuir claramente a los estudios futuros. (Liao et al., 2011, pp.234-235)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1007/s12205-016-0956-9.
TÍTULO:	Simulation Analysis of Labor Performance during Overtime and Impact on Project Duration Traducción: Análisis de simulación del rendimiento de la mano de obra durante las horas extras y el impacto en la duración del proyecto.
AUTORES:	Woo, Sungkwon.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo muestra la estimación del impacto de las horas extras en la duración del proyecto sin considerar que la disminución de la productividad de la mano de obra lleve a la sobrestimación de la efectividad del trabajo extra. Además demuestra que el análisis de simulación del cronograma de las horas extras da un análisis más profundo del impacto general en el cronograma del proyecto.
OBJETIVOS:	El presente artículo tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de simulación que cuantifique el impacto de la variación de la productividad durante el cronograma de horas extras en la duración total del proyecto, teniendo dos metas, la primera desarrolla un modelo de simulación llamado Monte Carlo que muestra una continua disminución de la productividad de mano de obra causada por las horas extras además muestra como segunda meta cuantificar el impacto de la productividad de mano de obra durante el trabajo extra en la duración total de proyecto integrando el modelo de simulación CPM, un software de programación que da un análisis más profundo del impacto general del proyecto para facilitar las decisiones a ser tomadas. (Woo, 2016, p.2614)
METODOLOGÍA:	El modelo de simulación desarrollado se ha integrado con un software de programación comercial para estimar el impacto de la pérdida del rendimiento del trabajo durante el tiempo extra programado en la duración del proyecto total. Después de que la duración de las actividades durante el tiempo extra han sido generadas a partir de la productividad laboral simulada, el impacto en la duración del proyecto se calcula utilizando el un paquete

de software comercial. El ordenador programa del modelo de simulación ha sido desarrollado usando

Visual Basic e integrado con Primavera Project Planner. El software desarrollado se llama Simulador de horas extras de construcción (COS).

Para probar el modelo de simulación desarrollado se tiene un proyecto que comenzó el 26 de enero del 2015 y la fecha original de finalización del proyecto fue programada para el 16 de marzo 2016. El número total de actividades en el cronograma del proyecto es 224. El 29 de julio, se completan 39 actividades entre las 40 actividades iniciadas. El porcentaje de cumplimiento calculado del proyecto actual es del 29.4%, y la fecha de finalización prevista del proyecto es el 8 de junio del 2016, debido a un retraso en la fase inicial del proyecto. Dado que casi tres meses de retraso en el cronograma se han producido, las horas extras programadas se consideran un método de aceleración del cronograma. La duración planificada de las horas extras es de 3 meses, y el principal interés es la cantidad de aceleración en el cronograma que se puede lograr a partir de los 3 meses de tiempo extra programado. Además, entre las varias opciones de tiempo extra programado. El autor decidió seleccionar las actividades críticas, que tienen una holgura total de menos de 5 días, dentro del período de 3 meses desde la fecha de los datos para el tiempo extra programado. Como resultado, se seleccionan 13 actividades para el tiempo extra programado.

Se otorgaron cuatro opciones diferentes de horas extras programadas al simulador de horas extraordinarias de construcción para el análisis de simulación.

La cuatro opciones son:

Opción A: 50 horas con 5 días hábiles por semana

Opción B: 50 horas con 6 días hábiles por semana

Opción C: 60 horas con 5 días hábiles por semana

Opción D: 60 horas con 6 días hábiles por semana

Cada opción de tiempo extra se simuló 500 veces. Se recogieron y analizaron los resultados de un total de 2.000 ejecuciones de simulación.

	Eficacia del enfoque de simulación El primer objetivo de la evaluación es probar la efectividad al tomar en consideración la pérdida de productividad y su variación diaria en la planificación de horas extras programadas. Fue probado comparando la fecha de finalización del proyecto calculada sin considerar la productividad pérdida durante el tiempo extra programado con la distribución de la fecha de finalización simulada del proyecto. Cuando no hay pérdida de productividad considerada, se asumió que el mismo nivel de rendimiento durante el horario estándar de 40 horas se mantiene como un valor fijo durante el tiempo extra programado.
RESULTADOS:	Tabla 1 *Datos del proyecto terminado con probabilidad usando la simulación* **Nota**. Fuente: Woo, S.(2016). "Simulation Analysis of Labor Performance during Overtime and Impact on Project Duration." KSCE Journal of Civil Engineering., 10.1007/s12205-016-0956-9, 2621. En esta tabla se muestran las fechas de finalización del proyecto calculadas sin considerar la pérdida de productividad de cada opción de horario de tiempo extra y las probabilidades de terminar el proyecto en esa fecha obtenido de simulaciones. Los resultados muestran que en realidad hay muy pocas posibilidades de terminar el proyecto por la fecha calculada, porque el valor real de la aceleración del cronograma que se obtendrá de la programación de las horas extras no son lo suficientemente grandes. Cuando la pérdida de productividad durante las horas extras no es considerada, hay una tendencia a que los efectos positivos de trabajar horas extras estén sobreestimados. En consecuencia, el análisis de simulación de los efectos de la pérdida de productividad laboral durante las horas extraordinarias evita que el gerente del proyecto tenga expectativas poco realistas de trabajar horas extras.

Cronograma de horas extras	Fecha de finalización sin pérdida en la productividad	Probabilidad	Fecha de finalización con pérdidad en la productividad	Probabilidad
50 horas y 5 días de trabajo	28 de Mayo	6.6%	04 de Junio	33.4%
50 horas y 6 días de trabajo	20 de Mayo	1.2%	26 de Mayo	7.6%
60 horas y 5 días de trabajo	14 de Mayo	0.2%	26 de Mayo	19.8%
60 horas y 6 días de trabajo	13 de Mayo	1.2%	19 de Mayo	16.4%

	El análisis de simulación muestra que la opción de tiempo extra proporciona una mayor aceleración del cronograma. Los efectos de esas opciones de tiempo extra en la duración total del proyecto fueron comparados y analizados. Como se esperaba, el horario de 60 horas de tiempo extra da más aceleración al cronograma que el horario de horas extra de 50 horas. La opción de trabajar horas extra 60 horas y 6 días por semana da la probabilidad más alta para la misma cantidad de aceleración del cronograma entre las opciones de tiempo extra. La cantidad más baja y la probabilidad de la aceleración del cronograma se observaron desde la opción de trabajar un tiempo extra de 50 horas y 5 días a la semana. Además, cuando el mismo número de horas es trabajado por semana, los resultados de la simulación muestran que trabajar 6 días a la semana le da más tiempo de ahorro que trabajando 5 días por semana. Una observación interesante de este el análisis de simulación es que parece que la cantidad de aceleración de cronograma esperado de la opción 50 horas con 6 días de trabajo y la opción de 60 horas y 5 días laborables no son significativamente diferentes.
CONCLUSIONES:	El objetivo principal de esta investigación ha sido cuantificar el impacto anticipado de la productividad de mano de obra durante las horas extras programadas en la duración total del proyecto. Con el fin de cumplir este objetivo, fue desarrollado un modelo de simulación llamado Monte Carlo que presenta la variabilidad y continuo deterioro de la productividad de la mano de obra durante el cronograma de horas extras. El patrón de la disminución de la productividad fue modelado por las curvas de productividad reportados por Business Rountable en 1974 y de nuevo en 1980, debido a que estas curvas se han considerado el estudio más completo de las horas extras en la construcción y productividad de la mano de obra. Además, las técnicas de inferencia estadística se utilizaron para adaptar una distribución teórica a los datos de productividad obtenidos a partir de la investigación CII publicado en 1994. Después de realizar las pruebas de hipótesis, la distribución logarítmica fue seleccionada para representar la variabilidad del rendimiento laboral diaria durante el cronograma de tiempo extra en el modelo de simulación. El modelo de simulación era integrado con Primavera Project Planner para

	estimar el impacto de la duración total del proyecto. A partir de esta investigación, se ha demostrado que la estimación del impacto de las horas extras de trabajo en la duración del proyecto sin tener en cuenta la disminución de la productividad del trabajo conduce a una sobreestimación de la eficacia de las horas extraordinarias de trabajo. La cantidad de aceleración en el cronograma a ser realmente obtenido a partir de horas extras de trabajo podrían no serlo esperado. Esta investigación ha demostrado que la simulación de Monte Carlo ofrece un análisis más profundo del impacto global sobre la programación del proyecto que otros métodos tradicionales como CPM, que toma un determino enfoque. El análisis de simulación permite a un administrador de proyectos evaluar y analizar la eficacia de las diferentes horas extras de trabajo y escoger la correcta opción de horas extras que proveerán una aceleración al cronograma del proyecto. (Woo, 2016, p.2623)

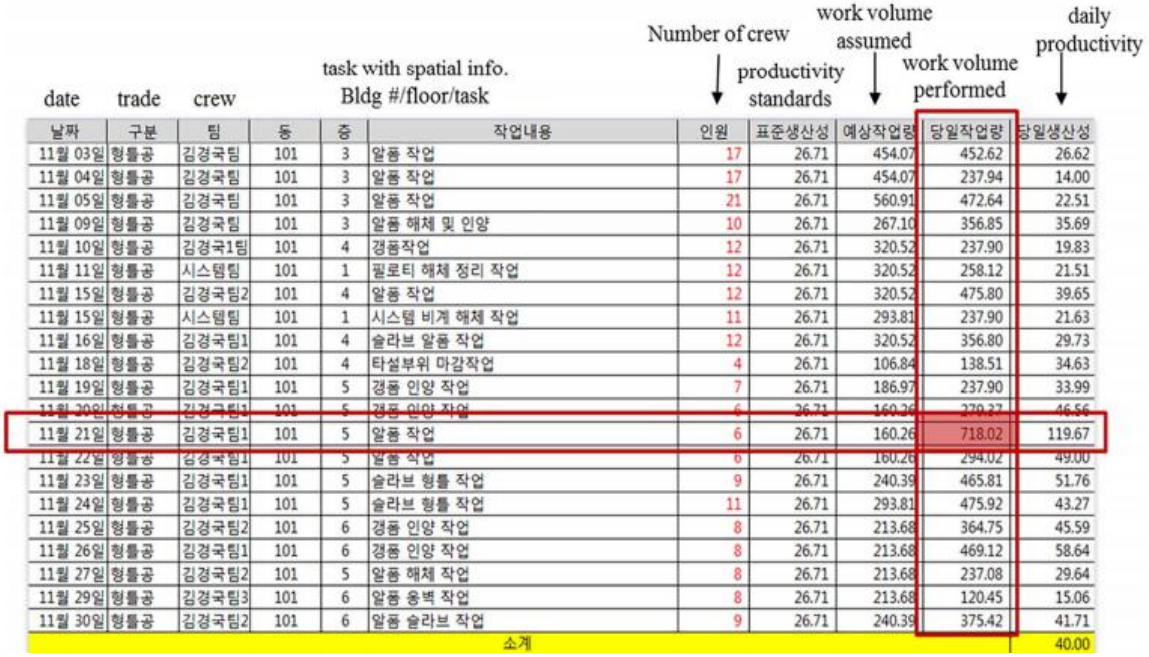
Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.009
TÍTULO:	BIM-assisted labor productivity measurement method for structural formwork Traducción: Método de medición de la productividad laboral asistida por BIM en Encofrados
AUTORES:	Lee ,J; Park,Young J; Choib, Chang H; Han, Choong H.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo presenta una investigación que adquiere y analiza la productividad laboral diaria de la construcción utilizando un modelo BIM 3D.
OBJETIVOS:	"El objetivo de esta investigación es establecer un método de medición avanzada para la productividad usando BIM (building information modeling) y una tecnología integrada de información para el progreso análisis y control" (Lee, Park, Choib y Han, 2017, p.121).
METODOLOGÍA:	El prototipo del sistema desarrollado se aplicó a un proyecto de apartamentos de un área de 84,601 m2 que cuenta con un periodo de construcción de 24meses, y los datos de productividad se calcularon utilizando datos recopilados basados en objetos modelo 3D. Un ingeniero de campo fue capacitado para registrar el volumen de trabajo diario, incluyendo la mano de obra requerida planificada y el trabajo diario realizado, así como para analizar la varianza. El control del proyecto analiza la variación entre el estado real y el objetivo planificado. El estado se expresa normalmente en términos de avance, el cual se utiliza para describir el trabajo realizado en términos del porcentaje del trabajo completado en un período de tiempo designado. Por lo tanto, la medida de avance se compone de factores de costo y tiempo. Es crucial integrar el tiempo con el costo para calcular con precisión el avance. En la construcción, una cuenta de costos incluye varias actividades y, por lo tanto, los costos deben distribuirse entre las actividades.

	Con respecto a la integración de planificación (tiempo) / costo. Con el avance de BIM, el BIM es un proceso que facilita la comunicación y entendimiento de un proyecto entre el propietario, arquitectos, ingenieros y contratista con diseños de obras en 3D y la representación del avance de la obras, se reevaluó el enfoque de vincular el modelado 3D de objetos de diseño con la información de planificación / costo. El concepto principal del BIM basado en la productividad diaria, el control del avance y los sistemas de control es adquirir información diaria usando objetos 3D e ingresarla en bases de datos relacionadas. El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera: 1) extraer las cantidades utilizando modelos en 3D y una estructura de desglose integrada, 2) establecer una base de datos para la productividad estándar de cada actividad basada en el estándar de medida o datos de costos históricos, 3) medir e informar la entrada diaria trabajadores y volumen de trabajo, 4) comparar la productividad y el progreso real y planificado, y 5) registrar la productividad y el progreso en la base de datos. Esta investigación se centra en la adquisición y el análisis de la información de productividad. Se establece una base de datos basada en BIM para los datos de propiedades de elementos tales como losas, vigas y columnas que están involucradas en la zonificación espacial. La tasa de productividad de la construcción varía de un proyecto a otro debido a factores de las condiciones ambientales y de gestión. Estos factores específicos del proyecto afectan la productividad tanto positiva como negativamente. Park identificó las horas extras programadas, la gestión de materiales, el clima y los factores humanos como los principales factores que influyen en la tasa de productividad. La identificación de estos factores es un paso preliminar en la creación de un modelo para la estimación de la productividad.
RESULTADOS:	El análisis realizado mostró una desviación significativa.

Tabla 1

Resultados del Análisis de Productividad



날짜	구분	팀	동	층	작업내용	인원	표준생산성	예상작업량	당일작업량	당일생산성
11월 03일	형틀공	김경국팀	101	3	알폼 작업	17	26.71	454.07	452.62	26.62
11월 04일	형틀공	김경국팀	101	3	알폼 작업	17	26.71	454.07	237.94	14.00
11월 05일	형틀공	김경국팀	101	3	알폼 작업	21	26.71	560.91	472.64	22.51
11월 09일	형틀공	김경국팀	101	3	알폼 해체 및 인양	10	26.71	267.10	356.85	35.69
11월 10일	형틀공	김경국1팀	101	4	갱폼작업	12	26.71	320.52	237.90	19.83
11월 11일	형틀공	시스템팀	101	1	필로티 해체 정리 작업	12	26.71	320.52	258.12	21.51
11월 15일	형틀공	김경국팀2	101	4	알폼 작업	12	26.71	320.52	475.80	39.65
11월 15일	형틀공	시스템팀	101	1	시스템 비계 해체 작업	11	26.71	293.81	237.90	21.63
11월 16일	형틀공	김경국팀1	101	4	슬라브 알폼 작업	12	26.71	320.52	356.80	29.73
11월 18일	형틀공	김경국팀2	101	4	타설부위 마감작업	4	26.71	106.84	138.51	34.63
11월 19일	형틀공	김경국팀1	101	5	갱폼 인양 작업	7	26.71	186.97	237.90	33.99
11월 20일	형틀공	김경국팀1	101	5	갱폼 인양 작업	6	26.71	160.26	270.27	46.56
11월 21일	형틀공	김경국팀1	101	5	알폼 작업	6	26.71	160.26	718.02	119.67
11월 22일	형틀공	김경국팀1	101	5	알폼 작업	6	26.71	160.26	294.02	49.00
11월 23일	형틀공	김경국팀1	101	5	슬라브 형틀 작업	9	26.71	240.39	465.81	51.76
11월 24일	형틀공	김경국팀1	101	5	슬라브 형틀 작업	11	26.71	293.81	475.92	43.27
11월 25일	형틀공	김경국팀2	101	6	갱폼 인양 작업	8	26.71	213.68	364.75	45.59
11월 26일	형틀공	김경국팀1	101	6	갱폼 인양 작업	8	26.71	213.68	469.12	58.64
11월 27일	형틀공	김경국팀2	101	5	알폼 해체 작업	8	26.71	213.68	237.08	29.64
11월 29일	형틀공	김경국팀3	101	6	알폼 옹벽 작업	8	26.71	213.68	120.45	15.06
11월 30일	형틀공	김경국팀2	101	6	알폼 슬라브 작업	9	26.71	240.39	375.42	41.71
소계										40.00

Nota. Fuente: Lee ,J., Park,Y. J., Choib, C. H.,y Han, C. H.(2017).” BIM-assisted labor productivity measurement method for structural formwork.”Automation in Construction., https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.009, 121-132.

CONCLUSIONES:

Esta investigación encontró que la información sobre la productividad es un ingrediente esencial de la supervisión y el control del progreso de la construcción. Este documento discutió el proceso de modelado BIM 3D.

Los hallazgos significativos de esta investigación son los siguientes:(a) Es posible representar la productividad utilizando el progreso visual a través de un modelo 3D BIM. La productividad tiene una medida compuesta de costo-tiempo que considera la mano de obra requerida y las cantidades que se producen. Este documento explica cómo integrar la información del modelo BIM con la información relacionada con la productividad diaria obtenida del sitio de trabajo. (b) Se puede generar una línea de mejor ajuste de productividad en función de la aplicación del prototipo a un proyecto. Esta línea se utiliza como línea de base para la proyección de tiempo y costo de proyectos similares. Se establecerá una base de referencia de productividad estándar utilizando información de productividad acumulada. (c) Esta investigación está limitada al análisis de productividad basado en BIM con respecto a la construcción de encofrados, y se necesitan más estudios

	basados en esta información. Un estudio sobre el análisis de productividad basado en BIM con respecto al trabajo de refuerzo y al trabajo concreto se llevará a cabo en un futuro cercano para que el análisis de productividad basado en BIM pueda aplicarse a toda la construcción. Esto se ampliará aún más en una metodología general que se puede aplicar en otros sistemas de construcción. También se realizarán investigaciones adicionales para administrar. (Lee et al., 2017, p.132)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1007/s12205-017-1652-0
TÍTULO:	Critical Review of Previous Studies on Labor Productivity Loss Due to Overtime Traducción: Análisis crítico de los estudios previos que evalúan las pérdidas en la productividad laboral debido a las horas extras en el trabajo.
AUTORES:	Woo, Sungkwon; Chang, Chui-Ki.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo muestra una guía que orienta a los investigadores que características se deben considerar cuando se quiera cuantificar el efecto de las horas extraordinarias en la productividad laboral de la construcción para que los profesionales no hagan un mal uso del resultado de los estudios.
OBJETIVOS:	El propósito principal de este documento es proporcionar a los practicantes e investigadores un acogimiento adecuado de los resultados de estudios previos sobre la aplicación de horas extras en los proyectos para lograr una mejor planificación cuando ellos deban decidir si se debe acelerar la implementación de tiempo extra en el cronograma del proyecto o no. Con este propósito, el autor examinó críticamente las características de estudios previos de horas extras, el ambiente de trabajo y características del proyecto para averiguar si el resultado del estudio se puede aplicar a una cierta situación. (Woo y Chang, 2017, p.2551)
METODOLOGÍA:	El debate que este documento presenta una descripción general de estudios relacionados con las horas extras (Tabla 1), seguidos de un análisis crítico y revisión de cada estudio de sus características de horas extras, el ambiente de trabajo y características del proyecto.

Tabla 1
Estudios analizados

Autor	Kossoris	AMCA	NECA	Howerton	O'Conner
Datos originales	Original	No	Original	Similares a los estudio de Adrian	Original
Recopilación de datos	Registro del proyecto	N/A	Encuesta	Desconocido	Registro del proyecto
Fuente de datos	78 casos individuales que cubren 2455 hombres y 1.060 mujeres	Datos de la BLS	NECA capitulo de Michigan	Desconocido	La investigación de Foster Wheeler se llevó a cabo a partir 1963 ~ 1968
Tipo de proyecto	Varias de las industrias manufactureras		Desconocido	Desconocido	Estación de energía de combustible
Oficios implicados	Desconocido		Electricista	Desconocido	Trabajadores que operan las calderas
La naturaleza del trabajo/ entorno de trabajo	- Altamente repetitivo - Se require poca toma de desiciones - Salario de incentivos -Realizado puertas adentro		Desconocido	Desconocido	Desconocido

Autor	Business Round Table	El Departamento del Ejército	Adrian	Blomberg
Datos originales	Original	Parcialmente de NECA	Original	Original
Recopilación de datos	Registro del proyecto	Registro del proyecto	Desconocido	Encuesta
Fuente de datos	P & G planta de procesamiento en Wisconsin	Acepta los datos de NECA de 1 ~ 4 semanas y después se añadió un poco de su propia linea, por ejemplo 5-9s, 5-10s, 5-12s y 6-8s	Obras de concreto en Chicago	Recogido de 3 contratistas por la Asociación de Ingenieros de costos de New Jersey
Tipo de proyecto	Planta procesadora	Desconocido	Desconocido	Planta procesadora
Oficios implicados	Desconocido	Desconocido	Obras de concreto	Filtros para tubería.
La naturaleza del trabajo/ entorno de trabajo	- Serie de trabajo programado de horas extras cada uno dura menos de 13 semanas - En un clima de trabajotranquilo	Desconocido	Realizado bajo condiciones de climas ideales (60 ~ 80F)	Desconocido
Relación con la construcción	Si	Desconocido	Si	Si

Autor	CII	Haneiko / Henry	CII / Thomas	Hanna
Datos originales	Original	Original	Original	Original
Recopilación de datos	Observación directa	Encuesta	Observación directa	Encuesta
Fuente de datos	De 25 equipos diferentes que trabajan en 7 proyectos de la industria pesada	Recogido de proyecto en Texas en 1986	Recogido de 151 semanas de 4 proyectos entre 1989 ~ 92	88 proyectos en USA
Tipo de proyecto	Proyectos industriales	Proyectos anteriores	Proyecto de construcción industrial	Varios
Oficios implicados	Aisladores (3), Instaladores de tuberías (7), Electricistas (11), carpinteros (1), Herreros (1), Cuadrillas de hormigón (2)	Colocación del hormigón	Electricista e instaladores de tuberías	Eléctricos y mecánicos
La naturaleza del trabajo/ entorno de trabajo	Sólo dos proyectos incluyen datos sobre horas de tiempo regular, así como horas extras	- Algunos naturaleza repetitiva del trabajo - Consideración del presupuesto	- Ambiente de trabajo tranquilo y bien administrado	Centrado en la mano de obra intensiva
Relación con la construcción	Si	Si	Si	Si

Nota. Fuente: Woo, S.,y Chang, C.-K.(2017).” Critical Review of Previous Studies on Labor Productivity Loss Due to Overtime.” *KSCE Journal of Civil Engineering*., 10.1007/s12205-017-1652-0, 2553.

RESULTADOS:

-La asociación Americana de constructores mecánicos (MCAA) publicó un estudio en 1968 en el que se determina dos hallazgos.

En primer lugar, el trabajo extra no solo afecta las horas extras sino también a las horas de trabajo regulares. En segundo lugar, la pérdida de productividad experimentada durante el período de tiempo extra programado continuará, por un número de días, después de regresar a la semana de trabajo estándar.

-La asociación Nacional de Contratistas Eléctricos (NECA) realizó su estudio de trabajo extra en 1969, donde se muestra que la productividad disminuyó durante períodos de una a cuatro semanas sucesivas. Los resultados del estudio son generalmente consistentes con el Foster Wheeler. Sin embargo, la fuente de datos, tipo de trabajo y condiciones de trabajo son desconocidos.

- Business Rountable (BRT) realizó su primer análisis de tiempo extra en el cronograma en 1974 y su reedición fue en 1980 donde encontró que la productividad disminuye rápidamente durante la primera semana, incrementa ligeramente durante la segunda y

tercera semana y continuamente disminuye después de la tercera semana.

Después de varias semanas de trabajo con tiempo extra en el cronograma, la reducida productividad de la mano de obra debido a fatiga, ausentismo, lesiones y reducción de la capacidad de los trabajadores llegó a un punto crítico. El estudio informó que, como regla general, para las horas extras por encima de las ocho horas por día y 40 horas por semana, tres horas son requeridas para dos horas adicionales de producción cuando el trabajo es liviano, y se necesitan dos horas. Para una hora adicional de producción cuando el trabajo es pesado. Sin embargo este estudio también tiene fallas ya que los datos usados provienen de un solo proyecto y la naturaleza de las actividades de construcción y los oficios involucrados son desconocidos.

-La Oficina del Departamento de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos publicaron la "Guía de evaluación de impacto de modificación" en 1979. La pérdida de productividad se mostró para las semanas sucesivas de tiempo extra hasta la cuarta semana. El impacto negativo en la eficiencia de trabajo incremento con un incremento en la cantidad de tiempo extra en el cronograma y la duración del trabajo de horas extras. Sin embargo, la fuente de datos y las condiciones del trabajo son desconocidas.

- El Instituto de la Industria de la Construcción (CII) en 1988 determinó que las horas extras en el cronograma pueden ser usadas sin tener pérdidas en la eficiencia laboral.

Además, las horas extras no disminuyen la productividad laboral o aumentan el ausentismo laboral y los accidentes en condiciones de sobre tiempo. Sin embargo, no hay patrones consistentes. En el mismo proyecto usando un horario de horas extras, la evolución de la productividad de trabajadores individuales no es consistente. Por lo tanto, no hay conclusiones defendibles.

Las limitaciones de este estudio incluyen la incapacidad de comparar la productividad en horas extras con la productividad en tiempo regular, (solo dos proyectos incluían datos sobre tiempo extra así como horas regulares de trabajo), procedimientos incompletos de recopilación de datos y la incapacidad correlacionar los cambios en la productividad con otros factores y las condiciones del sitio de trabajo.

-La Asociación Americana de Ingenieros de Costos (AACE) en su investigación realizada en 1988 midió la productividad por el concepto de valor ganado y se calculó como horas

	ganadas divididas por horas reales. Usaron el término "Multiplicador del trabajo base" en lugar de pérdida de productividad. Este estudio encontró que el multiplicador de horas de trabajo base aumentó como las horas extras, lo que indica que se necesitaban más horas extras para hacer la misma cantidad de trabajo en tiempo regular. - Haneiko y Henry (1991) analizaron cinco factores (ciclo de aprendizaje, condiciones de trabajo, tiempo extra, doble turno y modificaciones generales) que afecta la productividad en un proyecto en el año 1991. Dando resultados que mostraron que la productividad disminuyó constantemente, ascendiendo al 25% después de la sexta semana.
CONCLUSIONES:	Existen dos conclusiones importantes para la investigación presentada. Primero, el análisis del artículo muestra una coherencia general con respecto a la pérdida global de eficiencia no solo en las horas extras, sino en todas las horas trabajadas durante la semana. Mejor dicho, hay una pérdida de productividad del 1% para cada hora adicional por semana agregada al cronograma más allá de 40 horas. A diferencia de otros estudios, CII (1988) y Thomas (1997) concluyeron que las horas extras programadas se pueden usar sin perder trabajo productividad a corto plazo. En relación con los días por semana varios estudios acordaron que una semana laboral más corta es mejor. Solo un estudio (NECA, 1969) muestra que las semanas de trabajo más largas son preferibles. Sin embargo, la mayoría de los estudios muestran muy poca diferencia. En segundo lugar, se han realizado varios estudios para medir el efecto de los factores importantes mediante el uso de una variedad de metodologías. Sin embargo, la mayoría de los estudios revisados en este documento tienen dificultades. La mayoría de ellos están desactualizados, basados en un tamaño de muestra pequeño, y en gran medida desarrollados a partir de fuentes cuestionables o desconocidas. Muy poco se sabe cómo y de dónde se recolectaron los datos. Donde la fuente de datos es conocida, poco se sabe acerca de otra información pertinente, como las características del proyecto, entornos de trabajo, calidad de gestión y supervisión, tipo de trabajo y oficios involucrados. La revisión de la literatura también revela que algunas publicaciones utilizaron datos de otros estudios.

	Algunos académicos y practicantes enfatizan que la mano de obra no es el único recurso o componente que se consume en un ritmo acelerado en situaciones de sobre tiempo (Thomas, 1997; Brunies y Emir, 2001). Por lo tanto, siempre que la pérdida de productividad debido al tiempo extra se cuantifica, las circunstancias vinculadas deben ser claramente entendidas y analizadas. La decisión de la administración del proyecto que afecta la productividad de la mano de obra puede influenciar el éxito de un proyecto de construcción porque una gran parte del presupuesto de construcción se asigna a los gastos de mano de obra (Hanna et al.,2005). Comprender el efecto de las horas extras y cuantificar su impacto en la productividad juega un papel importante en la estimación, programación y decisiones de planificación (Sonmez y Rowings, 1998). La práctica de horas extras es una decisión de administración clave porque puede tener un impacto negativo en la productividad laboral. La posibilidad de lograr un ahorro de costos significativo existe, si las pérdidas de productividad debido a las horas extras pueden ser reducidas. (Woo y Chang, 2017, p.2556)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1139/L2012-053
TITULO:	Generational differences on craft workers' perceptions of the factors affecting labour productivity Traducción: Diferencias generacionales que existe en los trabajadores en la percepción de los factores que afectan la productividad de la mano de obra
AUTOR:	Goodrum, Paul M; Dai, J.
IDEA PRINCIPAL:	La idea principal de este artículo es investigar la manera en que las tres diferentes generaciones: Baby Boomers (1946-1964), Generación X (1965- 1979) y Generación Y (1980 – en adelante) perciben la afectación causada por los factores de productividad de mano de obra.
OBJETIVOS:	El objetivo de este artículo es intentar ayudar a practicantes e investigadores a entender las diferencia generacional en la percepción de los factores que afectan la productividad en la construcción de la siguiente manera: 1. Examinando los patrones de los factores de productividad en tres generaciones de trabajadores. 2. Identificando los factores individuales que fueron percibidos de manera más diferente entre los grupos generacionales. (Goodrum y Dai, 2012, pp.1018-1019)
METODOLOGÍA:	La encuesta a los trabajadores fue desarrollada para cuantificar la importancia de 83 factores de productividad. Esta encuesta contiene tres secciones, en la sección 1 se encuentran recopilados la información demográfica de los encuestados como ocupación en la construcción, edad, años de experiencia en el trabajo y educación. En la sección 2 se encuentra el análisis de la frecuencia y la gravedad de 26 factores de productividad. Estos 26 factores se denominan factores de frecuencia. La frecuencia de estos factores se clasificó en una Escala de Likert de 7 puntos con 1 que indica que "nunca ocurre" y 7 que indica "siempre ocurre". El impacto de esos factores individuales también se

calificó en una Escala Likert de 7 puntos con 1 como "no tiene impacto en la productividad" y 7 como "tiene un impacto extremo en la productividad".
La sección tres de la encuesta exploró el nivel de acuerdo de los encuestados con los otros 57 factores, junto con las percepciones de los encuestados sobre el impacto de cada factor en la productividad. "El acuerdo sobre cada factor fue calificado por los encuestados en una escala de 7 puntos, con 1 que indica" realmente en desacuerdo "y 7 que indica" realmente de acuerdo". Los factores de acuerdo también utilizaron una escala de impacto de 7 puntos, con 1 que indica "un impacto muy negativo" y 7 que indica "un impacto muy positivo", que es diferente de la calificación de impacto de los factores de frecuencia.

Este artículo usó dos escalas para analizar los factores en la encuesta. Para los factores de frecuencia, la escala se determinó por valores con respecto al producto de la respuesta de frecuencia e impacto ec. [1].

$$[1] \text{ Puntuación de la gravedad de la frecuencia} = \frac{I_i \text{ x } \Sigma F_i}{N \, x \, 49} \text{ x } 100,$$

donde Fi es la frecuencia evaluada por un encuestado i y oscila entre 1 y 7; Ii es el impacto evaluado por el encuestado i y oscila entre 1 y 7; N es el número total de encuestados por un factor.

Los factores de acuerdo se evaluaron en una escala basada en el porcentaje ponderado de impacto negativo y el porcentaje ponderado de acuerdo o desacuerdo, dependiendo de si el factor se declaró como un problema negativo o positivo.

El porcentaje ponderado de desacuerdo (R) para un factor declarado positivamente se calculó usando la ec. [2].

$$[2] \; R = (A \text{ x1} + B \text{ x2} + C \text{ x3}) / 6$$

donde A es el porcentaje de encuestados calificando la cuestión positiva como 3 (es decir,

levemente en desacuerdo); B es el porcentaje de encuestados que califican la cuestión positiva como 2 (es decir, entre levemente en desacuerdo y realmente no están de acuerdo); y C es el porcentaje de encuestados calificando la cuestión positiva como 1 (es decir, muy en desacuerdo).Y R tiene un valor máximo de 50 si todos los encuestados no estaban de acuerdo con la afirmación positiva

El porcentaje ponderado de impacto (I) se calculó utilizando la ec. [3].

$$[3]\ I = (X x1 + Y x2 + Z x3)/6$$

donde X es el porcentaje de encuestados que califica el impacto como 3 (es decir, impacto negativo pequeño); Y es el porcentaje de encuestados que califica el impacto como 2 (es decir, entre impacto negativo y muy negativo); y Z es el porcentaje de encuestados que califica el impacto como 1 (es decir, impacto muy negativo). E (I) con un máximo de 50 si todos los encuestados clasifican al factor de tener un impacto muy negativo sobre la productividad

Finalmente, la puntuación de gravedad del factor de acuerdo declarado positivamente se calculó usando la ec. [4].

$$[4]\ \text{Puntuación de gravedad del acuerdo} = \frac{R \text{ x I}}{2500}\ x\ 100$$

La puntuación de la gravedad varió de 0 a 100, donde 0 se refiere a ningún impacto o ninguna ocurrencia, mientras que 100 se refiere a un impacto severo.

Los factores son comparados por generación y análisis cuantitativos permitiendo a los autores identificar los factores que tuvieron la más grande percepción del impacto en la productividad para cada generación de trabajadores e identificar los factores que tuvieron más diferencias entre las tres generaciones.

RESULTADOS:

Tabla 1

Principales factores de productividad por generación

	Baby Boomers		Generación X		Generación y	
factores de productividad	Ranking	Gravedad	Ranking	Gravedad	Ranking	Gravedad
Tengo que esperar a que las personas y los equipos para mover el material que necesito	1	31.9	1	37.2	1	33.2
Cuando necesito una grúa o carretilla elevadora para ayudarme, no hay alguien disponible	5	26.0	7	31.3	2	29.2
Tengo que buscar en un montón de lugares para encontrar las herramientas que necesito para hacer mi trabajo	12	23.1	4	31.5	3	28.7
Las herramientas eléctricas que uso en este trabajo se descomponen después de poco uso debido a que la empresa compra, sin marca herramientas baratas	*	*	12	25.9	4	26.8
No puedo obtener los consumibles que necesito para hacer mi trabajo	6	25.5	5	31.5	5	26.4
Si necesito un elevador de personal para hacer mi trabajo, no hay alguien disponible	4	27.0	6	31.4	6	26.3
Hay errores en los dibujos que utilizo	2	31.5	2	32.7	7	26.0
No puedo encontrar los materiales que necesito para hacer mi trabajo	10	23.1	13	25.1	8	25.7
No puedo conseguir las herramientas eléctricas que necesito para hacer mi trabajo	15	22.3	8	29.6	9	25.2
Cuando voy a instalar elementos prefabricados, el trabajo se tiene que hacer sobre ellos para solucionar los problemas de calidad	7	25.1	10	26.2	10	24.6
Mi supervisor no me proporciona suficiente información para hacer mi trabajo	8	23.8	14	24.3	11	24.4
Gestión de Proyectos paga bonos monetarios para el buen desempeño	*	*	*	*	12	24.4
Cuando hay una pregunta o un problema con un dibujo, los ingenieros son lentos para abordar la cuestión	3	31.0	3	32.1	13	24.3
No puedo conseguir las herramientas que necesito para hacer mi trabajo	*	*	11	26.0	14	23.9
Las política de proyecto me impide obtener la cantidad de consumibles que necesito en el momento de hacer mi trabajo de manera eficiente	13	22.8	9	26.5	15	22.5
Los dibujos que necesito para hacer mi trabajo no están disponibles	9	23.2	*	*	*	*
Cuando necesito productos (tales como pernos y tornillos, papel de lija, o de madera), no puedo encontrarlos	11	23.1	*	*	*	*
Me he retrasado porque tengo que esperar a que los permisos de trabajo	14	22.6	*	*	*	*

Nota. Máxima puntuación de gravedad es de 100. Fuente: Goodrum, P. M.,y Dai, J.(2012).” Generational differences on craft workers’ perceptions of the factors affecting labour productivity.”*Canadian Journal of Civil Engineering.*, 10.1139/L2012-053,1023.

*Indica que los factores no se encuentran entre los 15 factores principales en el grupo de encuestados.

Tabla 2

Mayoría de los factores significativamente diferentes entre generación

Factores de productividad	Puntuación de la gravedad			Max –Min	F- valor
	Baby boom	Generación X	GeneraciónY		
Tengo que buscar en muchos lugares para encontrar las herramientas que necesito para hacer mi trabajo	23.1	31.5	28.7	8.4	15.34 *
Los artesanos más jóvenes no están tan motivados como los más mayores	9.3	6.7	1.29	8.1	21.56 *
Cuando hay una pregunta o un problema con un dibujo, los ingenieros son lentos para abordar la cuestión	31.0	32.1	24.3	7.9	4.13
El pago de este proyecto es igual a lo que se paga en la zona	8.3	15.9	12.8	7.6	15.76 *
No puedo conseguir las herramientas eléctricas que necesito para hacer mi trabajo	22.3	29.6	25.2	7.4	12.51 *
Las herramientas eléctricas que uso en este trabajo se descomponen después de poco uso debido a que la empresa compra, sin marca herramientas baratas	19.9	25.9	26.8	6.9	9,34 *
Gestión de Proyectos paga bonos monetarios para el buen desempeño	17.7	20.4	24.4	6.7	4,67 *
Hay errores en los dibujos que utilizo	31.5	32.7	26.0	6.7	3.55
No puedo obtener los consumibles que necesito para hacer mi trabajo	25.5	31.5	26.4	6.0	9,69 *
Cuando necesito una grúa o carretilla elevadora para ayudarme, no hay alguien disponible	26.0	31.3	29.2	5.3	7,60 *
Tengo que esperar a que las personas y los equipos para mover el material que necesito	31.9	37.2	33.2	5.2	5,65 *
Si necesito un elevador de personal para hacer mi trabajo, no hay alguien disponible	27.0	31.4	26.3	5.1	4,89 *
No se presta suficiente atención a la protección de los trabajadores contra la intemperie	6.3	8.6	11.1	4.8	6.13 *
Si tengo un problema o una pregunta, es difícil ponerse en contacto con mi supervisor porque el área de trabajo es muy grande	17.7	20.1	22.2	4.5	3.41
Los trabajadores no tienen ningún incentivo en este proyecto para buscar la formación o certificaciones adicionales	6.3	10.5	6.6	4.3	10.73 *
No puedo conseguir las herramientas de mano que necesito para hacer mi trabajo	21.9	26.0	23.9	4.2	4,46 *
La política de proyecto me impide obtener la cantidad de consumibles que necesito en el momento de hacer mi trabajo de manera eficiente	22.8	26.5	22.5	3.9	3.59
Gestión de Proyectos estableció diferentes escalas de pago de la misma clasificación de trabajo	1.3	2.6	5.1	3.8	13.72 *
Hacer un seguimiento del material en este trabajo es difícil	3.9	7.5	5.5	3.5	10.06 *
Hay una gran cantidad de viajes en este trabajo ya que el material no se almacena suficientemente cerca de la zona de trabajo	6.7	9.6	9.3	2.9	4.21
MI supervisor no recibe el apoyo que necesita de las funciones de apoyo (almacén, equipo, etc.) para hacer su trabajo con eficacia	4.2	6.1	6.5	2.3	3.73
Todos los trabajadores tienen orgullo de su trabajo	2.7	4.0	4.7	2.0	7,21 *
Superintendente sabe lidiar muy eficazmente con las personas	1.8	3.6	2.7	1.7	8,33 *
Gestión de proyectos ofrece diferentes tipos de dietas a los trabajadores	1.3	1.9	2.8	1.5	5,51 *
MI supervisor me deja hacer mi trabajo de la manera que sé que se debe hacer	0.8	0.9	2.2	1.4	13.04 *
No hay capacitación de salud y seguridad en este proyecto	2.6	3.9	3.5	1.2	5,34 *
MI supervisor recibe el apoyo de su jefe para hacer su trabajo con eficacia	1.3	2.0	2.4	1.1	8,09 *
MI Superintendente no está calificado para hacer su trabajo	1.3	2.2	2.0	1.0	6,97 *

Nota.Fuente: Goodrum, P. M.,y Dai, J.(2012)." Generational differences on craft workers' perceptions of the factors affecting labour productivity."*Canadian Journal of Civil Engineering.*, 10.1139/L2012-053,1024.

*Indica que la diferencia entre los dos grupos es del 99% del nivel de seguridad.

CONCLUSIONES:

En general, las tres generaciones observadas de trabajadores tenían un fuerte consenso sobre la prioridad de los factores que afectan la productividad de la construcción, y las diferencias entre las generacionales a menudo fueron pequeñas (lo que tiene poca importancia práctica). Este resultado concuerda con los hallazgos de estudios previos que informaron pocas diferencias entre generaciones con respecto a sus valores, creencias y

comportamiento. Sin embargo, se observaron algunas diferencias con respecto a la percepción de las diferentes generaciones sobre los factores que afectan la productividad de la construcción, sobre la base de análisis cuantitativos. Específicamente, los análisis sugirieron que la Generación X a menudo calificaba los problemas asociados con las herramientas, los materiales y el equipo como más severos de lo que creían los Baby Boomers y la Generación Y. La Generación Y percibió los problemas asociados con la ingeniería y los dibujos en los planos como menos severos que la Generación de Baby Boomer y Generación Y. Esta diferencia posiblemente podría atribuirse a que la Generación Y usaba dibujos en los planos con menos frecuencia en comparación con las generacionales más antiguas.

La Generación Baby Boomers y la Generación X percibieron que la motivación de los trabajadores más jóvenes era más severa que la Generación Y. La diferencia puede atribuirse a cómo la Generación Y reacciona ante sus compañeros de trabajo y supervisores. Tal como lo encontró Armor (2005), la Generación Y está "menos dispuesta y no tiene miedo de desafiar el statu quo". Además, los motivadores pueden ser diferentes por generación. La Generación Y también calificó algunos factores asociados con la política del proyecto, especialmente sobre la segura protección del clima, siendo más severos que las otras generaciones. Además, los encuestados de la Generación Y indicaron que tenían una mayor expectativa del trabajo, como el pensamiento independiente. En consecuencia, los factores calificados por la Generación Y, como "mi supervisor me permite hacer mi trabajo de la forma en que sé que debería hacerse", son más severos en comparación con las generaciones anteriores. Mientras tanto, la Generación Y también informó un puntaje de severidad más alto en "si tengo un problema o una pregunta, es difícil ponerse en contacto con el supervisor porque nuestro área de trabajo es tan grande" como lo hicieron las generaciones anteriores. Indica que cuando se comunique con los trabajadores de la Generación Y, es importante permitirles pensar de forma independiente, pero también darles la facilidad de solicitar respuestas o consejos de sus supervisores, lo cual es una necesidad natural teniendo en cuenta su etapa en el desarrollo profesional. Los trabajadores de la Generación Y quieren ser tratados justamente.

	La Generación Y son más sensibles a los problemas, como "falta de bonificación por el buen desempeño", "escala salarial diferente para la misma clasificación de trabajo" y "diferentes tasas de viáticos". Cabe señalar que los trabajadores que participaron en esta investigación trabajaban principalmente en proyectos industriales pesados. Es necesario realizar más investigaciones para examinar cómo las generacionales de trabajadores de la construcción difieren en otros sectores de la industria de la construcción, como la infraestructura y los proyectos comerciales. Las diferencias entre las tres generacionales pueden atribuirse a diferencias en su edad y experiencia laboral en lugar de diferencias reales en las percepciones entre las generacionales. Es probable que cuando los Baby Boomers ingresaron a la industria de la construcción, su percepción de los factores de productividad reflejara estrechamente las percepciones de la Generación Y de hoy. Sin embargo, los datos a largo plazo necesarios para hacer comparaciones simplemente no están disponibles para el conocimiento de los autores. (Goodrum y Dai, 2012, p.1025)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001347
TÍTULO:	Application of Data Mining Techniques to Quantify the Relative Influence of Design and Installation Characteristics on Labor Productivity Traducción: Aplicación de técnicas de recolección de datos que cuantificar la influencia relativa de las características de diseño e instalación en la productividad laboral
AUTORES:	Bonham, Dave R ;Goodrum, Paul M ; Littlejohn, Ray; Albattah, Mohammed A.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo presenta un enfoque metodológico del desarrollo de una práctica métrica que recopila datos centrados únicamente en los factores que influyen en la productividad.
OBJETIVOS:	"El objetivo del estudio es explorar la formación de los parámetros métricos de productividad necesarios para la recopilación de datos y no desarrollar valores de respuesta pronosticados que sean precisos" (Bonham, Goodrum, Littlejohn y Albattah,2017, p.040170523).
METODOLOGÍA:	El método de codificación simple pero completo desarrolla una relación directa entre las horas de trabajo (entradas "inputs") y las cantidades de trabajo en sitio (salidas "outputs"). Una métrica estandarizada pretende correlacionar las entradas y salidas de productividad mediante una agrupación categórica basada en tareas que son comunes en toda la industria de tuberías mecánicas. La estructura del código representa una métrica de factores de productividad y valores delimitados para definir las medidas correspondientes de entradas y salidas de tareas estadísticamente homogéneas dentro del mercado de tuberías mecánicas. Este estudio utiliza una técnica de recolección de datos que usa el algoritmo de clasificación y regresión (CART) para determinar el efecto combinado de nueve factores de influencia de la productividad representados mediante tasas laborales estimadas sin sesgo conceptual o prejuicio de la industria. El algoritmo CART se utiliza para desarrollar casos progresivos de combinaciones de factores, los cuales son mejorados para crear una métrica simplificada de recolección de datos enfocada en la productividad que utiliza características de instalación y delimitados valores en combinaciones inesperadas que no se han realizado

	en investigaciones previas. Cada métrica representa una perspectiva de un sistema de clasificación plausible, el cual muestra una estructura de codificación simple a nivel de industria capaz de cuantificar las entradas y salidas de productividad uniformemente a través de los alcances de tuberías heterogéneas.
RESULTADOS:	Tabla 1 *Estadísticas descriptivas de aprendizaje de origen de datos (AMCA, Richardson, y RS Medios)*

Subconjuntos	Combinación mecánica (h[a]/UOM)	Kit de Tubería (h[a]/LF[b])	Componentes de la tubería (h[a]/EA[c])	Kit de Tubería (h[a]/ LF[b])	Componentes de la tubería (h[a]/EA[c])	Kit de Tubería (h[a]/LF[b])	Componentes de la tubería (h[a]/EA[c])
N	2516559	204456	2268084	8578	4431	13580	17.430
Media	23.662	0,797	26.147	0,551	2,347	0,490	3.264
Error estándar de la media	0,028	0,003	0,030	0,010	0,049	0,003	0,043
Mediana	9,073	0,366	11.183	0,235	1.260	0,384	1.094
Desviación estándar	43.692	1,228	45.333	0,938	3.244	0,381	5,637
Varianza	1,908.952	1,508	2,055.050	0,879	10.521	0,145	31.774
Asimetría	5.546	4.516	5.359	5.547	3,702	2,342	4.129
Error estándar de	0,002	0,005	0,002	0,026	0,037	0,021	0,019
Kurtosis	50.129	32.185	46.665	51.384	19.140	9.280	26.542
Error típico de la kurtosis	0,003	0,011	0,003	0,053	0,074	0,042	0,037
Rango	1,092.201	24.392	1,092.181	17.557	38.350	4,062	77.326
Mínimo	0,010	0,050	0,030	0,015	0,050	0,010	0,050
Máximo	1,092.211	24.442	1,092.211	17.572	38.400	4,072	77.376

Nota. UOM = unidad de medida. Fuente: Bonham, D. R.,Goodrum, P. M., Littlejohn, R., y Albattah, M. A.(2017).” Application of Data Mining Techniques to Quantify the Relative Influence of Design and Installation Characteristics on Labor Productivity.”*J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001347, 040170526.

[a] Instalación de personas-hora (h).

[b]Por pie lineal de tubería (LF).

[c]Por cada componente de tubería (EA).

CONCLUSIONES:	Esta investigación formuló un enfoque para desarrollar una estructura de recopilación de datos imparcial y sólida capaz de ayudar a la relación cuantificable y directa entre las horas de trabajo y la cantidad de trabajo en sitio. Como tal, el documento hace dos contribuciones al cuerpo de conocimiento. En primer lugar, presenta un enfoque metodológico para desarrollar una práctica métrica de recopilación de datos para la productividad basada en factores de influencia de la industria. Con fuentes de datos relevantes, el método podría aplicarse para desarrollar medidas de productividad para otros sistemas. En segundo lugar, presenta una métrica de productividad basada en las fuentes de datos de estimación de

MCAA. Un análisis post hoc facilitado por el algoritmo de aprendizaje automático CART utilizó los datos de estimación como un conjunto de datos de aprendizaje para proporcionar un censo de todas las condiciones de instalación posibles que no son específicas de ningún proyecto. Para lograr este objetivo, se debe considerar la utilidad práctica de recolección de datos de campo (CII 2013). La métrica de recopilación de datos que se muestra en este estudio proporciona evidencia de que se puede desarrollar una estructura de código para respaldar los datos de productividad recopilados directamente en términos de entradas (horas de trabajo) y salidas (cantidades) razonablemente cuantificables.

Los análisis de los catálogos de estimación de MCAA, Richardson y RS Means tenían la intención de parecerse a la diversidad de parámetros de tasa de productividad que se utilizan en la industria de la construcción. Como tal, se esperaba que la variable de respuesta de la tasa de productividad variara entre las fuentes. Por lo tanto, las diferencias en la metodología causan varianza en las tasas de productividad informadas para la misma actividad básica y dan como resultado diferentes estructuras del código. La vinculación del código de recopilación de datos a su fuente no significa que el método propuesto en este estudio no pueda utilizarse para desarrollar una estructura de código universal para tuberías mecánicas. Solo confirma que existen diferencias fundamentales entre los enfoques que utiliza cada fuente de datos para estimar las tasas de productividad de la unidad. El análisis del factor CART exploró las variables influyentes únicas para cada fuente de datos.

La métrica de recopilación de datos resultante se diseñó para explicar estas diferencias en términos de una serie de códigos que delinean el conjunto de datos en subconjuntos que son significativos para el origen de la variable de respuesta. El método presentado en este estudio utiliza un censo de tasas de producción unitarias como la variable de respuesta para desarrollar una métrica de recolección de datos que esté alineada con la productividad sin sesgo conceptual. El conjunto de datos de estimación MCAA ejemplificado en este documento mantuvo el mayor número de registros detallados y se espera que produzca la métrica más sólida para la recopilación de datos de productividad.

La estructura delineante y los factores explicativos expuestos por este método se derivan de la perspectiva de un análisis post hoc de datos que no es específico de ningún proyecto. Los conjuntos de datos de aprendizaje pretenden ser un censo de todas las condiciones de

instalación que se cree que afectan la productividad. El método propuesto se relaciona con la complejidad y diversidad de los parámetros del conjunto de datos de estimación, lo que resulta en una compensación razonable entre la complejidad del código y la varianza explicada. En el caso del conjunto de datos de estimación más complejo, el manual de estimación de MCAA, se encontraron configuraciones de árbol binario óptimas para medidas cuantitativas de base de instalaciones de tuberías por pie lineal (LF) y por pieza (EA). Un análisis de las instalaciones de tuberías y carrete MCAA, medido por LF, produjo la métrica de recopilación de datos ejemplificada utilizando 10 códigos a través del efecto combinado de 5 factores de instalación. De manera similar, el método produjo 12 códigos de recopilación de datos en combinación con 5 factores de instalación para recopilar todas las instalaciones plausibles de componentes de tubería medidas por piezas (resultados no mostrados). Juntos, se realizó una métrica imparcial de recolección de datos a partir del conjunto de datos de aprendizaje más complejo que consta de 22 códigos de colección explicados en varias combinaciones de solo 6 parámetros de instalación. Se espera que los datos de campo reales recopilados de acuerdo con estos códigos de recopilación de datos respalden una precisión de medición superior al 80%. Debido a que se realizó la formación de una métrica de recolección de datos imparcial, los investigadores tuvieron la oportunidad de examinar las normas actuales de la industria en contra de los hallazgos de la investigación. Una revisión de las métricas de recopilación de datos desarrolladas a partir de un enfoque post hoc de un modelo censal de tasas de productividad proporcionó nuevas perspectivas sobre la relevancia de los supuestos factores de instalación utilizados en la práctica. Muchas formas simplificadas de factores de instalación se utilizan en la práctica de estimación e influyen fuertemente en la recopilación de datos de campo para respaldar las expectativas de productividad. Estos modelos de estimación varían mucho porque cada empresa intenta conciliar su métrica de estimación con su tipo de proyecto. La conformidad de una métrica con un proyecto específico o tipo de proyecto representa un sesgo que hace que cada métrica sea única y difícil de comparar. Aunque varios de los factores que se usan habitualmente fueron ratificados por este estudio, otros no lo fueron.

El promedio de importancias normalizadas de los factores NPS, Programa y Tipo de conexión confirman la relevancia de su uso como normas de la industria. Sin embargo, las

	variables de moderación simplificadas, como la propiedad del material y la ubicación, ofrecen poca utilidad para la recopilación de datos de productividad. Con el fin de formar un estándar unificado para recopilar datos de productividad que sean prácticos para la implementación masiva en el campo, los investigadores deben aprender a ver la industria como un todo y aprender a aceptar la naturaleza de los patrones que se descubren después de los determinantes y probados por hipótesis. Los algoritmos de aprendizaje automático como CART pueden proporcionar un enfoque para desarrollar una métrica integral capaz de descubrir eficiencias no realizadas en la recopilación de datos a través de combinaciones inesperadas de múltiples factores de instalación. (Goodrum et al., 2017, pp.040170528-040170528)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501
TÍTULO:	Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait Traducción: Factores que afectan la productividad de la mano de obra en Kuwait
AUTORES:	Jarkas, Abdulaziz M; Bitar, Camille G.
IDEA PRINCIPAL:	Esta investigación se limita a identificar y clasificar la importancia relativa de los factores que se consideran que afectan la productividad del trabajo en la construcción en Kuwait.
OBJETIVOS:	El objetivo de este documento es que mediante los resultados de la identificación y clasificación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra en Kuwait , estos puedan ser utilizados no solo por profesionales de la industria local, sino internacional que pueden estar interesados aún más en aventurarse en proyectos a mayor escala, pero no poseen el conocimiento práctico previo de la construcción en Kuwait, de este modo puedan desarrollar una perspectiva más amplia y más profunda de los factores que influyen en la productividad de los operarios y proporcionar orientación a los gerentes de proyectos de construcción para la utilización eficiente de la mano de obra, así ayudar a lograr un nivel razonable de competitividad y operación rentable. (Jarkas y Bitar, 2012, p.811)

METODOLOGÍA:	Los datos relevantes para esta investigación fueron recopilados por una encuesta. Basándose en estudios previos sobre la productividad laboral y la contribución de los expertos de la industria, 45 factores fueron identificados, en diversos grados, influyentes en la productividad de la mano de obra en la construcción en el estado de Kuwait. Para Establecer una validez razonable de los resultados obtenidos por este investigación, se realizó una prueba piloto en una pequeña muestra, es decir, 22 de los posibles encuestados. El objetivo de esta prueba era: (1) evaluar la claridad, comprensibilidad, interpretación, de las preguntas ; (2) probar el rango adecuado de las opciones de respuesta; y (3) determinar la eficiencia con la cual los encuestados completan los cuestionarios. Finalmente los autores volvieron a articular algunas preguntas que presentaban problemas usando expresiones simples para evitar confusiones o futuros malentendidos. Los criterios de clasificación para los contratistas en Kuwait se basan en: (1) la capital y solidez financiera de las empresas, experiencia, estructura de la organización y calibre del personal tanto gerencial como técnico; (2) equipos, herramientas y bodegas propiedad o arrendadas por la empresa; y (3) la inspección del sitio de proyectos en ejecución. En consecuencia, la cantidad de contratistas clasificados en la primera, segunda y tercera categorías, son 58, 94, y 107, respectivamente, para un total de 259. Para asegurar la adquisición del tamaño de la muestra requerido, un total de 180 empresas elegidas al azar de la lista de contratistas clasificados de CTC fueron invitadas a participar en la encuesta. Como resultado, 24 categorías de primer grado; 43 categoría de segundo grado; y 90 contratistas de categoría de tercer grado, para obtener un total de 157 cuestionarios completados. Los 45 factores encuestados se clasificaron en cuatro grupos principales: (1) gestión; (2) tecnológico; (3) humano / trabajo; y (4) externo. La encuesta del cuestionario comprendió una escala de medición ordinal que clasifica el nivel de efecto de cada factor en un orden ascendente de 1 a 5. Los números asignados a la escala indican el grado del efecto de cada factor en los encuestados.

Los datos recolectados fueron analizados usando la técnica del índice importancia relativa usando la siguiente formula.

$$\text{Índice de importancia relativa}(\%)=\frac{5(n5)+4(n4)+3(n3)+2(n2)+n1}{5(n1+n2+n3+n4+n5)} \text{ x } 100$$

donde n1, n2, n3, n4 y n5 = número de encuestados que seleccionaron: 1, sin efecto; 2, para poco efecto; 3, para un efecto moderado; 4, para un efecto fuerte; y 5, para un efecto muy fuerte, respectivamente.

El índice de importancia relativa se utilizó para determinar el rango de cada factor explorado. El rango de cada grupo fue establecido cuantificando el valor promedio de los índices de importancia para todos factores; cuanto mayor es el valor promedio, más fuerte es el efecto del grupo.

RESULTADOS:

El efecto percibido de cada uno de los 45 factores explorados en la productividad de la mano de obra en la construcción en Kuwait está determinado. Los factores generales se clasifican en cuatro grupos principales de la siguiente manera: 24, bajo el grupo de gestión; 12, bajo el grupo técnico; 4, bajo el grupo de trabajo humano; y 5, bajo el grupo externo.

Tabla 1

Índices de importancia relativa y rangos de los factores de productividad del grupo de gestión/administración

Factor	Índice de importancia (%)	Rango
Falta de una supervision laboral	81.67	1
Proporción de trabajo subcontratado	80.64	2
Falta de esquema de incentivos	78.60	3
Falta de liderazgo del gerente de construcción	77.71	4
Inadecuado lugar de almacenamiento	67.64	5
Horas extras de trabajo	64.84	6
Tamaño y composición de la cuadrilla	55.41	7
Cronograma poco realista	55.13	8
Interferencia laboral y congestión	54.65	9
Almacenaje de materiales	52.87	10

Nota. Fuente: Jarkas, A. M.,y Bitar, C. G.(2012).” Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501,815.

Grupo de gestión/administración.

Tabla 2

Índices de importancia relativa y rangos de los factores de productividad del grupo técnico

Factor	Índice de importancia (%)	Rango
Claridad de las especificaciones técnicas	84.33	1
Cambio de ordenes durante la ejecución	83.69	2
Nivel de coordinación entre disciplinas de diseño	82.55	3
Nivel de complejidad del diseño	79.62	4
Inspección rigurosa por parte del ingeniero	77.07	5
Retraso en responder a las solicitudes de información	76.69	6
Compatibilidad y consistencia entre documentos contractuales	71.08	7
Realización del trabajo	66.88	8
Acceso restringido del sitio	63.95	9
Confinamiento del lugar de trabajo	60.64	10

Nota. Fuente: Jarkas, A. M.,y Bitar, C. G.(2012).” Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501,816.
Grupo técnico

Tabla*3*

Índices de importancia relativa y rangos de los factores de productividad del grupo de trabajo humano

Factor	Índice de importancia (%)	Rango
Motivación de la mano de obra	69.43	1
Habilidades de la mano de obra	59.36	2
Fatiga física	57.20	3
Experiencia de la mano de obra	56.18	4

Nota. Fuente: Jarkas, A. M.,y Bitar, C. G.(2012).” Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501,817.
Grupo de trabajo humano

Tabla 4

Índices de importancia relativa y rangos de los factores de productividad del grupo externo

Factor	Índice de importancia (%)	Rango
Bajas/Altas temperaturas	75.92	1
Alta humedad	74.52	2
Tormenta de arena	54.10	3
Vientos fuertes	41.02	4
Lluvias	24.71	5

Nota. Fuente: Jarkas, A. M.,y Bitar, C. G.(2012).” Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501,818.
Grupo externo

La siguiente tabla muestra la clasificación general de los cuatro grupos principales, bajo los factores correspondientes que afectan la productividad.

Tabla 5

Promedio general de los índices de importancia relativa y rangos de la productividad de los grupos

Grupo	Índice de importancia (%)	Rango
Técnicos	70.69	1
Trabajo humano	60.54	2
Administradores / gerencia	54.91	3
Externos	54.05	4

Nota. Fuente: Jarkas, A. M.,y Bitar, C. G.(2012).” Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.” *J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501,818.

CONCLUSIONES:

Este estudio ha identificado y, basado en la cuantificación de los índices de importancia, determinaron los rangos de influencia de 45 factores que afectan la productividad laboral en la construcción en el estado de Kuwait. Los factores explorados fueron, además, clasificados bajo los siguientes cuatro grupos principales: (1) gestión/administración; (2) técnico;(3) trabajo humano; y (4) externo.

Los resultados obtenidos identifican la constructibilidad como concepto saliente que afecta la productividad laboral, corroborando la importancia de aplicar este concepto a la industria de la construcción y afirmando un papel fundamental que ocupan los diseñadores / ingenieros en el proceso. Los resultados, sin embargo, revelan una seria falta de prácticas de constructibilidad entre los diversos diseñadores que operan en Kuwait, que puede sugieren una falta de conciencia de su parte de la importancia de este concepto a la productividad de la operación, por que se traduce en una falta de conciencia de la importancia de la productividad.

Basándose en los resultados de esta investigación, se puede, además, deducir que los empleadores tienen una contribución esencial que hacer para lograr mejorar la productividad de los operarios y, por lo tanto, lograr una mejor relación calidad-precio. Los hallazgos demuestran que la noción de ejercer presión sobre los diseñadores para que reduzcan las tarifas de diseño y las duraciones es simplemente una falsa economía. De

hecho, existen más oportunidades para reducir el costo total del proyecto al centrar más la atención en el diseño que en la fase de construcción. Decisiones tomadas durante la fase de diseño de un proyecto no solo tiene un impacto máximo en su costo de construcción sino también dictaría su viabilidad, futuros gastos y duraciones, aunque la tarifa del diseñador generalmente oscila entre el 2 y el 5% del costo de construcción del proyecto.

Tal práctica conduce a bajos conceptos y detalles pobres, que pueden, a menudo, estar asociado con bajos niveles de constructibilidad, poco claras o desactualizadas especificaciones técnicas, documentos contractuales incompatibles y frecuentes órdenes de variación / cambio, traducidas en bajas tasas de productividad, aumento del costo de los proyectos y duraciones prolongadas de la construcción.

Es un interés común entre contratistas, consultores, empleadores, y políticos en Kuwait el mejorar el nivel de productividad del sector de la construcción. Los resultados de este estudio pueden ayudar a lograr este objetivo centrándose y actuando sobre los más importantes factores percibidos que afectan la eficiencia del trabajo. Mejorar el nivel de constructibilidad de los diseños es sin duda el primer paso en la dirección correcta. Esto se puede lograr concientizando a los diseñadores del impacto significativo de la productividad en el proceso de la construcción. Esto puede, adicionalmente, aumentarse fomentando métodos de adquisición que permitan la participación de los contratistas durante la etapa de diseño de los proyectos, como, el diseño-construcción (DB), diseño-construcción-operación-transferencia (DBOT), o ingeniería, adquisición y construcción (EPC), y así facilitar la incorporación de la experiencia de la construcción en la primera etapa del proceso de desarrollo de proyectos para que los beneficios asociados se pueden realizar durante la fase de ejecución.

Quizás, en vista de los resultados obtenidos, los responsables de la formulación de políticas deberían considerar instigar una aplicación formal de la evaluación de la constructibilidad formal como una condición para la concesión de permisos de construcción, en la cual los requisitos mínimos de constructibilidad deben ser satisfechos antes de obtener un permiso.

La mejora de la productividad se puede lograr mediante el empleo de gerentes de construcción de alto calibre para proporcionar el liderazgo requerido en situ, implementar criterios firmes de supervisión laboral, y establecer, en coordinación con la dirección

	ejecutiva de las empresas de construcción, programas de planes de incentivos orientados para recompensar a los trabajadores que superan su rendimiento, que pueden motivar aún más y alentar al resto de operarios. Además, el gerente de construcción debe poseer un nivel de habilidades técnicas y conocimiento contractual para analizar los documentos del contrato y detectar posibles obstáculos o falta de detalles importantes y preparar lo antes posibles del proceso una lista completa, así de esta manera, obviar los excesivos retrasos en la respuesta a solicitudes intermitentes y esporádicas a lo largo del curso de la construcción. Porque este procedimiento puede reducir aún más el potencial de conflictos y desacuerdos al interpretar especificaciones ambiguas y las condiciones del contrato a nivel del sitio, lo que puede aliviar relaciones adversas entre contratistas y supervisión / ingenieros de inspección. Aunque los resultados de esta investigación llenan un vacío en el conocimiento de los factores que afectan la productividad laboral en el estado de Kuwait, se puede usar estos resultados para proporcionar a los contratistas, consultores, empleadores y guías políticas de los fabricantes un enfoque, para actuar y controlar los factores más significativos que se consideran influyen en la eficiencia de la mano de obra, se recomienda además replicar el estudio, teniendo en consideración, las percepciones de los empleados y diseñadores / ingenieros además de los contratistas para evaluar el nivel de acuerdo entre los tres grupos con respecto al ranking de los factores explorados y corroboran los hallazgos de esta investigación. (Jarkas y Bitar, 2012, p.819)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000160
TÍTULO:	Motivational Factors Impacting the Productivity of Construction Master Craftsmen in Kuwait Traducción: Factores motivacionales que impactan la productividad de la mano de obra en Kuwait
AUTORES:	Jarkas, Abdulaziz M ; RadosavIjevic, M.
IDEA PRINCIPAL:	La idea principal de este documento es desarrollar una perspectiva más amplia y profunda de los factores motivacionales que impactan el desempeño de la mano de obra capacitada en la construcción.
OBJETIVOS:	Este estudio tiene como objetivo identificar, explorar y clasificar la importancia de los 23 factores percibidos que afectan el nivel motivacional de los maestros de obra en la construcción en el estado de Kuwait, y que los hallazgos puedan ser utilizados por académicos quienes están interesados en el efecto del tema en la fuerza laboral de la construcción, y también por profesionales de la industria de la construcción local e internacional, que pueden estar más interesados en incursionar en potenciales proyectos de mega escala, pero no poseen conocimiento práctico previo de la industria de la construcción local, y por otro lado, proporcionar a los gerentes de construcción una guía para enfocarse, actuar y controlar los factores críticos que influyen en la productividad de los maestros de obra. (Jarkas y RadosavIjevic, 2013, p.446)

METODOLOGÍA:	Los datos relacionados con este estudio se recopilaron mediante una encuesta de cuestionario estructurado. Basado en investigaciones previas sobre factores que afectan la productividad de los operarios de la construcción. El aporte de expertos de la industria local, y numerosas entrevistas con maestros de obra, quienes están en una mejor posición para evaluar los obstáculos que dificultan su desempeño que los contratistas, los 23 factores motivacionales identificados y preseleccionados como influyentes en la productividad de maestros de obra en Kuwait. Factores: 1. Trabajo en horas extras 2. Nivel de complejidad del diseño 3. Nivel de calidad de los planos 4. Claridad de las especificaciones técnicas 5. Realización del trabajo 6. Retraso en la respuesta a las solicitudes de información (RFI) 7. El extenso cambio de órdenes durante la ejecución 8. Inspección rigurosa del ingeniero 9. Supervisores incompetentes 10. Problemas de comunicación entre supervisores y maestros de obra 11. Programación poco realista y expectativas de rendimiento 12. Interfaz de operaciones y congestión 13. Retraso de inspección 14. La falta de proporcionar transporte 15. Falta de materiales en el sitio 16. No disponibilidad de herramientas adecuadas 17. Estabilidad financiera del empleador 18. Retraso de pago 19. Falta de incentivos financieros 20. Inclemencias del tiempo 21. Falta de área de descanso adecuada en el sitio de trabajo

22. Accidentes en el sitio de trabajo
23. Falta de reconocimiento

El cuestionario comprendía una escala de medición ordinal que clasificaba el nivel de efecto de cada factor motivacional en un orden ascendente de 1 a 5. Sin embargo, es importante observar que los números asignados a la escala no indican intervalos iguales o cantidades absolutas, sino más bien, el grado de efecto de cada factor, desde la percepción de los maestros de obra.

Para establecer una validez razonable de los resultados obtenidos, es decir, para asegurar que las preguntas midan lo que se supone debe medir y evaluar la confiabilidad del cuestionario, se realizó una prueba piloto con muestras de los posibles encuestados, donde la encuesta se distribuyó a 30 maestros de obra para su evaluación y comentarios. El objetivo de esta prueba era cuádruple: (a) evaluar la claridad, comprensión, interpretación e idoneidad de las preguntas proporcionadas al capturar los factores motivacionales relevantes para la industria de la construcción en Kuwait; (b) probar la adecuación del rango de las opciones de respuesta; (c) evaluar la consistencia interna del cuestionario; y (d) determinar la eficiencia con la que los encuestados completan los cuestionarios. Casi todas respuestas de los encuestados fueron positivas con comentarios menores, principalmente relacionados con las interpretaciones y contextos de algunas preguntas. Como resultado, los autores volvieron a formular tales preguntas utilizando expresiones más simples para evitar cualquier confusión o malentendido futuro.

En consecuencia, la fase de recopilación de datos del estudio se inició distribuyendo la mayor cantidad posible de cuestionarios a maestros mayores seleccionados al azar que participaban en diferentes oficios de construcción y posteriormente se les dio seguimiento con contactos directos, llamadas telefónicas y recordatorios frecuentes de personal. Esta fase abarcó aproximadamente 14 meses, en los que se obtuvieron un total de 663 conjuntos de cuestionarios. Una cantidad tan grande de retroalimentación de los encuestados garantiza además una validez razonable, confiabilidad y robustez de los resultados obtenidos. Los

	datos recolectados se analizaron utilizando la técnica del "Índice de importancia relativa" (RII).
RESULTADOS:	Se determinaron los impactos percibidos de los 23 factores de motivación explorados en la productividad de los maestros de obra en la construcción en Kuwait. Con base en la importancia general percibida de los factores encuestados, los resultados obtenidos muestran que los factores primarios, es decir, los diez más importantes que afectan la motivación de los maestros de obra en la construcción en el Estado son los siguientes: (1) retraso en el pago; (2) realización del trabajo; (3) falta de incentivos financieros; (4) el extenso cambio de órdenes durante la ejecución ; (5) supervisores incompetentes; (6) retrasos en la respuesta a las solicitudes de información (RFI); (7) la interfaz de operaciones; (8) programación poco realista y expectativas de rendimiento; (9) escasez de materiales en el sitio; y (10) nivel de calidad de los planos. Dado que algunos de los factores motivacionales prominentes determinados pueden implicar características comunes, para evitar la redundancia, la discusión de dichos factores se lleva a cabo colectivamente, independientemente del orden de rango alcanzado. Entre los 23 factores de motivación encuestados con un RII de 0.832, el "retraso en el pago" ocupa el primer lugar en Kuwait, siguiéndolo con un un RII de 0.817, "la realización del trabajo" ocupa el segundo lugar en su impacto en el nivel de motivación de los maestros de obra. Se puede aumentar mediante “la introducción de incentivos financieros, que, con un RII de 0,788, tiene una influencia cardinal en la motivación de los maestros de obra”, y por lo tanto, ocupa el 3 ° lugar entre los factores explorados. El " extenso cambio de órdenes durante la ejecución ", "demoras en responder a las solicitudes de información" y "nivel de calidad de los planos", con índices de importancia relativa de 0.779, 0.759 y 0.731, clasifican 4º, 6º y 10º en su influencia motivacional en la productividad de maestros de obra, respectivamente.

	Con un RII de 0.767, "supervisores incompetentes "ocupa el quinto lugar en su efecto sobre la motivación de los maestros artesanos y la "interfaz de sobrepoblación e intervención" y "programación poco realista y expectativas de rendimiento" con un RII de 0,748 y 0,741, respectivamente estos factores ocupan el séptimo y octavo rango en su influencia motivacional en la productividad de los maestros artesanos, respectivamente.
CONCLUSIONES:	Este estudio se ha identificado, explorado y, basado en los índices de importancia, que establecieron los 23 factores de motivación percibidos que afectan la productividad de los maestros de obra en la construcción en el Estado de Kuwait, y así se llena un vacío en el conocimiento, que se puede utilizar para proporcionar a los profesionales de la industria una guía para enfocarse, actuando sobre estos, y controlando los factores que afectan el rendimiento y la eficiencia de los operadores capacitados. Debido a la composición distintiva de la mano de obra en el Estado, los hallazgos pueden resultar útiles para los académicos, que están interesados en explorar y ampliar aún más los límites de comprensión existentes del concepto de motivación y su aplicabilidad a la industria de la construcción. En justificación del patrón general de los resultados obtenidos por la mayoría de los estudios previos relevantes discutidos, los hallazgos caracterizan a los siguientes como los factores motivacionales prominentes que influyen en la productividad de la mano de obra en el Estado: (1) retraso en el pago; (2) realización del trabajo; (3) falta de incentivos financieros; (4) el extenso cambio de órdenes durante la ejecución; (5) supervisores incompetentes; (6) retrasos en la respuesta a las solicitudes de información (RFI); (7)la interfaz de operaciones; (8) programación poco realista y expectativas de rendimiento; (9) escasez de materiales en el sitio; y (10) nivel de calidad de los planos. Es evidente que el trasfondo cultural de los operativos es un factor fundamental para determinar sus motivadores. Por lo tanto, es crucial explorar la cultura y los valores actuales de la fuerza laboral antes de intentar aplicar teorías motivacionales relevantes o implementar nuevas estrategias de gestión. Tal conclusión es apoyada por el patrón revelado de los

principales factores motivacionales investigados, lo que puede parecer en contradicción con la teoría de dos factores de Herzberg, y una vez más, plantea la pregunta de "¿hasta qué punto el dinero es un verdadero motivador?" Los hallazgos de este estudio indican claramente que, dentro de los aspectos culturales de la muestra estudiada, el dinero tiene la mayor extensión. Este argumento puede ser respaldado por el estudio previo de Ruthankoon y Ogulana (2003), cuyos hallazgos afirmaron las fuertes implicaciones de los factores culturales y contextuales sobre el grado en que los patrones de comportamiento motivacional de los trabajadores corresponden a las teorías establecidas de la motivación.

En apoyo adicional al trabajo de Hazeltine (1976), el postulado "general" de que los factores de enriquecimiento o satisfactorios del trabajo son los únicos motivadores verdaderos, mientras que los factores de higiene o mantenimiento están asociados con la insatisfacción, como sugieren Herzberg et al. (1959), puede ser cuestionable, sugieren los resultados. Los autores, por lo tanto, argumentan que tal suposición depende de varios factores como el tipo y las características de la industria, las creencias culturales y religiosas, la edad, las condiciones socioeconómicas, la educación y los niveles de madurez de las personas, y por lo tanto lo que se puede distinguir como una fuente de insatisfacción, es decir, factor de higiene, en una determinada cultura o empresa comercial, bien puede constituir un verdadero motivador que en otra. Este tema polémico es particularmente relevante para la industria de la construcción, donde la relación entre satisfacción y productividad, según lo informado por Borcherding y Oglesby (1974), es inversa a la que se encuentra en una oficina o fábrica, por ejemplo.

Debido a la naturaleza de la operación de construcción y la singularidad de cada proyecto, los maestros de obra desarrollan un fuerte sentido de orgullo, satisfacción y autoestima como resultado de presenciar el proceso de desarrollo diario traduciéndose en un producto conspicuo a través de sus propios esfuerzos. Por lo tanto, a diferencia de otras profesiones, donde la alta satisfacción laboral conduce a una mayor productividad, la satisfacción de los operarios de la construcción y, por lo tanto, la motivación proviene de proyectos bien planificados, organizados y gestionados, en contraste con la teoría de Herzberg, que

	considera la satisfacción como un requisito previo para lograr una alta productividad Aunque se han extraído varios hallazgos de este estudio, se incita a otros investigadores para replicar esta investigación en diferentes regiones y sociedades diversificadas, de modo que los factores decisivos que surjan en otros lugares, y las bases que subyacen a los resultados relacionados puedan contribuir a una comprensión general de los problemas más complejos del fenómeno de motivación. Tales resultados, además, puedan proporcionar una base amplia colectiva para los análisis cruzadas entre varios factores motivacionales que afectan a la productividad del maestro de obra. Es más se recomienda investigar y cuantificar los efectos de los factores estudiados, especialmente aquel percibido como el más significativo, a través de un enfoque integrado orientado a vincular relación entre los principales factores identificados y sus impactos "tangibles" en la eficiencia de operarios, y por lo tanto, pueda ayudar a mejorar el nivel de productividad de la mano de obra en la construcción en un entorno competitivo. (Jarkas y RadosavIjevic, 2013, p.453)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000425
TÍTULO:	Effect of Buildability on Labor Productivity: A Practical Quantification Approach Traducción: Efecto de la Constructibilidad en la productividad laboral
AUTORES:	Jarkas, Abdulaziz M.
IDEA PRINCIPAL:	Este estudio ha determinado la relación entre los factores relevantes de constructibilidad y la productividad laboral del encofrado de los pisos de los edificios.
OBJETIVOS:	El objetivo de este estudio es determinar, utilizando un enfoque práctico, la relación entre la productividad laboral del encofrado y la constructibilidad en la construcción de los pisos de los edificios. Como resultado, la eficiencia laboral y, por lo tanto, el costo de mano de obra para las diversas proporciones del piso, se pueden estimar de manera confiable y con una precisión razonable. (Jarkas, 2016, p.060150022)
METODOLOGÍA:	Los datos sobre la productividad laboral del encofrado de los pisos de los edificios se obtuvieron de 72 sitios de construcción de edificios ubicados en Kuwait. Los datos relevantes se recolectaron utilizando la tecnología de observación intermitente, que requiere que el investigador controle semanalmente los registros diarios del personal del sitio de las entradas de trabajo y las demoras. Los proyectos observados incluyeron edificios residenciales, de oficinas y comerciales que varían de 720 a 10,970 m2 en área de piso, y de $ 265,000 a $ 15,125,000 en costos de construcción, de los cuales se determinaron un total de 284 índices de productividad laboral de encofrado. Los factores de constructibilidad explorados incluyen los siguientes: (1)variabilidad del tamaño de las vigas en el piso; (2) área de piso; (3) número de vigas utilizadas para soportar el área del piso; (4) número de paneles individuales para losa; (5) número de juntas formadas debido a las intersecciones de vigas; (6) parámetros de reincidencia de ajustes del piso y (7) la geometría del perímetro, representada por la

	cantidad de ángulos formados alrededor del perímetro del piso del edificio. Los inputs (“entradas”) de trabajo recolectados, es decir, la hora de trabajo (lh), se examinaron para detectar posibles errores de medición o valores extraños estadísticos, después de lo cual los índices de productividad laboral del encofrado para los pisos se determinaron mediante la siguiente ecuación. $$\text{Productividad laboral del encofrado} = \frac{Área\ del\ piso\ (m2)}{lh}$$ La relación entre la productividad del trabajo de encofrado y los factores de constructibilidad investigados fueron modelados por el modelo de regresión categórica múltiple que se muestra en la siguiente ecuación. $$P(m^2/lh) = b_o + b_1\ VOB + b_2 UFA + b_3 SPFI + b_4 BFI + b_5 NBI + b_7 FPGeom$$ Donde (VOB) es el número total de los diferentes tamaños de las vigas en el piso, (UFA) se refiere a el área del piso, (SPFI) es la relación entre el número total de paneles para la losa/área del piso, (BFI) es la relación entre número total de vigas en el piso/área del piso, (NBI) es el numero de intersección de las vigas, “floor configuration repetition criteria” (FCRC) que representa la categoría de repetición del suelo en otras palabras si el piso del edificio observado se forma primero o si repite un ciclo y (FPGeom) que representa el número total de los ángulos formados alrededor del perímetro .
RESULTADOS:	

Tabla 1

Estadísticas generales del modelo de regresión para la Productividad laboral del encofrado de los pisos del edificio

Modelo de regresiones estáticas	Valor
Coeficiente de correlación (R)	85.82%
Coeficiente de determinación (R^2)	73.65%
Error estándar	0.897
F (7,276)	110.23
p-value	0.000
Número de observaciones	284

Nota.Fuente: Jarkas, A. M.(2016).” Effect of Buildability on Labor Productivity: A Practical Quantification Approach*.” J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000425, 060150023.

Tabla 2

Estadísticas de los coeficientes de regresión para la Productividad laboral del encofrado de los pisos del edificio

Coeficiente estándar	Valor	Error	*P-value* de 5% Nivel significante	VIF[a]	Valor del Coeficiente estandarizado	Efecto del Rango[b]	Influencia Relativa[c]
VOB	−0.0389	0.00751	0.000	6.04	−0.393	1	1.00
UFA (m^2)	0.00143	0.000252	0.000	4.21	0.360	2	0.916
SPFI	−12.49	1.88	0.000	1.99	−0.289	3	0.735
BFI	−9.51	1.65	0.000	1.88	−0.245	4	0.623
NBI	−0.0157	0.00770	0.0418	2.31	−0.096	6	0.244
FCRC	0.413	0.111	0.000	1.08	N/A[d]	N/A[d]	N/A[d]
FPGeom	−0.0420	0.0126	0.000	2.83	−0.174	5	0.443

[a]"Variance inflation factor "(VIF) el valor del factor de inflación variable indica la correlación entre las variables independientes en el modelo de regresión; un VIF superior a 10 en valor se considera como indicativo de multicolinealidad

[b] Cuanto mayor es el valor absoluto del valor del coeficiente estandarizado, más fuerte es la influencia del factor de constructivilidad sobre la productividad del trabajo (Lawrence 1992).

[c] La influencia relativa de cada factor se determina dividiendo el valor absoluto estandarizado de cada factor por el valor absoluto estandarizado más alto de los factores explorados, por ejemplo, la influencia relativa del factor SPFI es 0.289 = 0.393 o 0.735.

Nota.Fuente: Jarkas, A. M.(2016).” Effect of Buildability on Labor Productivity: A Practical Quantification Approach*.” J. Constr. Eng. Manage*., 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000425, 060150024.

En las condiciones económicas actuales, existe un consenso generalizado de que el diseño es cada vez más importante para determinar la competitividad. Por lo tanto, actuar sobre el concepto de constructibilidad puede promover a los diseñadores y mejorar la productividad laboral de la construcción.

Este estudio ha cuantificado, utilizando un enfoque práctico, los efectos y la influencia

CONCLUSIONES:	relativa del tema de constructibilidad en los principales factores de construcción en la productividad laboral del encofrado de los pisos de los edificios. Los resultados obtenidos han determinado de forma tangible la gran importancia de la aplicación de los principios de constructibilidad para la etapa de diseño de la construcción de edificios. La viabilidad y la facilidad con que las variables de constructibilidad exploradas son cuantificadas, junto con el método aplicado establecen la relación entre los diversos factores investigados y la productividad laboral, lo que se suma a la contribución de este estudio al cuerpo de conocimiento de constructibilidad. Dado que los principios del método de recopilación y análisis de datos son genéricos y, por lo tanto, con ventaja podrían aplicarse en otros entornos geográficos, se recomienda que la técnica sugerida solo sea probada en los esquemas de diseño de pisos de edificios, que implican características distintas en términos de los factores de constructibilidad explorados. Corroborar la técnica sugerida puede motivar a investigaciones similares a no solo tratar sobre tipos de encofrados sino otros elementos u otros oficios en la construcción como instalación del acero de refuerzo y colocación de concreto. En última instancia, esto puede ayudar a desarrollar un sistema de soporte de diseño, que pueda proporcionar a los diseñadores el conocimiento de constructibilidad requerido para tomar decisiones de diseño oportunas. Dichos estudios pueden proporcionar además información útil sobre los principales determinantes de la baja productividad laboral y el exceso de tiempo y costo, además del posible efecto del aprendizaje sobre la eficiencia de la operación de construcción. (Jarkas, 2016, p. 060150025)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1016/S0185-1667(14)72608-6
TÍTULO:	Trabajo calificado, especialización y productividad laboral urbana en la frontera norte de México: un análisis de panel de efectos mixtos
AUTORES:	Mendoza, Jorge E; Cabrera José A.
IDEA PRINCIPAL:	El artículo presenta una evaluación del impacto que provoca el trabajo calificado en la productividad y retornos del trabajo a nivel de subsectores industriales de las zonas urbanas más pobladas de la frontera norte de México para el periodo 2001-2009.
OBJETIVOS:	El presente artículo busca encontrar evidencia de que el trabajo calificado, entendiendo por calificación la escolaridad y especialización, presenta rendimientos a escala mayores que el trabajo poco calificado en las zonas urbanas más densamente pobladas del norte de México , y que estos retornos no son sólo beneficios individuales, sino que existe un derrame de capital humano, tanto pecuniario como no pecuniario, a nivel subsector industrial y ciudad, entendiendo por pecuniarios los impactos monetarios de tener conocimiento, y no pecuniarios los efectos en la producción misma. Del mismo modo, se pretende estimar los retornos a través del tiempo entre los sectores de la actividad económica y entre las ciudades. (Mendoza y Cabrera, 2014, p.91)
METODOLOGÍA:	Para este estudio Mendoza y Cabrera (2014) proponen examinar mediantes censos las habilidades y conocimientos de los individuos de las diez zonas urbanas más pobladas. Al determinar este análisis, se describe el comportamiento de las variables que caracterizan el mercado laboral de las principales ciudades de la frontera norte de México durante: 1999 y 2009. Estas variables son: Logaritmo de la productividad y remuneraciones promedio por años, los años de escolaridad del personal ocupado de los 53 subsectores económicos en las ciudades más pobladas, la especialización laboral: actividades por ciudad que agrupan la mayor concentración de personal ocupado en los años 1999, 2004 y 2009 y los porcentajes

de trabajadores con escolaridad alta y baja, y especialización laboral, por ciudad y año. Con base en ello, se presentan las bases teóricas del estudio que se respaldan en: la teoría del capital humano y las teorías económicas sobre sistemas de ciudades. Buscando integrar las dos visiones a manera de síntesis de las recopilaciones teóricas para así lograr alcanzar elementos teórico-conceptuales que den un panorama del trabajo calificado en la productividad laboral. A fin de conciliar las posturas teóricas que componen el modelo empírico aplicado, se parte de unidad regional de análisis a nivel de ciudades. Es por ello que se analiza en los patrones de crecimiento económico, los pormenores de los efectos de dos grandes cambios en la realidad productiva del país; el modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones de mediados del siglo veinte y el Programa Nacional de Industrialización Fronteriza de la segunda mitad del mismo siglo, el estudio parte del supuesto de que dichos cambios han ocurrido, es decir, las ciudades en cuestión pasaron dichas etapas y, actualmente, se encuentran en condiciones determinadas que, se esperaría, permitan ver al capital humano y a la especialización como factores clave en la productividad y remuneraciones.

Con base en los aspectos teóricos presentados anteriormente y retomando los supuestos considerados, se desarrolló un modelo empírico para medir las variables transformadas en logaritmos, el cual engloba los efectos individuales de capital humano sobre la productividad y los efectos globales, o del capital humano total, y en el cual se esperaría observar derrames de capital humano de la siguiente manera:

$$\log\theta=\beta 1\log(h)+\beta 2\log(l)+\beta 3\log(s)+\gamma\log(A)+\alpha\log(\partial K/\partial t)+IED$$

Ecuación en la cual:

1. $\log\theta$ es el parámetro que mide la productividad laboral.
2. $[\beta 1 \log(h) + \beta_2 \log(l) + \beta_3 \log(s)]$ es la parte de efectos individuales, con *h* como trabajo con escolaridad alta, *l* como trabajo con escolaridad baja y *s* un índice de especialización.
3. $\gamma \log(A)$ es la parte de la educación total en la ciudad, la suma de todos los años de escolaridad de todo el personal ocupado en el área urbana, o los efectos globales, de donde se espera surjan los derrames.
4. $\alpha \log(\partial K/\partial t) + IED$ es la parte de capital físico, tanto el flujo existente como el aporte del

	capital extranjero. Ambas variables son ficticias (valores de cero y uno). De esta manera, el modelo permite estimar el impacto de los determinantes de la productividad laboral en las ciudades más grandes del norte de México, utilizando diversas variables que afectan las habilidades y calificación de la fuerza de trabajo. La estructura del modelo implica que los datos presenten una estructura multinivel de tres dimensiones: ciudad, subsector y tiempo. Por ello, también se estimó un modelo de panel con efectos mixtos, que permite la transformación de la varianza del error, controlando así por la jerarquía en el orden de los mismos. (Mendoza y Cabrera, 2014, p.106)
RESULTADOS:	**Resultados de los modelos mixtos: productividad** En el primer modelo, donde la variable dependiente es la productividad, la varianza total es de 0.832. Se destaca que alrededor de 14% es atribuible a diferencias entre la ciudad de origen de la actividad desarrollada, mientras que 22.3% a las diferencias en la actividad realizada misma. En los modelos dos y tres, con productividad como variable dependiente, el trabajo con escolaridad alta, *h*, impacta los términos aleatorios más como efecto por diferencias entre subsector, o actividad realizada, que por diferencias entre las distintas ciudades. (Mendoza y Cabrera, 2014, p.114) La especialización laboral *s*, o concentración de mano de obra, resulta significativa y considerable (11.38% de la variabilidad del modelo 2). Es decir, existen cambios considerables en la concentración de trabajo, lo que sugiere un reordenamiento de la distribución de la masa laboral a nivel local en las distintas ciudades. Una variable de sumo interés es el acervo de capital humano por subsector, que sólo se incluye en el modelo 2 y únicamente cuando se considera la productividad como variable dependiente. La elasticidad de la productividad a dicho factor es inelástica, el coeficiente obtenido es pequeño, lo que indica que el acervo de conocimiento y habilidades no es un eje determinante de la producción.

	(Mendoza y Cabrera, 2014, p.114) **Resultados para las remuneraciones** En el primer modelo, donde las remuneraciones son la variable dependiente, las diferencias entre ciudades explican sólo 6.77% de la varianza total, mientras que las disparidades entre subsectores explican 79.02%. De esta manera, la mayor parte de la variabilidad se relaciona con las diferencias entre subsectores, a diferencia de los modelos con productividad como variable explicada. La remuneración percibida por el personal ocupado responde al rubro del trabajo, y la diferencias que derivan de la localización en las ciudades en que labora es porcentualmente reducida. En los modelos 2 y 3 el trabajo con escolaridad alta se insertó como una variación en el tiempo y como una diferencia entre subsectores. Tanto en el efecto aleatorio en la ciudad como en el efecto del subsector la diferencia en el tiempo en los porcentajes de personal con escolaridad alta es más relevante; en el modelo 2, por ejemplo, explica 18.3% de la varianza total. Es decir, que de 1999 a 2009 las remuneraciones percibidas variaron en un rango de ±18% y, dado que el signo del coeficiente fijo en el modelo 2 de la misma variable es negativo, se considera posible asumir una caída. La especialización laboral se inserta como un efecto aleatorio en diferencias en el tiempo. A diferencia de los modelos de productividad, en las remuneraciones la especialización no explica significativamente el porqué de la variabilidad entre subsectores. (Mendoza y Cabrera, 2014, p.115)
CONCLUSIONES:	Los resultados muestran que el mercado laboral experimentó cambios como consecuencia del crecimiento de la calificación del factor trabajo y la urbanización. De esta manera, se aprecia que la mayoría de la población ocupada de las ciudades más pobladas del norte de México tiene entre 6 y 12 años de escolaridad acumulados. Además, entre 1999 a 2009, la proporción del personal con escolaridad alta empleado en los 53 subsectores considerados creció de 9.69 a 14.34 por ciento. Las tendencias de la información indican que la percepción salarial de los subsectores con mayor proporción de trabajo con escolaridad alta creció en comparación a los subsectores con mano de obra menos educada; sin embargo, la

tendencia de la productividad fue opuesta. Lo anterior sugiere que el trabajo más educado pudo haberse relocalizado a sectores con baja productividad.

Por su parte, los resultados obtenidos de las estimaciones econométricas de los modelos de efectos mixtos muestran heterogeneidad. Los coeficientes para la proporción de trabajadores más educados y los coeficientes de la inversión extranjera directa fueron positivos en todos los modelos. No obstante, el coeficiente de la especialización solamente muestra impactos positivos en las remuneraciones al nivel de análisis de ciudad. Por tanto, más allá de las características del periodo analizado, los retornos a escala son crecientes siempre y cuando se tenga la presencia de flujos de capital e inversión extranjera directa positivos en el contexto urbano. Lo anterior sugiere que continúa la presencia de enclaves, cuya repercusión quizá ya trascendió más allá de una sola empresa, pero no ha permeado fuera de los confines del subsector o empresa en cuestión.

Otro hallazgo de este trabajo es que las estimaciones muestran que las diferencias entre subsectores son el origen de gran parte de la variabilidad tanto en la productividad como en las remuneraciones. Así, se aprecia que el modelo de efectos mixtos evidencia que en los modelos donde las remuneraciones son la variable dependiente, las diferencias entre ciudades explican en menor grado los cambios en la varianza total. La mayor parte de la variabilidad deriva de los cambios entre subsectores. Esto indica que la locación geográfica no aporta gran variabilidad, sino más bien la actividad a nivel de los subsectores es el determinante de mayor relevancia. Finalmente, si se incluyen efectos de tiempo, el crecimiento de la especialización laboral en las ciudades y subsectores económicos resulta positivo en la dinámica del crecimiento de la productividad laboral y las remuneraciones.

De esta manera, los hallazgos del estudio sugieren que existen algunos aspectos que son favorables para el crecimiento y empleo laboral en el sector manufacturero de las áreas urbanas de la frontera norte de México. En particular, se destacan los efectos positivos en el crecimiento de la educación de la fuerza de trabajo, pero también la especialización laboral, particularmente al nivel de subsectores. Por ello, el desarrollo de políticas de desarrollo de aglomeraciones industriales al nivel de subsectores es potencialmente un factor para el

	crecimiento de la productividad y salarios manufactureros. En ese sentido, la posibilidad de atraer inversiones que permitan generar las aglomeraciones a un mayor nivel de desagregación, las cuales podrían derivar en economías externas, es un campo de acción de una potencial política industrial. Lo anterior podría tener un papel decisivo en la expansión de la productividad del sector manufacturero en México. (Mendoza, 2014, pp.116-117)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1016/j.autcon.2010.05.001
TÍTULO:	Predicting construction crew productivity by using Self Organizing Maps Traducción: Predicción de la productividad de la cuadrilla de construcción mediante el uso de mapas auto organizados
AUTORES:	Oral, Emel, L; Oral, Mustafa.
IDEA PRINCIPAL:	En el estudio actual, se ha desarrollado un algoritmo basado en SOM (Self Organizing Map) que no solo produce mapas bidimensionales para analizar la relación entre diversos factores y la productividad de la cuadrilla, sino que también predice la productividad en determinadas condiciones.
OBJETIVOS:	Este documento tiene como objetivo desarrollar un modelo basado en SOM para analizar la relación entre varios sitios, administración, cuadrilla y factores relacionados con el ambiente de trabajo y la productividad de la cuadrilla, además de realizar una predicción de la productividad de la cuadrilla bajo condiciones dadas. (Oral E.y Oral M., 2010, p.791)
METODOLOGÍA:	SOM es un mapa auto organizado, un tipo de red neuronal artificial que combina dos aspectos importantes, que son; reducir la cantidad de datos agrupándolos y organizar los datos en una pantalla de baja dimensión. En otros términos, SOM descubre grupos de similares casos, en lugar de requerir una clasificación predefinida. Una red SOM tiene dos layers. La primer es 'Input Layer', que tiene nodos igual a la cantidad de parámetros. Cada nodo de entrada está conectado a los nodos en la 'Output Layer' con una constante de carga. El número de nodos en la 'Output Layer' debe ser lo suficientemente pequeño para garantizar un cálculo rápido y lo suficientemente grande como para mostrar cualquier relación entre los parámetros. Las redes SOM aprenden a detectar regularidades y correlaciones en sus entradas y en consecuencia adaptar sus respuestas futuras a esa entrada.

	Una vez que se completa este proceso, se forma un mapa ordenado de tal manera que se preserva la topología de las variables input (insumo) y output (producción) originales. Con este mapa, los componentes se generan para analizar posibles correlaciones entre la productividad de la cuadrilla y varios factores. El sistema está dividido en dos secciones principales: Adquisición de datos y Análisis de datos. La sección Adquisición de datos emplea un generador dinámico de formularios. El generador dinámico de formularios es responsable de crear fáciles hojas de datos de usuarios para los elementos de trabajo. Una hoja típica de información de la cuadrilla tiene un diseño estándar para cualquier elemento de trabajo. La hoja se facilita con cuadros de lista, botones de opciones y casillas de verificación para evitar la escritura lo mayor sea posible. Todas estas pueden ser editadas o destruidas en cualquier momento por el usuario. La sección Análisis de datos es responsable de: – Identificar el número requerido de observaciones. – Identificar la producción de tasas. – Realizar los análisis de correlación y regresión entre las tasas de productividad y diferentes condiciones relacionadas como sitios / trabajo / mano de obra. Los elementos de trabajo y las hojas que contienen los datos de entrada para los análisis deben identificarse antes de procesar el análisis estadístico.
RESULTADOS:	Los mapas (a) y (b) muestran la agrupación de datos correspondientes de la cuadrilla de encofrado relacionados con el tamaño de la cuadrilla (cantidad de mano de obra) y sus tasas de productividad (es decir, valores de horas hombre (h / m2). Los colores en los mapas tienen una escala desde el valor mínimo de los datos correspondientes en 'azul oscuro' al valor máximo de los datos en 'rojo'. Los dos mapas se analizan juntos para observar la relación entre las variables. Por ejemplo,

se puede afirmar que las tripulaciones de pequeño tamaño (color azul en la Fig.(a)) nunca tienen valores muy altos de horas-hombre (es decir baja productividad). Los valores de hora-hombre más altos (es decir, la productividad más baja) (coloración roja en la Fig. (b)) se observan principalmente en cuadrillas de tamaño mediano (azul claro a verde colores en la Fig. (a)).

El diagrama (en la Fig. (c)) muestra que las cuadrillas con 2 a 4 miembros tienen alrededor de 0.4-1.4h / m2 de productividad y los valores más altos de horas-hombre se observan solo en equipos con 5-7 miembros.

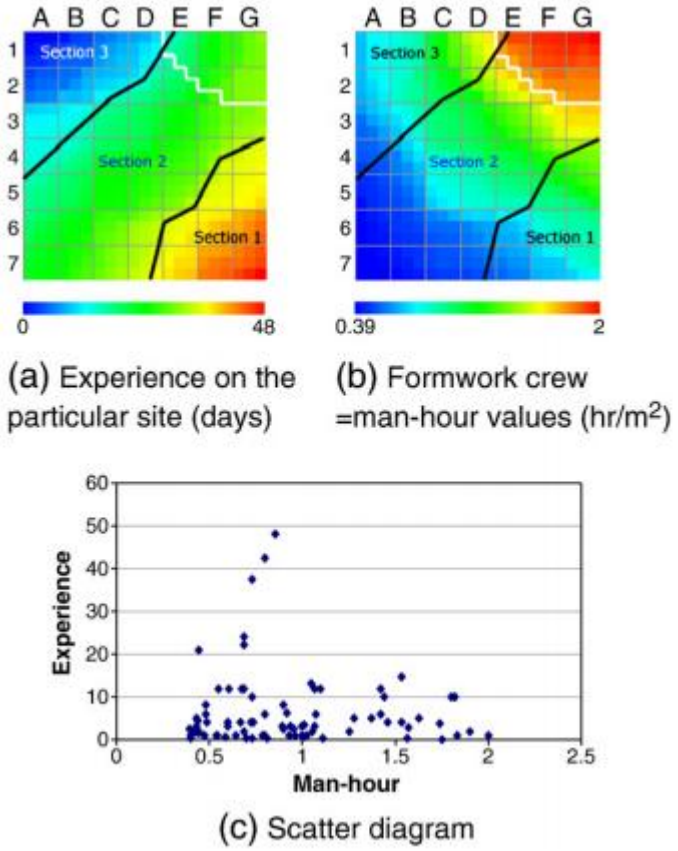


Figura 1. Mapas que presentan la relación entre la experiencia en un sitio en particular y la productividad de la cuadrilla para equipos de encofrado
Fuente: Oral, E. L.,y Oral, M.(2010).” Predicting construction crew productivity by using Self Organizing Maps.”*Automation in Construction*., 10.1016/j.autcon.2010.05.001,795.

Una variabilidad compleja en la productividad de las cuadrillas de construcción ha resultado de la aplicación de redes neuronales artificiales y modelos de redes neuronales artificiales

CONCLUSIONES:	han demostrado hacer las predicciones de productividad significativamente mejores que los métodos de regresión. Mientras tanto, Mapas autos organizados que se han utilizado para agrupar y que cuentan con una finalidad exploratoria a través de la visualización bidimensional en muchos de las áreas de investigación desde la medicina hasta la economía se han utilizado para fines de predicción por un número muy limitado de investigadores. La investigación actual por lo tanto, se centró en el desarrollo de un modelo basado en SOM para analizar el efecto de varias variables en la productividad de las cuadrillas y para predecir los valores de productividad de la cuadrilla. El modelo, que es parte de un sistema integrado de documentación y análisis, ha demostrado tener éxito en la agrupación de los datos a través de mapas 2D. Mientras que los coloridos mapas proporcionan un entorno visual para el análisis de datos, la parte de predicción del modelo proporciona un rendimiento de predicción superior en comparación a otros métodos. (Oral E.y Oral M., 2010, p.796)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000761
TÍTULO:	Trade- Level Productivity Measurement: Critical Challenges and Solutions Traducción: Medición de la productividad de la mano de obra: Dificultades críticas y soluciones
AUTORES:	Hwang, Bon G; Soh, Chin K.
IDEA PRINCIPAL:	La idea principal de este documento se centra en la investigación mediante encuestas y estudios bibliográficos de los desafíos que enfrentan los contratistas y subcontratistas para medir con precisión la productividad en la mano de obra.
OBJETIVOS:	"Este estudio tiene como objetivo identificar los desafíos críticos durante la medición de la productividad en el personal y explorar soluciones que pueden usarse de manera efectiva para enfrentar estos desafíos" (Hwang y Soh, 2013, p.040130131).
METODOLOGÍA:	Este estudio comenzó con una revisión exhaustiva de la literatura que se llevó a cabo para proporcionar información de fondo sobre la medición de la productividad, desafíos comunes que obstruyen la productividad a nivel del personal y prácticas que pueden responder a estos desafíos. Los problemas más comunes fueron identificados mediante revisiones bibliográficas y organizados en tres grupo cada uno con sus subgrupos: - Problemas relacionados con la Industria • Falta de medidas aceptadas y datos confiables • Ausencia de un método estándar que mida la productividad • Falta de una definición clara de productividad • Dificultad en obtener parámetros exactos para comparaciones de productividad • Mediciones de productividad realmente complejas

- Problemas relacionados con las empresas
    - Mucha cantidad de tareas administrativas
    - Costo elevado para la medición de la productividad
    - Falta de beneficios directos de la medición de la productividad
    - Tiempo y personal requerido para analizar y medir la productividad
    - Falta de un sistema propio para medir la productividad
- Problemas relacionados con el personal
    - Baja confiabilidad de los datos registrados
    - Dificultad en medir las horas de trabajo del personal

Prácticas que puede mejorar la medición de la productividad

- Sistema de medición de productividad rentable
    - Seguimiento únicamente de actividades relevantes
    - Modificar unidades de medidas
    - Usar gráficos de reportes para disminuir la cantidad de datos

- Adoptar tecnologías para monitorear y analizar la productividad

Luego se realizaron entrevistas con cuatro expertos de la industria para afinar las listas de los problemas y las soluciones que fueron identificados a través de la revisión de la bibliografía.

Incluyendo un cuestionario de encuesta con cinco secciones principales fue desarrollado. La primera sección capturó información general sobre las compañías y los encuestados. La segunda sección preguntó acerca de las normas internas de los contratistas para la medición de la productividad. La tercera sección presentó preguntas sobre la disponibilidad de los datos obtenidos de la medición de la productividad a nivel del personal. La cuarta sección cubría los desafíos que afectan la medición de la productividad a nivel del personal. Esto fue logrado gracias a la lista obtenida de la revisión bibliográfica y entrevistas.

A los encuestados se les pidió que calificaran su importancia usando una escala de Likert de cinco puntos, donde 1 = de menor importancia y 5 = de gran importancia. La última sección de este cuestionario apunta para identificar la efectividad de las soluciones para superar los

	desafíos. Se pidió a los encuestados que calificaran la efectividad de las posibles soluciones usando una escala de Likert de cinco puntos, donde 1 = ineficaz y 5 = muy efectivo. Los cuestionarios de la encuesta se enviaron a los contratistas y subcontratistas listados en la (BCA) Building and Construction Authority. La recopilación de datos produjo 42 cuestionarios completos de 42 diferentes empresas. La encuesta requirió que cada participante completara el cuestionario mediante la asignación de un representante con suficiente conocimiento y experiencia.
RESULTADOS:	<u>Análisis de problemas</u> Problemas relacionados con la Industria El primer problema de mayor gravedad obtenido fue la creencia que medir la productividad es realmente complicado y el segundo problema de mayor gravedad se concluyó en la falta de métodos estándar para medir la productividad. Problemas relacionados con las empresas Se determinó como primer gran problema la falta de un sistema propio para medir la productividad y como segundo gran problema el tiempo y personal requerido para analizar y medir la productividad. Problemas relacionados con el personal Como primer gran problema se determino la dificultad que los contratistas encuentran para obtener datos de una productividad precisa, seguido de la dificultad en medir las horas de trabajo del personal. <u>Análisis de soluciones</u> Problemas relacionados con la Industria Como solución eficaz se tomó la simplificación de la medición de la productividad con un enfoque de capturar solo la mayoría de oficios importantes y los encuestados reconocieron el valor de estandarizar un método de medición de productividad para obtener resultados confiables. Problemas relacionados con las empresas La solución más efectiva resultó en que solo los niveles del personal más importantes

	deben medirse para aumentar la eficiencia en el proceso de medición ya que los contratistas sienten que medir la productividad es complejo como segunda solución más votada se sugirió que las empresas con falta de sistemas de medición de la productividad tengan una idea de cómo establecer su propio sistema. Problemas relacionados con el personal Este resultado implica que una cultura positiva para medir la productividad es importante para la industria cuando se trata de problemas relacionados con la mano de obra.
CONCLUSIONES:	Este estudio tuvo como objetivo identificar los problemas encontrados por contratistas al medir la productividad a nivel de la mano de obra y proponer soluciones plausibles para superar estos desafíos. La revisión en libros llevada a cabo para este estudio reveló que la medición de la productividad de la mano de obra no solo se ve afectada por los desafíos que se derivan del personal, también están influenciados por la naturaleza de la industria y el tipo de empresa contratista. Además, la encuesta reveló que el 62% de los encuestados no tenían normas relacionadas a la medición de la productividad en sus empresas, lo que indica que la mayoría de los contratistas no fueron proactivos en esta área, aunque sí reconocieron su importancia. A los encuestados también se les preguntó si practicaron la medición de la productividad. Un asombroso 60% de los contratistas respondió que no a esta pregunta. Esto alarmante cifra indica que las iniciativas tomadas por las autoridades hasta la fecha han sido insuficientes. Los resultados del cuestionario de la encuesta y las entrevistas también revelaron los problemas y las soluciones consideradas más importantes por los practicantes con respecto a la medición de la productividad de la mano de obra. Los cinco desafíos principales identificados fueron la falta de un sistema adecuado para medir la productividad, las dificultades para obtener datos de una productividad exacta debido a la naturaleza de la mano de obra, dificultades para medir el trabajo (horas de trabajo del personal), la naturaleza complicada de medir la productividad, y el tiempo y la mano de obra necesarios para medir y analizar la productividad.

	Los resultados mostraron que el costo de medir la productividad, el tiempo y la mano de obra necesarios para medir y analizar los datos de productividad eran más importantes para subcontratistas que a los contratistas principales. Las cuatro mejores soluciones identificadas del cuestionario de la encuesta fueron los siguientes; simplificar los métodos de medición de la productividad y centrarse en oficios importantes, realizar seminarios para un desarrollo de un sistema de medición de la productividad para las empresas, crear una cultura dentro del contratista para medir la productividad, y hacer obligatoria la medición estandarizada de la productividad para todos los contratistas para ciertos tipos de proyectos. Una de las limitaciones obtenidas por este estudio fue el pequeño tamaño de la muestra; el cuestionario de la encuesta solo logró reunir 42 respuestas. Una tasa de respuesta más alta hubiera producido resultados más confiables. Como resultado, se requiere precaución cuando los resultados del análisis son interpretados y generalizados. Otra limitación es que debido a que este estudio fue realizado en Singapur, los hallazgos podrían ser más significativos en el contexto local. Sin embargo, también brindan información valiosa para organizaciones internacionales que llevan a cabo proyectos en Singapur y que necesitan saber y medir la productividad de los contratistas y subcontratistas en Singapur. Por lo tanto, este estudio también contribuye al organismo de conocimiento sobre la medición de la productividad en la comunidad global más amplia. (Hwang y Soh, 2013, pp.040130139-0401301310)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.17159/2309-8775/2016/v58n3a5
TÍTULO:	Productivity management in the South African civil construction industry -factors affecting construction productivity Traducción: Gestión de la productividad en la industria de la construcción de Sudáfrica: factores que afectan la productividad de la construcción
AUTORES:	Bierman, M; Marnewick, A; Pretorius, J.
IDEA PRINCIPAL:	Este estudio se hizo para identificar los factores que tienen un impacto en la productividad de la construcción desde una perspectiva global.
OBJETIVOS:	El objetivo de esta investigación es identificar los factores que tienen un impacto en la productividad global de la industria de la construcción sudafricana y compararlos con tendencias internacionales. El documento considera una visión global de la productividad, y no solo una productividad laboral. (Bierman, Marnewick y Pretorius, 2016, p.37)
METODOLOGÍA:	<u>Selección y categorización de factores</u> Para realizar esta investigación el primer paso fue identificar los factores que afectan la productividad en la construcción. Seis categorías se derivaron del estudio, es decir, gestión, mano de obra, consultores, herramientas / equipos, clima y características del sitio. Esto fue hecho para comparar los resultados de los diversos autores en el estudio. Tres principales categorías predominantes y que tienen una percepción de impacto en la productividad de la construcción, se identificaron. La categoría de gestión es primera con el mayor número de 54 factores, la categoría laboral es la segunda con 17 factores, y la categoría de consultor es la tercera con 15. Estas categorías se usaron para crear el cuestionario de investigación.

Definición de preguntas y escala de calificación

Los factores en el cuestionario fueron calificados de acuerdo con una escala de Likert, y dos categorías de preguntas fueron hechas para cada uno de los factores.
Las dos preguntas que se formularon para los profesionales de la industria, fueron en primer lugar, el impacto percibido que tuvo el factor en la productividad de la construcción, y en segundo lugar, con qué frecuencia ocurrió el factor durante el ciclo de vida del proyecto. Una escala Likert 0-4 fue utilizada, la escala para la frecuencia de ocurrencia fue alterada para proporcionar una escala adecuada para calificar la frecuencia.

Identificación del objetivo

Se utilizó un muestreo experto, como el enfoque de la investigación requirió un grupo específico de individuos quienes estuvieron involucrados en la gestión de proyectos en la industria de la construcción civil.
Dos organizaciones relevantes para la industria fueron contactadas para ayudar el cuestionario. El primero fue el Foro sudafricano de Contratistas de ingeniería civil (SAFCEC)y el segundo fue el Institución sudafricano de Ingeniería Civil (SAICE).

Compilación y distribución del cuestionario

El cuestionario fue creado usando una plataforma de encuestas en línea llamada SurveyMonkey. La aplicación en línea permitió a los participantes acceder al cuestionario, independientemente de de su ubicación geográfica, y poder completar el cuestionario tomándose su tiempo.
Las respuestas del cuestionario fueron recopiladas y resumidas por SurveyMonkey, generando una tabla resumen con los hallazgos.

	Análisis de los resultados El índice de importancia relativa (Rii) se usa para determinar los resultados en términos de severidad, y permite comparar los factores. Fue usado para comparar el puntaje de los factores que fueron capturados en el cuestionario mediante el uso de la escala de Likert. $$Rii = \frac{\sum_{r=0}^{4} r*nr}{4N}$$ donde: r = calificación según la escala de Likert (0-4) nr = número de resultados de r (escala de Likert) N = número de preguntas respondidas en el cuestionario El índice de importancia relativa modificado (MRii), se define como el promedio de dos valores Rii que tienen una relación lineal. $$MRii = \frac{Rii\ del\ impacto + Rii\ de\ la\ frecuencia}{2}$$ La primera etapa en el análisis de los datos implicados, fue calcular el Rii para cada uno de los factores. Esto se hizo para las dos categorías principales de las preguntas. La segunda etapa implicaba establecer una relación lineal entre las categorías de preguntas, con el objetivo de validar el uso del MRii.
RESULTADOS:	La siguiente tabla, indica los diez factores principales que se percibió que tienen un impacto en la productividad de la construcción.

Tabla 1

Los diez principales hallazgos combinados del cuestionario enumerados en Rii de impacto, frecuencia y MRii, ordenados según MRii

Factores (combinados)	Categoría	Ranking basado en *MRii*	Índice de importancia relativa (*Rii*)		
			Impacto del factor (A)	Frecuencia de ocurrencia (B)	*MRii*(promedio entre A & B)
Demora en facilitar los planos entregados al contratista	Consultor	1	0.900	0.843	0.872
Huelga ilegal por parte de los trabajadores	Trabajador	2	0.883	0.817	0.850
Retraso en la respuesta a RFI(Solicitud de información)	Consultor	3	0.867	0.826	0.846
Demora en facilitar las especificaciones e información al contratista	Consultor	4	0.867	0.826	0.846
Conflictos civiles en los alrededores del proyecto	Trabajador	5	0.850	0.800	0.825
Huelga del sindicato de trabajadores	Trabajador	6	0.850	0.800	0.825
Inspección retrasada por el consultor	Consultor	7	0.792	0.788	0.790
Habilidades del supervisor	Administrador	8	0.758	0.807	0.783
Poca comunicación entre los trabajadores y el administrador	Administrador	9	0.758	0.807	0.783
Diseño complejo	Consultor	10	0.767	0.793	0.780

Nota. Fuente: Bierman, M., Marnewick, A.,y Pretorius, J.(2016).” Productivity management in the South African civil construction industry -factors affecting construction productivity.” *Journal of the South African Institution of Civil Engineering.*, 10.17159/2309-8775/2016/v58n3a5, 37-44.

CONCLUSIONES:

El estudio demostró claramente que industria de la construcción se enfrenta a una fluctuación medio ambiental y a difíciles condiciones económicas. Esta industria también juega una parte importante en el crecimiento de la economía de un país. Por otra parte, la productividad de un país tiene un impacto en el estándar de la vida de sus ciudadanos. De esta manera queda claro que la sostenibilidad a largo plazo de la industria de la construcción y el crecimiento de la sostenibilidad de un país se puede lograr mejorando la productividad.

Se obtuvo una perspectiva global de los factores que provocan un impacto, y se reveló que la industria de la construcción en cada país tiene sus propios factores que afectan la productividad de la construcción.

Además, tres categorías de factores fueron identificados. Estos son gerentes, trabajadores y consultores relacionados factores. Los resultados del cuestionario en esta investigación produjeron una similar consecuencia. Sin embargo, el factor consultor obtuvo los factores

	más altamente calificados que tienen un impacto percibido en la productividad. Esto ha llevado a los autores a creer que el marco de gestión/administración debe ser adaptado para ajustarse a la industria dentro de un país específico. Además, los factores que se identificaron deberían formar la base del marco de gestión, aunque también es importante incorporar otros factores. (Bierman et al., 2016, p.44)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467
TÍTULO:	Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects Traducción: Análisis de retrasos en proyectos de construcción de carreteras en Camboya: causas y efectos
AUTORES:	Soeng, S ; San Santoso, D.
IDEA PRINCIPAL:	La idea principal consta de un análisis de los factores que causan demora en los proyectos de construcción de carreteras en Camboya y sus efectos sobre el tiempo, el costo y la calidad del proyecto
OBJETIVOS:	Este estudio tiene como objetivo llenar el vacío que han dejado varias investigaciones relacionadas a los proyectos de construcción de carreteras en Camboya, llevando a cabo un estudio sobre el análisis del retraso de proyectos viales con un enfoque en la examinación de los factores que influyen en los retrasos y sus efectos sobre el tiempo, el costo y la calidad del proyecto. El objetivo de los encuestados fueron ingenieros de empresas contratistas y consultoras involucrados en proyectos de construcción de carreteras. (Soeng y San Santoso, 2016, p.050160201)

METODOLOGÍA:	Para esta investigación, se diseñó un cuestionario para cubrir tres secciones: (1) antecedentes de los encuestados, (2) evaluación de las causas de los retrasos, y (3) evaluación de los efectos de retraso sobre el tiempo, el costo y la calidad. La evaluación de retrasos se llevó a cabo desde dos perspectivas: frecuencia y gravedad. La escala Likert de 5 puntos de nunca (1) a siempre (5) se utilizó para la evaluación de la frecuencia, con muy bajo (1) a muy alto (5) asignado por la gravedad del mismo modo, al evaluar el efecto de los retrasos en el costo, tiempo y calidad del proyecto, una escala de muy bajo (1) a muy alto (5) también fue empleada. Originalmente, 78 factores de retraso fueron identificados. Para validar si estos 78 factores eran aplicables a los proyectos de construcción de carreteras de Camboya, cuatro expertos involucrados en el desarrollo de carreteras en Camboya con más de cinco años de experiencia laboral (tres de ellos tienen más de 10 años) experiencia laboral) fueron consultados para proporcionar verificación o sugerencias sobre los factores de retraso. Algunos de los factores fueron eliminados de la lista porque no fueron relevantes, algunos se combinaron porque estaban relacionados, y algunos fueron agregados sobre la base de la experiencia de los expertos. Finalmente, un total de 64 factores de retraso fueron seleccionados y agrupados en cinco categorías: (1) contratista (20 factores), (2) consultor (17 factores), (3) propietario (9 factores), (4) proyecto (11 factores) y (5) externo (7 factores). La encuesta del cuestionario fue traducida al idioma Khmer, y se realizó un estudio piloto con 10 ingenieros camboyanos para verificar cualquier posible ambigüedad o malentendido en las preguntas, el formato y las opciones de respuesta proporcionadas. Una realimentación en la prueba piloto se utilizó para mejorar las preguntas para el cuestionario fina. Se distribuyeron un total de 250 cuestionarios a ingenieros que trabajan en la construcción de carreteras y empresas consultoras. Al final, se usaron 153 cuestionarios válidos para este estudio que consta de 82 respuestas de contratistas y 71 respuestas de consultores, con posiciones que van desde director a jefe de equipo, asesor a ingeniero de proyectos .

	Para el análisis de frecuencia, gravedad e importancia se usaron las siguientes formulas: - Índice de frecuencia $$(F.I)(\%)= \Sigma\ \alpha(n/N) \times 100/5$$ donde α= la calificación asignada para cada respuesta (1 para nunca y 5 para siempre); n= frecuencia de las respuestas; y N= número total de respuestas. - Índice de gravedad $$(S.I)(\%)= \Sigma\ \alpha(n/N) \times 100/5$$ donde α= la calificación asignada para cada respuesta (1 para bajo y 5 para alto); n= frecuencia de las respuestas; y N= número total de respuestas. - Índice de importancia $$(IMP.I)(\%)= [F.I(\%) \times S.I\ (\%)]/100$$
RESULTADOS:	Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas :

Tabla 1

Los 10 principales factores de retraso en base a la frecuencia de ocurrencia

	Consultores	Contratistas	Conjunto
1	Trabajo durante la temporada de lluvia (E)	Adjudicación del proyecto a la oferta más baja (P)	Trabajo durante la temporada de lluvia (E)
2	Adjudicar el proyecto a la oferta más baja (P)	Trabajo durante la temporada de lluvia (E)	Adjudicar el proyecto a la oferta más baja (P)
3	Averías frecuentes de los equipos (C)	Impacto en las personas a lo largo del proyecto de construcción de carreteras (P)	Impacto en las personas a lo largo del proyecto de construcción de carreteras (P)
4	La mala disposición del sitio, gestión y supervisión (C)	La mala disposición del sitio, gestión y supervisión (C)	La mala disposición del sitio, gestión y supervisión (C)
5	Impacto en las personas a lo largo del proyecto de construcción de carreteras (P)	Averías frecuentes de los equipos (C)	Averías frecuentes de los equipos (C)
6	Larga distancia a depósitos de almacenamiento (P)	Retrasos en los pagos (O)	Larga distancia a depósitos de almacenamiento (P)
7	Baja productividad del trabajo (C)	Inundaciones (E)	Baja condición del suelo y el terreno (P)
8	Baja condición del suelo y el terreno (P)	Baja condición del suelo y el terreno (P)	La baja productividad del trabajo (C)
9	Equipos modernos inadecuados (C)	Larga distancia a depósitos de almacenamiento (P)	Equipos modernos inadecuado (C)
10	Interferencia a las actividades públicas (P)	Los cambios de diseño durante la construcción (S)	Retrasos en los pagos (O)

Nota: C = contratista; E = externa; O = propietario; P = proyecto; S = consultor.

Nota. Fuente: Soeng, S., y San Santoso, D.(2016)." Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects." *J. Manage. Eng*., 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467, 050160204.

Tabla 2

Los 10 principales factores de retraso en base al grado de gravedad

Rango	Consultores	Contratistas	Conjunto
1	Trabajo durante la temporada de lluvia (E)	Trabajo durante la temporada de lluvia (E)	Trabajo durante la temporada de lluvia (E)
2	Inundaciones (E)	Inundaciones (E)	Inundaciones (E)
3	Bajas calificaciones del contratista, equipo técnico y equipos (C)	Bajas calificaciones del contratista, equipo técnico y equipos (C)	Bajas calificaciones del contratista, equipo técnico y equipos (C)
4	Averías frecuentes de los equipos (C)	Impacto en las personas a lo largo del proyecto de construcción de carreteras (P)	Impacto en las personas a lo largo del proyecto de construcción de carreteras (P)
5	Impacto en las personas a lo largo del proyecto de construcción de carreteras (P)	Conflicto entre el contratista y consultor (C)	Averías frecuentes de los equipos (C)
6	Baja condición del suelo y el terreno (P)	Los problemas financieros de propietario (O)	Conflicto entre el contratista y consultor (C)
7	Conflicto entre el contratista y consultor (C)	Adjudicar el proyecto a la oferta más baja (P)	Baja condición del suelo y el terreno (P)
8	La mala disposición del sitio, gestión y supervisión (C)	Baja condición del suelo y el terreno (P)	Operador de equipo no calificado (C)
9	Rehacer el trabajo debido a la calidad no aceptada (C)	Retrasos en los pagos (O)	Rehacer el trabajo debido a la calidad no aceptada (C)
10	Operador de equipo no calificado (C)	Averías frecuentes de los equipos (C)	Adjudicar el proyecto (P)

Nota: C = contratista; E = externa; O = propietario; P = proyecto.

Nota. Fuente: Soeng, S., y San Santoso, D.(2016)." Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects." *J. Manage. Eng*., 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467, 050160205.

La lista de los 10 principales factores de retraso que afectan el tiempo, el costo y la calidad se presentan en la siguiente tabla; el rango del factor de retraso en base al índice de importancia de la perspectiva combinada se proporciona en los corchetes, junto con la categoría del factor.

Tabla 3

Los 10 principales factores de retraso y su efecto sobre el tiempo, el costo y la calidad

Rango	Factor de retardo de tiempo	Tiempo Medio	Factor de retardo del costo	Costo Medio	Factor de retardo de calidad	Calidad Media
1	Trabajo durante la temporada de lluvias (1, E)	3.97	Averías frecuentes en los equipos (5, C)	3.62	Inundaciones (2, E)	3.77
2	Averías frecuentes en los equipos(5, C)	3.80	Rehacer el trabajo debido a la calidad no aceptada (29, C)	3.56	Trabajo durante la temporada de lluvia (1, E)	3.61
3	Inundaciones (2, E)	3.80	Trabajo durante la temporada de lluvias(1, E)	3.56	Bajas calificaciones del contratista, equipo técnico y equipos (8, C)	3.56
4	Baja condición del suelo y el terreno (7, P)	3.77	Aumento de la cantidad en el contrato (30, P)	3.51	Baja condición del suelo y el terreno (7, P)	3.54
5	Problemas financieros del propietario (17,O)	3.75	Inundaciones (2, E)	3.51	Operador de equipo no calificado (12,C)	3.43
6	Larga distancia a depósitos de almacenamiento (14, P)	3.71	De larga distancia a bodegas(14,P)	3.46	Inspectores no capacitados (55, S)	3.37
7	La escasez de equipos, máquinas y herramientas (11, C)	3.63	Baja condición del suelo y el terreno (7, P)	3.37	Métodos de construcción inadecuadas (24, C)	3.36
8	Impacto en las persona a lo largo del proyecto (3, P)	3.63	Operador de equipo no calificado (12,C)	3.28	Insuficiente experiencia del contratista (13, C)	3.33
9	Insuficiente tiempo para el desarrollo del proyecto (21, P)	3.61	Errores en el diseño (51, S)	3.27	Gestor de proyecto incompetente / jefe de equipo (38,S)	3.31
10	Insuficiente mano de obra (26, C)	3.57	Bajas calificaciones del contratista, equipo técnico y equipos (8, C)	3.24	Averías frecuentes en los equipos(5, C)	3.18

Nota: C = contratista; E = externa; O = propietario; P = proyecto; S = consultor.

Nota. Fuente: Soeng, S., y San Santoso, D.(2016).” Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects.” *J. Manage. Eng*., 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467, 050160209.

CONCLUSIONES:

Las listas de los 10 mejores desde la perspectiva de contratistas, consultores, y una combinación de contratistas y consultores fueron dominados por factores de retraso.

En general, no hubo una diferencia significativa en las perspectivas de los contratistas y consultores, los 10 principales factores de la perspectiva combinada se puede utilizar como referencia. Estos factores son:

(1) Trabajo durante la temporada de lluvia; (2) inundaciones; (3) impacto en las personas en el proyecto; (4) adjudicar el proyecto al mejor postor; (5) averías frecuentes del equipo; (6) mala disposición de la supervisión y gestión; (7) malas condiciones de terreno y suelo;

	(8) baja calificación del personal técnico, contratista y los equipos del proyecto;(9) retrasos en los pagos; y (10) mano de obra de baja productividad. Los dos primeros en la lista son los factores externos de trabajo durante la estación lluviosa y las inundaciones; ambos afectan altamente el tiempo, el costo y calidad de un proyecto. Crear y organizar un plan y horario apropiados para la ejecución de un proyecto fuera de la temporada de lluvias es recomendable como una forma de reducir estos dos factores. Para un proyecto durante la temporada de lluvias, se debería tener en cuenta un plan y cronograma adecuados realizado por los contratistas. Otro aspecto importante es que las condiciones de cláusulas en la construcción relacionadas con estos dos factores deben ser claras para evitar cualquier problema legal en el proceso de construcción. Los retrasos en los pagos fueron el único factor asociado con el propietario enumerado en el top 10. Esto indica fuertemente que una revisión de las cláusulas de pago en el contrato puede ser considerada. Un cronograma claro y transparente debería ser explícitamente establecido en el contrato, y este debe ser seguido estrictamente por la agencia gubernamental responsable de pagos. Criterios de precalificación para la adjudicación de proyectos deberían mejorarse, posiblemente aumentando el número mínimo requerido de proyectos en los que los contratistas han participado anteriormente, definiendo los requisitos de los recursos humanos necesarios para el proyecto, y considerando los registros de seguimiento de proyectos anteriores de los contratistas. Declaraciones de los activos empresariales (equipo y maquinaria) y calificaciones de recursos deberían ser incluidos para su revisión y evaluación y así garantizar la capacidad y las calificaciones del contratista. Este enfoque minimizará la posibilidad de tener contratistas con bajos o no calificados recursos. Los contratistas deben actualizar las calificaciones y habilidades de sus recursos humanos proporcionando la capacitación necesaria para mejorar la productividad, y para administrar y supervisar mejor la ejecución del proyecto. Además, el mantenimiento apropiado de los equipos debe considerarse para brindar servicios confiables en la ejecución el proyecto. Los contratistas necesitan un plan de mantenimiento para todos los equipos usados en el proyecto. Alternativamente, los operadores de equipos pueden ser animados a participar en el programa de mantenimiento dando incentivos para aquellos que pueden mantener en

	buen estado los equipos para todo el período del proyecto. Además, los consultores dieron más peso a los retrasos causados por los contratistas que los propios contratistas, lo cual es comprensible. Finalmente, es imprescindible que las demoras no se vean solo como las causantes de afectar el tiempo de finalización del proyecto. Sus efectos sobre el costo y la calidad también deben considerarse para completar el proyecto con éxito. (Soeng y San Santoso, 2016, p. 0501602010)

Ficha de organización de la información

CÓDIGO:	10.3846/13923730.2014.893922
TÍTULO:	Predicting Productivity Loss Caused by Change Orders using the Evolutionary Fuzzy Support Vector Machine Inference Model Traducción: Predecir la pérdida de productividad causada por el cambio de ordenes usando EFSIM (Evolutionary Fuzzy Support Vector Machine)
AUTORES:	Cheng, Min Y; Wibowo, Dedy K; Prayogo, Doddy; Roy, Andreas F.
IDEA PRINCIPAL:	Este estudio desarrolla el Evolutionary Fuzzy Support Vector Machines modelo de inferencia (EFSIM) para predecir con más precisión pérdidas de productividad relacionadas con órdenes de cambio. El EFSIM es una herramienta basada en inteligencia artificial que combina lógica difusa (FL), máquina de vector de soporte (SVM) y algoritmo genético rápido (fmGA).
OBJETIVOS:	El objetivo de esta investigación es usar EFSIM para predecir la pérdida de productividad causada por las órdenes de cambio. La factibilidad y la capacidad del método propuesto son evaluadas y comparadas con otros métodos, incluyendo ANN, SVM y ESIM. La validación con otros estudios también se llevo a cabo para demostrar el rendimiento del modelo propuesto. (Cheng, Wibowo, Prayogo y Roy, 2015, p.882)

METODOLOGÍA:	Predicción de pérdida de productividad con EFSIM 1. Información histórica Los datos utilizados en esta investigación se obtuvieron de 102 casos citados en la tesis de Assem (2000) y cubrió 33 casos de la investigación de Assem (2000) sobre los efectos adversos de órdenes de cambio y 69 casos de la investigación de Leonard (1988) de los impactos de las órdenes de cambio. 2. Pre procesamiento de datos El pre procesamiento de datos es una etapa importante en el análisis de datos. Varias técnicas de pre procesamiento de datos como limpieza de datos, reducción de características y transformación datos se emplearon en este estudio. La reducción de características se aplicó para reducir la dimensión de las características de los datos y ayudar a reducir el tiempo de cálculo. Dos métodos, análisis de correlación (CA) y el análisis de componentes principales (PCA), fueron empleados para comparar los resultados del método de reducción de características. CA es la forma más sencilla de evaluar las relaciones de input (entrada/insumos) y output(salida/producción). La PCA se utiliza para identificar fuertes variables de predicción en un conjunto de datos. Técnicas de transformación de datos como la normalización, donde las características de los datos son clasificadas para caer dentro de un pequeño especificado rango y de esta manera mejorar la exactitud y la eficiencia de los algoritmos envueltos en las mediciones de distancia. 3. Datos finales Se usaron un total de 96 registros para entrenar la predicción del modelo. Se realizaron dos tipos de análisis para comparar el rendimiento de los métodos de reducción de características. Análisis 1 utilizó CA y Análisis 2 utilizó PCA. 4. Validación cruzada La validación cruzada es una técnica estadística que evalúa con qué precisión un modelo predictivo funcionará dividiendo datos en dos segmentos, de los cuales uno se usa para aprender o entrenar el modelo y el otro se usa para probar o validar el modelo. En consecuencia, 10 estimaciones de rendimiento independiente se realizaron de pruebas. 5. Medidas de rendimiento Para evaluar EFSIM se utilizó las siguientes 4 medidas de rendimiento.

5.1 Error cuadrático medio (RMSE)

RMSE se puede usar para calcular la variación de errores en un modelo de predicción y es muy útil cuando los grandes errores son indeseables.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2},$$

donde y_j es el valor real; $\hat{y}j$ es el valor predicho; yn es el número de muestras de datos.

5.2 error absoluto medio (MAE)

El error absoluto medio (MAE) es el promedio absoluto valor del residuo (error). MAE es una cantidad utilizada para medir qué tan cerca están los pronósticos o predicciones del posible resultado.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left|y_j - \hat{y}_j\right|.$$

5.3 Error porcentual absoluto medio (MAPE)

El error porcentual absoluto medio (MAPE) es una medida que representa la predicción del porcentaje de error.

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left|\frac{y_j - \hat{y}_j}{y_j}\right| \times 100\%.$$

5.4 Periodo de formación

El periodo de formación representa el tiempo tomado por el modelo propuesto para formar datos y obtener la predicción óptima.

Para obtener una comparación global, un índice de referencia normalizada (RI) se creó mediante la combinación de las cuatro medidas de rendimiento (RMSE, MAE y MAPE, y periodo de formación.

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{x_i^{\max} - x_i}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}}{n},$$

	donde: xi es el indicador de medición (RMSE, MAPE, MAE, periodo de formación); xi ^{max} es el valor máximo del indicador entre todos los métodos de predicción; xi ^{min} es el mínimo valor del indicador entre todos los métodos de predicción; n es la cantidad de indicadores de medición.
RESULTADOS:	En el Análisis 1 se obtuvieron los mejores resultados en todas las medidas de rendimiento de EFSIM y ESIM a excepción de MAPE. Por otro lado, en el Análisis 2 se obtuvieron mejores resultados en SVM y ANN. Sin embargo, la diferencia entre los dos análisis en términos de la medida de desempeño de MAPE no fue significativa. Los valores del rendimiento promedio del Análisis 1 y 2 muestra que el mejor modelo con el valor más pequeño de RMSE es EFSIM (2.98%), además se puede observar una relación directa entre RMSE y MAE. Los valores de MAE son siempre más pequeños que los valores de RMSE, el valor más pequeño de MAE es EFSIM (2.38%) de todos los modelos. Los valores de MAPE son inadecuados en todos los modelos debido a la serie de valores pequeños del denominador. Los valores de MAPE son consistentes con otras medidas de rendimiento (RMSE y MAE). El mejor modelo lo obtiene EFSIM (27.15%). En términos de periodo de formación, los datos de ANN y SVM son relativamente rápidos, mientras que ESIM requiere más tiempo y EFSIM requiere la mayor cantidad de tiempo. El RI normalizado obtuvo una medida general combinando todas las medidas de rendimiento. Basándose en los valores de RI, EFSIM es el mejor modelo, seguido en orden por ESIM, SVM y ANN. Aunque EFSIM requiere el periodo de formación más largo, siempre obtiene el mejor resultado a comparación de las otras medidas de rendimiento. Por lo tanto, por fusionar FL, SVM y fmGA, EFSIM predice cambios relacionados con el orden pérdida de productividad con mayor precisión que los otros modelos considerados.

CONCLUSIONES:	Esta investigación propone una técnica híbrida de AI, EFSIM, para predecir la pérdida de productividad causada por las órdenes de cambio. EFSIM se desarrolla fusionando técnicas de IA complementarias incluyendo FL, SVM y fmGA, logrando una predicción superior a las técnicas tradicionales. El modelo desarrollado reduce el nivel de intervención humana necesaria para obtener formas de funciones de membresía (MF) a partir de encuestas y juicio de expertos; también con éxito identifica los parámetros del kernel. EFSIM es fácil de aplicar y conveniente para nuevos usuarios, y puede ser utilizado por profesionales sin conocimiento de dominio AI. Los resultados de la prueba muestran que el rendimiento de predicción de EFSIM es superior a otros métodos de predicción tales como ESIM, ANN y SVM. Aunque EFSIM requiere más tiempo de cálculo, los resultados de predicción de EFSIM son significativamente más precisos que los métodos de la competencia. Los resultados de validación con estudios previos para predecir el impacto de las órdenes de cambio en la pérdida de productividad también indican que EFSIM proporciona el margen más pequeño entre los métodos competidores. Estos resultados muestran un gran potencial para EFSIM como una herramienta para predecir con precisión el orden de cambio relacionado con la pérdida de productividad. Además, el modelo desarrollado ayuda al gerente de proyecto a hacer un ajuste relacionado a la pérdida de productividad causada por la orden de cambio. Además, este trabajo de investigación tiene éxito en la demostración de un híbrido Artificial Paradigma de inteligencia, FL-SVM-fmGA, para facilitar la toma de decisiones en la industria de la construcción. (Cheng et al., 2015,pp. 890-891)