

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE
AREQUIPA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO**



TESIS

**“CONTROL DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN MEDIANTE EL
MODELO CONCEPTUAL PARA LA INTEGRACIÓN BIM -
LAST PLANNER SYSTEM EN LA CONSTRUCCIÓN DE
HOSPITALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Presentada por el Bachiller:

EDDY ALBEIRO DEL CARPIO ARANZABAL

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN
EN: GERENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN**

Asesor:

MAG. RENZO GONZALO RIVAS MUELLE

**AREQUIPA - PERÚ
2021**

RESUMEN

En los últimos años en la región Arequipa se han evidenciado serias deficiencias en la ejecución e implementación de hospitales. Existe baja productividad, ampliaciones de plazo, sobrecostos y paralizaciones. A esto sumamos la necesidad de nueva infraestructura hospitalaria ya que la precariedad del sistema de salud nacional ha sido evidenciada en estos últimos meses a raíz de la pandemia de covid-19. Para dar una solución a esta problemática, la revisión de literatura evidencia estudios que unen el modelado BIM con el Last Planner System (LPS) en una serie de interacciones que nos permiten mejorar la productividad, asimismo, la Teoría de Producción como Flujo, que forma parte de la Teoría de Producción TFV (transformación-flujo-valor), recoge todos los hallazgos de la filosofía Lean Production y Just in Time en una teoría sólida basada en seis principios. La presente investigación propone lineamientos que mejoren la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo, a partir de la aplicación del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución de obra. La metodología empleada tiene un enfoque cualitativo con una postura interpretativa y alcance descriptivo. Se demuestra que la combinación de ambas herramientas BIM y LPS proporcionan un mejor control del tiempo de ejecución y grandes mejoras en la productividad a la vez que cumplen los principios de la Teoría de Producción como Flujo. Los lineamientos planteados buscan un desarrollo en las herramientas informáticas usadas en la construcción tales como nuevos softwares BIM-LPS, que puedan garantizar que los futuros proyectos hospitalarios ejecutados serán exitosos y de bienestar para la población arequipeña.

PALABRAS CLAVE

Control de tiempo, integración BIM-LPS, obras hospitalarias, productividad.

ABSTRACT

In recent years, the Arequipa region has shown serious deficiencies in the execution and implementation of hospitals. There is low productivity, term extensions, cost overruns and stoppages. To this we add the need for new hospital infrastructure since the precariousness of the national health system has been evidenced in recent months as a result of the covid-19 pandemic. To provide a solution to this problem, the literature review shows studies that unite BIM modeling with the Last Planner System (LPS) in a series of interactions that allow us to improve productivity, as well as the Theory of Production as Flow, which forms Part of the TFV Production Theory (transformation-flow-value), it collects all the findings of the Lean Production and Just in Time philosophy in a solid theory based on six principles. This research proposes guidelines that improve productivity in the construction of hospitals in Arequipa using the Theory of Production as Flow, based on the application of the BIM-LPS Integration Conceptual Model, in order to control the time of work execution. The methodology used has a qualitative approach with an interpretive stance and descriptive scope. It is shown that the combination of both BIM and LPS tools provide better control of execution time and great improvements in productivity while complying with the principles of the Theory of Production as Flow. The proposed guidelines seek a development in the computer tools used in construction such as new BIM-LPS software, which can guarantee that future hospital projects executed will be successful and of well-being for the Arequipa population.

KEYWORDS

Time control, BIM-LPS interaction, hospital works, productivity

AGRADECIMIENTOS

Gracias en primer lugar a Dios, el hacedor de todo, es por el que estamos con salud yo y mi familia, precisamente en estos tiempos donde la salud se ha convertido en algo muy preciado e importante.

Gracias a mi mamá, papá y hermano por el cariño, el amor, la comprensión y el apoyo para la realización de esta maestría y de esta investigación. Su apoyo incondicional fue de vital importancia para la realización de este proyecto y de todos los proyectos que en mi vida me he propuesto realizar.

Gracias al arquitecto Renzo Rivas, mi asesor, por toda la paciencia y los conocimientos compartidos en los seminarios de tesis, gracias por su apoyo sus ánimos y su guía para el correcto avance de la tesis. También gracias a la Escuela de Posgrado de la facultad de Arquitectura de la UNSA y a todo el personal docente que tuvimos en este tiempo de maestría. Y gracias también a mis compañeros de grupo por compartir el arduo trabajo de la investigación y por estar siempre prestos a ayudarse entre todos, gracias.

DEDICATORIA

A Patricia

A Edilberto

A Rodrigo

Eddy

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1 Antecedentes	13
1.2.2 Justificación.....	14
1.2.3 Enunciado del problema.....	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 DELIMITACIÓN	16

1.4	ALCANCES	16
1.5	LIMITACIONES	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		17
2.1	MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.1	Antecedentes	17
2.1.2	Bases teóricas	28
2.1.3	Bases conceptuales	42
2.2	MARCO CONCEPTUAL	43
2.2.1	Productividad	43
2.2.2	Modelo Conceptual	43
2.2.3	BIM	44
2.2.4	Last Planner System	45
2.2.5	Modelo de madurez de capacidad (CMM).....	46
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		51
3.1	ENFOQUE Y ALCANCE	52
3.2	VARIABLES O FENÓMENOS	53
3.3	OBJETIVO ESPECIFICO 1	53
3.3.1	Estrategia y Método	53
3.3.2	Técnica de recolección	54
3.3.3	Instrumentos	54
3.3.4	Fuentes de información, muestreo y validez	55

3.4 OBJETIVO ESPECIFICO 2	56
3.4.1 Estrategia y Método	56
3.4.2 Técnica de recolección	56
3.4.3 Instrumentos	57
3.4.4 Fuentes de información, muestreo y validez	57
3.5 OBJETIVO ESPECIFICO 3	58
3.5.1 Estrategia y Método	58
3.5.2 Técnica de recolección	59
3.5.3 Instrumentos	59
3.5.4 Fuentes de información, muestreo y validez	59
3.6 OBJETIVO ESPECIFICO 4	60
3.5.1 Estrategia y Método	60
3.5.2 Técnica de recolección	60
3.5.3 Instrumentos	60
3.5.4 Fuentes de información, muestreo y validez	61
CAPÍTULO IV: MARCO REAL	62
4.1 ANTECEDENTES NACIONALES	62
4.2 ANTECEDENTES LOCALES	63
4.2.1 Hospital de Camaná	63
4.2.2 Hospital de Cotahuasi.....	64
4.2.3 Hospital de Chala	65
4.2.4 Hospital de Alto Inclán, Mollendo	65
4.2.5 Hospital Maritza Campos Díaz, Arequipa	65

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
5.1 ALCANCES DE LA TEORÍA DE PRODUCCIÓN COMO FLUJO.....	67
5.2 CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO DE PLAZO	68
5.2.1 Problemas encontrados en los informes de control.....	69
5.2.2 Análisis de los problemas encontrados	71
5.2.3 Análisis de las causas de incumplimiento de plazo.....	74
5.3 INTERACCIONES BIM-LPS	77
5.3.1 Modelo de Madurez de Capacidades BIM.....	77
5.3.2 Interacciones BIM-LPS para el control de tiempo de ejecución.....	77
5.4 LINEAMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD	83
5.4.1 Soluciones a las causas de incumplimiento.....	84
5.4.2 Análisis de mejora a la productividad	86
5.4.3 Lineamientos propuestos.....	88
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS.....	91
APÉNDICES.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	36
Tabla 2	39
Tabla 3	47
Tabla 4	72
Tabla 5	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	29
Figura 2	35
Figura 3	52
Figura 4	73
Figura 5	74

INTRODUCCIÓN

La investigación se desarrolla dentro de la línea de investigación de productividad en la construcción, ya que las interacciones de BIM con LPS que se analizaron y la Teoría de producción como Flujo tienen como uno de sus fines principales el mejoramiento de la productividad en la ejecución de las obras y en este caso de la ejecución de hospitales.

En los últimos años la industria de la construcción se ha convertido en una actividad muy importante para el desarrollo del país. Prueba de esto lo encontramos en los indicadores macroeconómicos que colocan a la construcción como uno de los sectores que más aportan al Producto Bruto Interno (PBI) (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019) y que antes de la pandemia de covid-19 venía experimentando un incremento en comparación al año pasado (Gerencia Central de Estudios Económicos BCRP, 2020).

A su vez las deficiencias mostradas en los proyectos hospitalarios de los últimos años en la región Arequipa pueden deberse a diferentes causas que pueden ser: problemas en la planificación de obra, falta de personal calificado, problemas con los trabajadores (sindicato) o mala gestión de las empresas constructoras. A pesar que varias empresas nacionales y locales han venido adoptando para el diseño los modelos BIM y en la ejecución el uso del Last Planner System (LPS) aún persisten la falta de productividad y el incumplimiento del cronograma de obra, cosa que luego deriva en ampliaciones de plazo y aumento de costos.

En 2020 Shimanski et al. propone un nuevo modelo conceptual que une ambos conceptos BIM y LPS, tomando como base la Matriz de Interacción BIM-Lean de Sacks, (2010), al demostrarse que juntos mejoran más los resultados en la productividad de las obras de construcción que al aplicar estas herramientas por separado, por esta evidencia es pertinente analizar los efectos que este nuevo modelo conceptual puede ofrecer en la construcción de hospitales en Arequipa.

El objetivo principal de esta investigación es proponer lineamientos que mejoren la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo, a partir de la aplicación del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución de obra.

En el capítulo 1 se plantea el problema que esta investigación abordará, sus antecedentes, la justificación de porque se desea mejorar en la construcción de este tipo de edificaciones, objetivo principal y objetivos específicos, la delimitación, el alcance y las limitaciones del estudio. En el capítulo 2 abordaremos la Teoría de la Producción como Flujo, mencionando sus alcances a través del tiempo y sus enfoques sobre el mejoramiento de la productividad y el Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS de Schimanski et al. (2020), el cual está apoyado en una matriz de interacciones entre ambas herramientas.

En el capítulo 3 se presenta la metodología usada para lograr los objetivos de esta investigación, con un enfoque cualitativo y alcance descriptivo planteamos la pregunta de investigación: ¿cómo se puede mejorar la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo? El capítulo 4, Marco Real, se empieza a responder la pregunta de investigación explicando el ámbito en donde se desarrolla esta investigación, que en este caso vienen a ser la construcción de hospitales con antecedentes nacionales y locales.

El análisis de resultados presentados en el capítulo 5 demuestra que la utilización de este Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS de Schimanski et al. (2020) ayuda de sobremanera con el cumplimiento de plazos de construcción, al integrar ambas herramientas es posible crear una sinergia positiva y beneficiosa para la productividad, esta última analizada bajo la perspectiva de la Teoría de Producción como Flujo. Finalmente, el capítulo 6 muestra las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Antecedentes

Las investigaciones apuntan a un objetivo que es la unión de BIM con el LPS, pero lo hacen cada uno por separado con estudios de caso o de manera teórica tomando en referencia estudios pasados y las bases teóricas de la filosofía Lean. Es ampliamente reconocido la eficacia que tiene el sistema Last Planner para la planificación de las obras y complementado con los modelos BIM de forma paralela se obtienen buenos resultados en los objetivos del proyecto, pero poco se había investigado en la unión de ambas herramientas. Es entonces que Rafael Sacks se plantea unir las funcionalidades BIM con los principios Last Planner en forma de interacciones descritas en una matriz. En 2010 hace la primera investigación de integración BIM-LPS y propone la primera matriz de interacción BIM-LPS en la cual se detallan 56 interacciones entre ambas herramientas y como se complementan en conjunto (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010). Luego en 2012 se apuntó a expandir la matriz existente al descubrir nuevas funcionalidades BIM y principios de LPS. En un intento por identificar nuevas interacciones, los investigadores han identificado proyectos académicos que han integrado metodologías BIM y conceptos Lean. Luego, se integró estas nuevas características a la matriz de interacción para comprender mejor cómo BIM contribuye a la construcción ajustada (Oskouie, Gerber, Alves, & Becerik-Gerb, 2012). Desde entonces se han venido publicando diferentes investigaciones y aplicaciones a nivel mundial hasta que Schimanski et al. (2020) en un esfuerzo de unificar todos estos estudios de integración BIM-LPS hace un recuento general de todas las investigaciones a la fecha, las clasifica y propone un Nuevo Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, en el cual se basará la presente investigación aplicado a la construcción de hospitales.

1.2.2 Justificación

En los últimos años estas edificaciones evidencian problemas en su construcción no contribuyendo así con la mejora del sistema de salud que necesita a la población. La región Arequipa tiene alrededor del 60% de la población afiliada al sistema de salud público, tanto en SIS como EsSalud (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018), pero no se puede atender toda la demanda con el número de hospitales que se tiene ahora. En la anterior gestión del gobierno regional se presupuestó aproximadamente 400 millones de soles en infraestructura para el sector salud, entre los que se encontraban la construcción de cuatro hospitales, de los cuales tres (Cotahuasi, Camaná y Chala), se debieron inaugurar en 2018 (Condori, 2020). De acuerdo a lo anterior se considera pertinente y necesaria la búsqueda de mejoras en la ejecución de estos proyectos. Es prioritario el tema de la salud de la población y tal como se viene presenciando en los últimos meses la escasez de infraestructura hospitalaria es evidente, de haberse culminado a tiempo los hospitales en la región ya estarían operando y atendiendo a la población que lo necesita. Con las soluciones propuestas en este documento para el éxito de las obras hospitalarias los grandes beneficiados serán el estado, los gobiernos regionales, las empresas contratistas que necesitan cumplir con los plazos contractuales, los profesionales de la construcción ya que pueden disponer de más herramientas informáticas para de gestión y la población en general la cual necesita servicios de salud de calidad en infraestructuras de calidad.

1.2.3 Enunciado del problema

Dadas las deficiencias en la ejecución de los hospitales en los últimos años en la región Arequipa que puede deberse a problemas de planificación de obra que conlleva a ampliaciones de plazos y mayores gastos, es que se torna necesaria la aplicación o búsqueda de nuevas soluciones y herramientas que ayuden a corregir en buena parte los problemas ya expuestos.

Por lo tanto, luego de realizar una revisión de literatura se evidencia la necesidad de realizar investigaciones que utilicen el nuevo modelo conceptual de integración BIM-LPS de Schimanski et al. (2020) con la finalidad de probarlo en condiciones reales de construcción para evaluar su solidez, aplicabilidad y especialmente su utilidad en la práctica, ya que muchos conceptos importantes (por ejemplo, Lean Production) han nacido en base a los hallazgos en análisis prácticos. Las mejoras basadas en experiencias de implementación real deben incorporarse continuamente (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020).

1.2 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Proponer lineamientos que mejoren la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo, a partir de la aplicación del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución de obra.

1.3.2 Objetivos específicos

- Reconocer los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad.
- Identificar las causas de incumplimiento de plazo en la construcción de hospitales de los últimos años en Arequipa.
- Interpretar las interacciones BIM-LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución a través del modelo de madurez de capacidades BIM.
- Proponer lineamientos para la mejora de la productividad en base a los alcances teóricos, las causas de incumplimiento de plazo y las interacciones BIM-LPS.

1.3 DELIMITACIÓN

La presente investigación tomó los casos de cinco hospitales ejecutados en las provincias de la región Arequipa: Arequipa, Camaná, Caravelí, Islay y La Unión, estas obras empezaron su ejecución en los últimos cinco años (2016-2021). Estas son las obras que se analizaron para determinar los problemas que tuvieron en su construcción y sus demoras en las finalizaciones de las obras. No se tocaron aspectos referidos a los problemas políticos que hubo entre la entidad y los consorcios encargados de la ejecución de los hospitales y la demora de su puesta en funcionamiento ya que esto escapa de los objetivos propuestos.

1.4 ALCANCES

El estudio abarcó el análisis de la aplicación de las interacciones propuestos por el Modelo Conceptual para la Integración BIM-LPS de Schimanski et al. (2020) que ayuden al cumplimiento de plazo de ejecución de las obras de construcción de hospitales en Arequipa, y recopiló los distintos beneficios que ayudan a mejorar la productividad de estas, bajo la perspectiva de la Teoría de Producción como Flujo, teniendo en cuenta la importancia que tienen este tipo de obras para la población.

1.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de esta tesis tienen que ver con el número de hospitales a analizar ya que en total se construyeron en la región cinco hospitales en los últimos cinco años y tampoco se analizaron hospitales construidos fuera de la región Arequipa. También la aplicación es válida solo en la ciudad de Arequipa al tener acceso rápido a las tecnologías y herramientas propuestas. Dado de que este estudio solo es cualitativo se necesita un estudio de caso, la construcción de un hospital, para confirmar la validez de la propuesta y su potencial utilidad en la vida real.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes

a) Teorías de Producción y Productividad.

La productividad siempre ha sido un tema muy debatido y siempre se ha tomado una gran importancia de este concepto, tanto para las empresas como para los beneficiarios del producto o bien que se ofrece. En el caso de la producción en las industrias manufactureras cobró importancia desde la revolución industrial de inicios del siglo XX, tomando dos posturas bien diferenciadas, la producción como transformación y la producción como flujo.

La primera postura defendida por Frederick Taylor le dio más importancia al trabajo propiamente dicho, en otras palabras, se preocupó por producir en mayores cantidades de productos en menores tiempos. En cambio, la segunda postura de flujo propuesta por los esposos Gilbreth le dio mucha más importancia a la reducción de movimientos y tareas innecesarias que constituían en lo que ellos denominaron como pérdidas en la producción.

Frank Gilbreth era un ingeniero estadounidense que al principio de su carrera trabajaba como contratista de obras, en el desempeño de este empleo empezó su preocupación por hacer las tareas más fáciles y rápidas, por ejemplo, en el acomodo de ladrillos de construcción. Esto dio como resultado en un estudio que realizó junto con su esposa Lillian Moller sobre las maneras en que las industrias de manufacturas podían incrementar las ganancias y hacer que los procesos de trabajo sean más fáciles de ejecutar.

Los Gilbreth propusieron modelar los flujos en cuatro etapas: procesamiento, inspección, espera y movimiento. De estos, solo el procesamiento es transformación, los otros no lo son (Gilbreth & Gilbreth, 1922). Shingo (1988) indica que el enfoque de mejora para cada tipo de etapa es totalmente diferente. Esto es haciendo transformaciones más eficientes y tratando de eliminar los procesos que no sean transformaciones (pérdidas). Por lo tanto, la inspección, la espera y el movimiento representan pérdidas en producción (Koskela, 1999).

Los Gilbreth enseñaban a sus trabajadores que los aspectos dentro de un lugar de trabajo siempre estaban sujetos a la implementación de mejoras y de esa manera realizar sus actividades de la mejor manera posible, antecesor de la mejora continua tomada en la filosofía Lean. De esta manera la producción es concebida como un flujo constante, donde deben primarse la reducción de movimientos innecesarios que constituirían luego en baja productividad y en ocasiones también en molestias físicas al trabajador (Gilbreth & Gilbreth, 1922). En su estudio de movimientos, los Gilbreth hacían grabaciones de todos los movimientos corporales de sus trabajadores, con la finalidad de observar en que aspectos se podían mejorar las áreas de trabajo (ergonomía) y la otra razón era para entrenar a los trabajadores para realizar su función de manera más óptima sin hacer movimientos innecesarios y así disminuir las pérdidas.

Pero a pesar de estos buenos alcances por parte de los Gilbreth no fue sino hasta la década de 1940 que se retomó en Japón estas prácticas para la mejora de la producción de guerra que en esos años estaba en pleno desarrollo. Terminada la guerra surge la figura de Sakichi Toyoda, fundador de Toyota y con la dirección del ingeniero industrial japonés Taiichi Ohno diseñan el Sistema de Producción Toyota desde 1946 hasta 1975, el cual luego se denominaría el método de producción Just In Time (JIT) en base a los alcances de la producción ya estudiadas por los Gilbreth.

Just in Time, cuya traducción sería justo a tiempo, es un método de producción que se basa en la eliminación de los desperdicios o pérdidas (muda en japonés). Nace de la industria automotriz en donde se procuró el ahorro de tiempo y costos, fabricando los autos de acuerdo a los pedidos del cliente y evitar que se llenen almacenes, la frase que mejor resume este método sería: “tener a la mano los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan”.

De esta manera Taiichi Ohno crea el JIT en base a ciertos principios como el sistema Pull que consiste en producir solo lo que se necesita en el momento necesario, el sistema de producción es visto como un flujo visto desde el final hacia atrás, jalando los materiales que requieren de procesos anteriores, para esto Ohno creó un sistema en base a tarjetas donde podía escribir la cantidad exacta de materiales que se requieren del almacén, este sistema se denomina Kanban. Otro principio es el flujo continuo de la producción la cual hace que las estaciones de trabajo estén libres de todos aquellos problemas que retrasen sus actividades y si se identifica alguna restricción tratar de eliminarla lo más rápido posible, eliminando así los llamados cuellos de botella.

En 1961 John Little deduce y demuestra la fórmula de las colas: $L = \lambda W$ donde L es el número de unidades esperadas en el sistema de producción, W es el tiempo que una unidad se encuentra en el sistema y $1/\lambda$ es el tiempo esperado entre dos llegadas al sistema, a este tiempo $1/\lambda$ también lo expresamos como T y la fórmula queda así: $L = TW$ (Little, 1961). Para el cálculo del tiempo que una unidad pasa por el sistema despejamos W y nos queda $W = L/T$.

La siguiente fórmula relaciona del tiempo de ciclo y el trabajo en progreso en cualquier línea de producción (Little, 1961):

$$W = L/T$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{Trabajo en progreso} / \text{Rendimiento}$$

Por lo tanto, al reducir el trabajo en progreso se reduce el tiempo de ciclo, siempre que el rendimiento permanezca constante.

Hopp y Spearman (1996) indican que el resultado fundamental con respecto al control de producción es que cuando existe un cierto nivel de variabilidad siempre hay una penalización de una manera u otra, incluso si el control es el mejor posible. Así se tiene que escoger entre tres alternativas: el almacenamiento de flujos para aumentar la probabilidad de que todas las partes estén disponibles en una estación de trabajo lo que conduce a largos tiempos de ciclo; aceptar menor utilización de recursos, lo que equivale a la adquisición de capacidad extra o aceptar el rendimiento perdido (Hopp & Spearman, 1996).

Todos estos criterios, incluyendo también el control total de la calidad en la producción (total quality control TQC), empiezan a unificarse en un conjunto de conceptos, ideas y metodologías tomados de las diferentes teorías y de las mejores prácticas nacidas de la industria automotriz en Japón. Dichas ideas constituyeron la llamada nueva filosofía de producción o Lean Production conocido actualmente como la filosofía Lean. La razón básica de mejora en Lean Production es reducir el tiempo del ciclo, eliminando el tiempo sin valor agregado. El tiempo de ciclo se refiere al tiempo que demora una determinada pieza de material en pasar por el flujo de producción (Koskela, 1999). El tiempo del ciclo se puede representar de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{ procesamiento} + T. \text{ inspección} + T. \text{ espera} + T. \text{ movimiento}$$

La compresión del tiempo de ciclo obliga a reducir el tiempo de inspección, espera y movimiento. En otras palabras, el objetivo es eliminar las pérdidas en los procesos del flujo de producción (Koskela, 1999). Por lo tanto, son promovidas las prácticas como eliminación de inventarios, reducción de retrabajo, distancias cortas entre estaciones de trabajo, etc. Este es el fundamento del método de producción de Just In Time.

Hasta la década de los 90' no existía una teoría propia que explicara el proceso y los alcances propios de la construcción, en cambio lo que primaba eran los métodos y los marcos de aplicación dados por la gestión de proyectos. Desde 1991 que iniciaron los esfuerzos por publicar una teoría propia de la construcción, impulsada principalmente por 3 autores británicos Bennett, Morris y Walker (Koskela L. , 2000). En su libro, Gestión Internacional de Proyectos de Construcción: Teoría General y Practica, Bennett (1991) presenta una teoría general de la gestión de proyectos de construcción. La razón para el desarrollo de una teoría general, según Bennett, es que la teoría representa una simplificación de la realidad para hacerla más entendible, de esta manera en la mente de los profesionales la teoría general hará su mayor aporte y contribución, dándoles la confianza de tomar decisiones sobre sus propios proyectos (Bennett, 1991).

Posteriormente en 1992, Koskela propone la utilización del Lean Production en la industria de la construcción, tomando como bases el método Just in Time (JIT) y el Total Quality Control (TQC), naciendo de esta manera el mundialmente conocido y usado Lean Construction. En la misma década de los 90 es que el Lean Contruction va tomando protagonismo y sus resultados positivos empiezan a darse a nivel mundial, demostrando que las ideas de mejora continua y la eliminación de desperdicios era posible aplicarse en una industria tan variable como lo es la construcción (Koskela L. , 1992). En el año 2000, Ballard propone la que sería la herramienta basada en Lean Construction más usada en las obras de construcción en todo el mundo: el Sistema del Ultimo Planificador de Control de Producción,

más conocido como el sistema Last Planner o Last Planner System (LPS), sistema que haría de la planificación y control de producción en las obras un tema muy importante y trascendental para el éxito de las mismas.

Pero todavía no había sido planteada una teoría pura de producción hasta que Koskela en 2000 se hace esta conjetura y empieza su investigación con los diferentes enfoques que ha tenido la producción durante la historia. El análisis revela que tres enfoques diferentes de la producción han sido utilizados en la práctica y conceptualmente avanzado en el siglo XX. En el primer enfoque, la producción se ve como una transformación de insumos en productos. La gestión de la producción equivale a descomponer la transformación total en tareas y llevar a cabo las tareas de la manera más eficiente posible. El segundo enfoque ve la producción como un flujo donde hay etapas de espera, inspección y movimiento. La gestión de la producción equivale a minimizar la proporción de etapas de no transformación del flujo de producción, especialmente al reducir la variabilidad. El tercer enfoque ve la producción como un medio para el cumplimiento de las necesidades del cliente y generar valor. Se argumenta que los tres enfoques son necesarios y deben ser utilizados simultáneamente. El modelo de producción se denomina teoría de producción TFV (Koskela L. , 2000).

Mediante el estudio de caso de una construcción de un edificio en Suecia, Koskela (2000) identifica las causas probables de bajo rendimiento en la construcción. En primer lugar, identificó que el sistema de trabajo adoptado fue el desglose de tareas con responsables individuales, el cual al principio funciona, pero conforme va avanzando la obra la gestión de tareas prevista se corrompió y se convirtió en una gestión informal, caracterizada por ajuste mutuo de equipos y descuido de las reglas formales (Koskela L. , 2000). En la parte del flujo de producción los inconvenientes se presentan debido a la pobre integración entre las fases de construcción y la mala organización dentro de cada fase. Esto se explica en como el cliente esta poco o nada involucrado en el equipo de trabajo lo cual ocasiona que sus decisiones no

sean conocidas a tiempo y genere inconvenientes de última hora. Adicionalmente a ello cada proceso de trabajo se subcontrató y se dio más énfasis al menor costo que cada uno proponía y no se hizo esfuerzos por mejorar los procesos y hacerlos en menor tiempo posible (Koskela L. , 2000).

Según el mismo Koskela (2000), la construcción como un proceso tiene peculiaridades los cuales son la singularidad, la producción en sitio y la organización temporal. Estas peculiaridades conducen a la complejidad, la variabilidad y falta de transparencia que, si no se mitigan genera desperdicios que en este caso serían las pérdidas de tiempo en esperas, movimientos o los trabajos que se rehacen debido a una mala calidad.

Esta descripción de los factores y problemas que causan desperdicio y un bajo rendimiento en la construcción, son análogas a los problemas que se identificaron en el análisis de las obras hospitalarias y que trae como consecuencia la baja productividad y la demora en los trabajos incumpliendo el plazo programado de obra.

b) Teoría de la integración BIM-LPS.

Desde el año 2000 también empieza el desarrollo del Building Information Modelling BIM herramienta que permite hacer modelos de diferentes proyectos para integrar todas las especialidades al momento de diseñar una edificación. Al ser una herramienta muy útil se pone en valor su aporte a la gestión de construcción conjuntamente con el enfoque Lean, más específicamente con el sistema Last Planner. BIM y Lean son los enfoques emergentes más representativos del panorama actual en el sector de la construcción, pero se han desarrollado en diferentes campos de forma independiente. Sin embargo, su aplicación conjunta permite lograr una implementación completa al preservar una operación completa durante todo el proyecto, ya que actúan como facilitadores y catalizadores mutuos. Esta sinergia mutua ocurre durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño inicial hasta el

mantenimiento. Otros autores desarrollan la sinergia en otras fases, como la etapa de construcción. En esta fase, Lean actúa como un facilitador de BIM para promover la colaboración a través de herramientas de Lean como sala grande, trabajo de nudos o último planificador, mejorando la comunicación de los interesados, estableciendo responsabilidades y estableciendo instrucciones adecuadas y concisas, fomentando una correcta implementación de BIM. Debido a una mayor colaboración entre los participantes del proyecto y una mayor confianza en el diseño, la implementación de BIM también ayuda en la entrega justo a tiempo de materiales y piezas (Bhatla & Leite, 2012).

Estas características funcionaron apoyando los principios lean de reducir la variabilidad (variabilidad del flujo), reducir la duración del ciclo de producción, reducir el inventario de tareas, reducir el tamaño de los lotes, usar el sistema de extracción y usar la gestión visual con el uso de la tecnología (Garrido, Mendes, Scheer, & Campestrini, 2015). Esta implementación de BIM con planificación anticipada y semanal del trabajo redujo los RFI, las órdenes de cambio emitidas y, por lo tanto, generó más valor para el cliente (Bhatla & Leite, 2012). Aunque se han hecho varios intentos para adoptar el enfoque de gestión de Lean en el proceso de construcción, sus beneficios completos no se han logrado debido a la naturaleza de los proyectos de construcción. En un proceso de construcción tradicional, el proyecto se divide en actividades más pequeñas, que no respaldan la implementación de Lean de manera eficiente. La implementación de BIM puede resolver este problema. (Heigermoser, García de Soto, Abbott, & Chua, 2019). La implementación de ambos paradigmas ha permitido verificar de manera práctica todos los beneficios descritos en la literatura, especialmente los más intangibles, como la comunicación mejorada, el flujo de información, la determinación más fácil de mejoras en soluciones constructivas y una mejor toma de decisiones sin improvisación (Andújar-Montoya, Galiano-Garrigós, Echarri-Iribarren, & Rizo-Maestre, 2020). LPS ofrece los instrumentos para definir cuándo y si se ha

ganado valor. Además, proporciona un marco para mejorar la estabilidad del proceso y la confiabilidad del flujo de trabajo, lo que a su vez aumenta la probabilidad de "ganar" tanto como se planificó. BIM proporciona cantidades e información para estimar la duración y los costos de los procesos de construcción. Por otro lado, sirve como una mejor base para la toma de decisiones en la fase y la sesión de planificación anticipada. (Schimanski, Monizza, Marcher, & Matt, 2019).

Lean Construction y BIM son iniciativas bastante diferentes, pero ambas están teniendo grandes impactos en la industria de la construcción. Muchos investigadores han afirmado que (BIM) y Lean tienen sinergias positivas (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020). BIM proporciona intrínsecamente muchas características y metodologías para eliminar el desperdicio, promover un flujo de trabajo optimizado y la entrega de valor a los clientes internos y externos (Oskouie, Gerber, Alves, & Becerik-Gerb, 2012). Un análisis riguroso de las muchas interacciones específicas entre ellos indica que existe una sinergia, de tal manera que, de entenderse adecuadamente en términos teóricos, se pueden aprovechar para mejorar los procesos de construcción mucho más que usando cualquiera de las dos herramientas de forma independiente. Usando una matriz que yuxtapone funcionalidades BIM con principios de Lean Construction se identifican 56 interacciones (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010).

En otro estudio Oskouie et al. (2012) se basa en la matriz de interacción existente de 56 interacciones de principios lean y funcionalidades BIM para explorar nuevas interacciones y expandir la matriz. Los investigadores han identificado proyectos académicos y basados en la industria, que han integrado metodologías BIM y han empleado conceptos Lean, luego se integró estos nuevos proyectos en la matriz de interacción para comprender cómo el acoplamiento de BIM y Lean Construction puede afectar los proyectos en términos de tiempo, costo y valor (Oskouie, Gerber, Alves, & Becerik-Gerb, 2012).

En 2012 se analizó la matriz de interacción de Sacks et al. (2010) identificando los aspectos de la relación BIM y Lean con un enfoque en la fase de construcción y desde la perspectiva del contratista (Hamdi & Leite, 2012). Este estudio documento exploró áreas de mejora y contribuciones Lean a BIM, primero desde la perspectiva de la matriz de interacción de Sacks et al. (2010) se identificó algunas interacciones y luego basado en el Modelo de Madurez de Capacidad (CMM) del Estándar Nacional de BIM (NBIMS), se midió el nivel de madurez BIM del proyecto y destacar áreas de mejora para Lean. Su contribución principal se refiere a la exploración de los niveles de madurez BIM. que se mejoran con la implementación Lean (Hamdi & Leite, 2012).

Diez años después de la matriz de interacción BIM-Lean original se han desarrollado nuevas funcionalidades BIM, Schimanski et al. (2020) tiene como objetivo explorar este nuevo conocimiento, pero dentro del alcance de combinaciones de BIM y Last Planner System, herramienta Lean importante en la fase de ejecución de la construcción. Estas nuevas funcionalidades BIM generan también nuevas interacciones con los principios Lean ya existentes (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020).

Este último estudio, se centra en las interacciones que se refieren directa o indirectamente a la planificación y el control de la producción. Con las funcionalidades BIM existentes y las nuevas, se diseñó una matriz de interacción más condensada tomando solo los principios de LPS que se relacionan con la fase de ejecución de la construcción (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020). Su vínculo con la teoría Lean Construction en realidad ayudaría a promover un uso informado de BIM para la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y propietarios. Asimismo, impulsar una transformación, flujo y generación de valor más efectivos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de construcción (Oskouie, Gerber, Alves, & Becerik-Gerb, 2012).

c) Conclusiones.

En la revisión de literatura se encontró que los enfoques de producción se dividen en tres: producción como transformación, como flujo y como valor. Se unen en la Teoría de Producción TFV (transformación-flujo-valor) desarrollada por Koskela, la cual está en pleno desarrollo y aplicación práctica en todo el mundo. De los tres enfoques o teorías, nos centramos en el de la producción como flujo, ya que este es el más investigado y desarrollado en muchas aplicaciones y métodos. Partiendo desde los Gilbreth en 1922, pasando por el método de producción Just in Time creado en los años 50, dando lugar a la filosofía Lean y sus derivados como son el Lean Production y el Lean Construction el cual es una visión de la producción aplicada a la industria de la construcción. Damos importancia al enfoque de flujo dentro de la teoría TFV ya que tiene muchas implicaciones de mejora en la productividad y sus alcances permiten su mejora, la Teoría de Producción como Flujo toma protagonismo cuando buscamos una manera en la que las actividades tengan menos pérdidas y se asegure el flujo de la producción, en otras palabras, buscamos la mejora en la productividad.

Por otra parte, tenemos la integración del sistema Last Planner y el enfoque BIM. Sus beneficios se encuentran en muchos estudios, donde se han desarrollado marcos de referencia, modelos conceptuales, control de producción apoyado en BIM y estudios de caso. Pero la verdadera integración la propuso Sacks et al. (2010) a través de la matriz de interacción BIM-Lean y luego Oskouie et al. (2012) amplía esta matriz con nuevas funcionalidades BIM. Finalmente, Schimanski et al. (2020) hace una revisión total de la literatura y propone un nuevo modelo conceptual que explica como BIM se junta con el LPS y también publica una nueva matriz de BIM, pero esta vez con los principios del LPS que se refieren a la fase de ejecución propia de la construcción. Es por esta razón que el estudio de Schimanski et al. (2020) se tomó como base para la aplicación de esta investigación, ya que

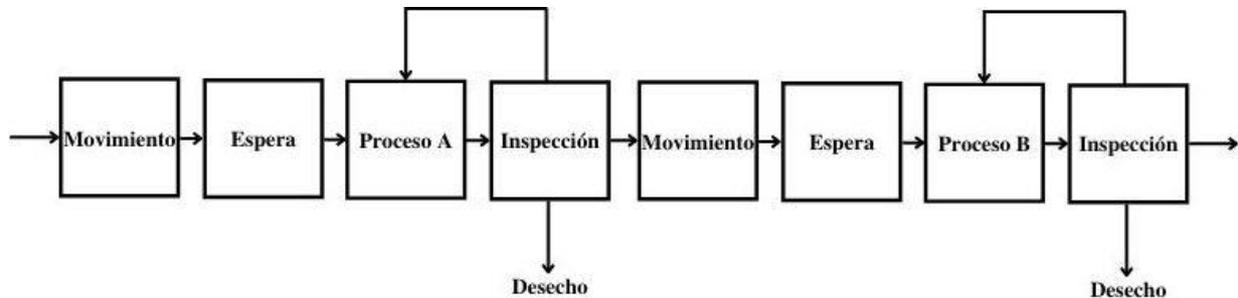
es el fruto de la revisión de toda la integración BIM-Lean hasta la fecha y se involucra completamente con la fase de ejecución de la producción.

2.1.2 Bases teóricas

a) Teoría de la Producción como Flujo.

En la producción, el enfoque de transformación no fue cuestionado en discusión o práctica industrial hasta la década de 1980, cuando un nuevo enfoque comenzó a causar cambios en la base de producción predominante. El método JIT se explica teóricamente del análisis de Shingo (1988) el cual hace una diferencia entre procesos y operaciones. El proceso se refiere a un análisis de la producción en grandes unidades y la operación se refiere a un análisis de la producción en pequeñas unidades. El proceso se refiere al flujo de productos de un trabajador a otro, es decir, las etapas a través de las cuales las materias primas se mueven para convertirse en productos terminados. La operación se refiere a la etapa discreta en la que un trabajador puede trabajar en diferentes productos (Shingo, 1988).

Esto se concluye en una visión errónea de la producción a la que se refiere Shingo, la cual es obviamente la descomposición de los trabajos en el modelo de transformación de la producción. Afirma que hay otra dimensión de producción que no es captada por este enfoque, es decir, lo que pasa entre las transformaciones. Esto es el flujo de producción (Koskela L. , 2000). La Teoría de la Producción como Flujo no es más que el enfoque en el que se aseguran que las operaciones se lleven a cabo sin pérdidas, de tal manera que en los procesos las actividades de no transformación sean eliminadas.

Figura 1*Producción como proceso de flujo*

Nota. El gráfico representa las actividades que están entre los procesos y que no aportan transformación.

Adaptado de: Production as a flow process (p.56), por Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo, Technical Research Centre of Finland: VTT Publications 408.

Koskela (2000) enumera los seis principios en los que se basa esta teoría:

Reducir actividades que no agregan valor (desperdicio). Taichii Ohno fue el que inicialmente propuso los siete tipos de desperdicio que hay que evitar para una mejor producción. De estos, cinco se refieren al flujo de los materiales y los otros dos están relacionados con la mano de obra (Koskela L. , 2000).

- Desperdicio por sobreproducción
- Desperdicio por corrección (trabajo rehecho)
- Desperdicio por transporte de material
- Desperdicio por procesamiento
- Desperdicio por inventario
- Desperdicio por movimientos
- Desperdicio por espera

La pregunta es ¿por qué hay actividades que no agregan valor? Para Koskela (2000) hay tres causas fundamentales: la estructura del sistema de producción, la forma en que la producción es controlada, y la naturaleza inherente de la producción. La estructura del sistema de producción determina el flujo físico por donde pasan los materiales y la información. Por tanto, los desperdicios existen cada vez que una tarea se divide en dos subtareas ejecutadas por diferentes especialistas, aumentan las actividades sin valor agregado: inspeccionando, moviendo y esperando. De igual forma en una fábrica hay una buena cantidad de desperdicio asociado con el traslado de material de una estación de trabajo a la siguiente (Koskela L. , 2000).

La forma en que la producción es controlada genera desperdicio en al menos dos formas: los principios de control utilizados pueden producir más o menos residuos y, en segundo lugar, las deficiencias para ajustarse a estos principios previstos también causan desperdicio. Finalmente es en la naturaleza de la producción donde existe el desperdicio: hay defectos, las máquinas se descomponen, ocurren accidentes, etc. En especial la variabilidad de todas las actividades productivas parece ser una característica inherente. Esta variabilidad es estadística por naturaleza y, a menudo, sólo puede evaluarse monitoreando el sistema de producción el tiempo suficiente (Koskela L. , 2000).

Reducir el tiempo de ciclo. Una forma básica de mejora es comprimir o reducir el tiempo de ciclo eliminando los tiempos que no agreguen valor. El tiempo de espera o tiempo de ciclo se refiere al tiempo que demora una determinada pieza de material en pasar por el flujo de producción, se puede representar como sigue:

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{ procesamiento} + T. \text{ inspección} + T. \text{ espera} + T. \text{ movimiento}$$

Para este objetivo, los esfuerzos se deben centrar en la eliminación primero del reprocesamiento o retrabajo, esto a causa de defectos y fallas en la realización del trabajo, podemos reducirlo mediante medidas de calidad e inspección al 100%. Luego, se debe eliminar o reducir el tiempo de espera, mayormente se encuentra en la espera del lote, la eliminación del movimiento se da a través de sistemas de producción en las que las distancias de transporte sean mínimas (Koskela L. , 2000). Cabe destacar que los esfuerzos para reducir los tiempos de las actividades que no agreguen valor son elementos básicos del sistema de producción Just In Time (justo a tiempo) (Shingo,1988).

Otro hallazgo en reducir el tiempo de ciclo nos lo da la siguiente fórmula que relaciona del tiempo de ciclo y el trabajo en progreso en cualquier línea de producción. Por lo tanto, al reducir el trabajo en progreso se reduce el tiempo de ciclo, siempre que el rendimiento permanezca constante (Little, 1961):

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{Trabajo en progreso} / \text{Rendimiento}$$

Reducir la variabilidad. Según Hopp y Spearman (1996) existen dos tipos de variabilidad en los flujos de producción: la variabilidad del tiempo de proceso y la variabilidad del flujo. La variabilidad del tiempo de proceso se refiere al tiempo que se necesita para procesar una tarea en una estación de trabajo, consiste en la variabilidad natural, interrupciones en la actividad, cambio de configuraciones, disponibilidad no asegurada y retrabajos. La variabilidad de flujo significa la variabilidad de la llegada de los trabajos a una estación de trabajo. El análisis basado en la teoría de las colas revela que, si no es posible reducir variabilidad, se deben aceptar uno o más de los siguientes: plazos de entrega prolongados y altos niveles de trabajos en proceso, capacidad desperdiciada y producción perdida (Hopp & Spearman, 1996).

Por lo tanto, la reducción de la variabilidad dentro de los procesos de flujo de producción debe considerarse como algo importante, Schonberger (1986) afirma enérgicamente que “la variabilidad es el enemigo.” La práctica para disminuir la variabilidad consiste en encontrar sus causas fundamentales y eliminándolas. La atención se centra en minimizar las interrupciones en el trabajo, reducir el tiempo de configuración y mejorar la calidad para no caer en procesos de retrabajo (Koskela L. , 2000).

Simplificar. La simplificación es la reducción del número de componentes en un producto o la reducción del número de pasos y enlaces en un material o flujo de información. La simplificación se puede realizar eliminando actividades que no agregan valor (desperdicios) y también reconfigurando partes o pasos que agreguen valor. Los cambios en la organización también pueden generar una simplificación, la división vertical y horizontal del trabajo siempre generan actividades que no agregan valor que se pueden eliminar mediante unidades autónomas (Koskela L. , 2000).

Algunos enfoques prácticos para la simplificación incluyen acortar los flujos mediante la consolidación de actividades, diseñar los productos reduciendo el número de sus partes, piezas prefabricadas, estandarizar materiales, herramientas, etc., vínculos de desacoplamiento y minimizando la cantidad de información necesaria para el control (Koskela L. , 2000).

Incrementar la flexibilidad. La flexibilidad de fabricación se agrupa en cuatro tipos básicos: flexibilidad de mezcla (productos diferentes producidos), flexibilidad de volumen (capacidad de variar la producción), flexibilidad de nuevos productos (velocidad de introducción del producto), y flexibilidad en el tiempo de entrega (Suarez, Cusumano, & Fine, 1995).

Algunos de los elementos clave para lograr la flexibilidad y la simplificación son el diseño de productos modularizados en conexión con el uso agresivo de los principios de la

reducción del tiempo de entrega y transparencia. Los enfoques prácticos para aumentar la flexibilidad incluyen: minimizar los tamaños de lote para igualar la demanda, reducir la dificultad de cambios y configuraciones, personalizar tan tarde en el proceso como sea posible, capacitar a mano de obra en múltiples habilidades, capacitar a la mano de obra en flexibilidad operativa y uso de máquinas generales (Stalk & Hout, 1990).

Incrementar la transparencia. Stalk y Hout (1990) observaron que las empresas que practican la reducción del tiempo de ciclo adoptaron una forma para hacer que el proceso de producción sea transparente y observable, facilitando el control y la mejora, haciendo que el flujo principal de operaciones sea visible y comprensible para todos los empleados, de principio a fin.

Se puede lograr haciendo que los procesos sean directamente observados por todos a través de medidas físicas, medios informativos, charlas y exhibición pública de la información. Generalmente se asume que la falta de transparencia aumenta la probabilidad de error, reduce la visibilidad de errores y disminuye la motivación para mejorar (Koskela L. , 2000).

Las prácticas para una mayor transparencia son las siguientes: establecer una limpieza básica para eliminar el desorden (el método de 5S); hacer que el proceso sea directamente observable a través de un adecuado diseño y señalización; estandarización; hacer visibles los atributos ocultos del proceso a través de la medición; incorporar procesos de información en áreas de trabajo, herramientas, contenedores, materiales y sistemas de información; utilizar controles visuales para permitir que cualquier persona reconozca inmediatamente los estándares y sus desviaciones; reducir la dependencia entre las unidades de producción (Koskela L. , 2000).

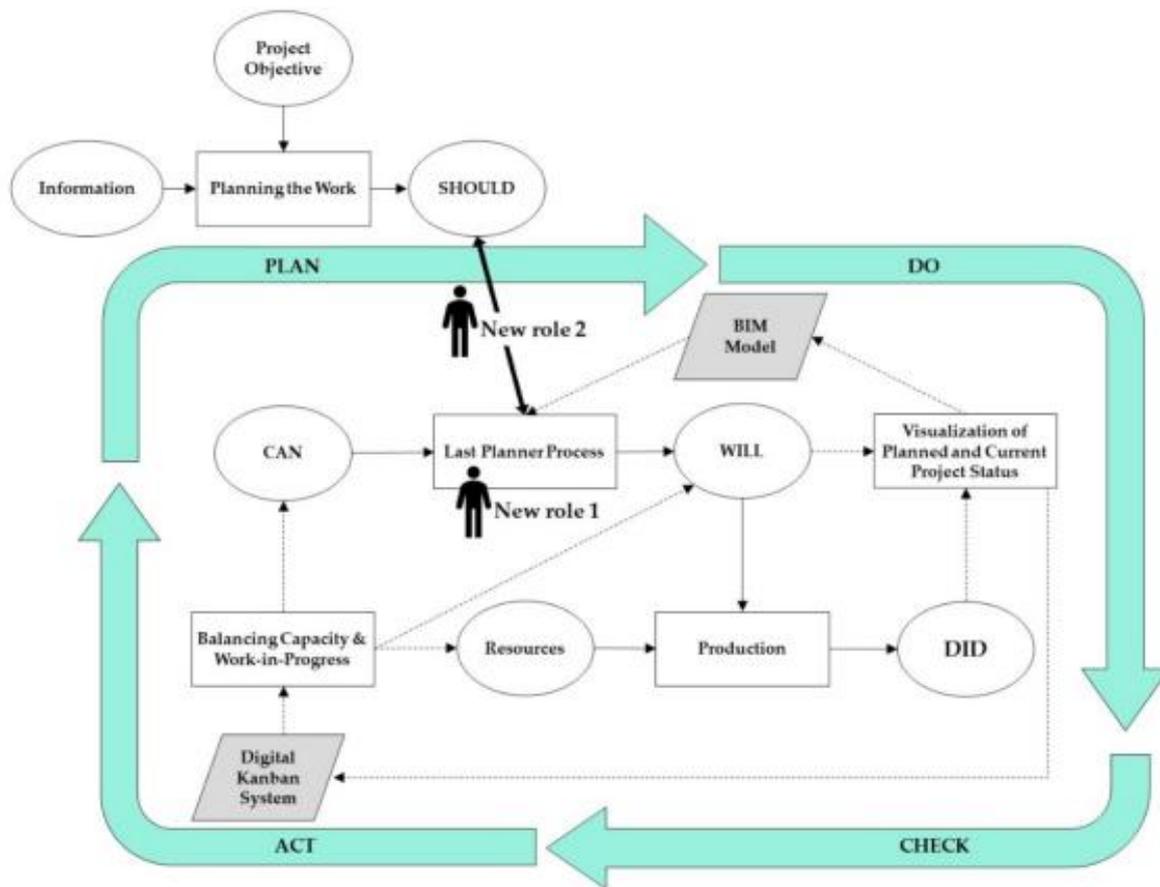
b) Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS.

En 2020 Schimanski et al. luego de una revisión de literatura integradora y en base a la matriz original de BIM-Lean de Sacks et al. (2010), propone un nuevo modelo conceptual para la integración BIM-LPS, diseñando a su vez una nueva matriz de interacción BIM-LPS. Para este objetivo Schimanski et al. (2020) hizo uso de matriz de interacción BIM-Lean original propuesta por Sacks et al. (2010), tomando como argumento de que las funcionalidades BIM han ido cambiando y evolucionando y en diez años estas nuevas funcionalidades crean a su vez nuevas interacciones con los principios Lean (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020).

Centrado en las interacciones que se refieren directa o indirectamente a la planificación y control de la producción, revisando los modelos conceptuales existentes y los marcos para la integración de BIM y LPS Schimanski et al. (2020) aprovechó sus alcances más relevantes y también reveló sus deficiencias. De esta manera y luego de una revisión de literatura integradora y en base a la matriz original de BIM-Lean de Sacks et al. (2010), propone un nuevo modelo conceptual para la integración BIM-LPS, diseñando a su vez una nueva matriz de interacción BIM-LPS.

Figura 2

Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS



Nota. Adaptado de: Conceptual model for BIM-LPS integration (p.19), por Schimanski, C., Marcher, C., Monizza, G., & Matt, D. (2020). The last planner® system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. Applied Sciences (Switzerland), 10(3)

Tabla 1

Nueva matriz de interacción BIM-LPS

		Sacks et al. (2010)			
Funcionalidades BIM	Reutilización de los datos del modelo para análisis predictivo	Generación automatizada de dibujos y contenidos	Generación rápida y evaluación de múltiples alternativas de plan de construcción		
	Estimación de costos automatizada	Generación automatizada de dibujos y contenidos	Generación automatizada de tareas de construcción	Simulación del proceso de construcción	Simulación 4D de la programación de construcción
Principios de Last Planner					
Reducir tiempos de ciclo					
Reducir duración de ciclo de producción	12	22	25	25	25
Reducir tamaño del lote					
		53			
Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado					
Usar sistemas pull					
Nivel de producción					
Usar gestión visual					
Visualizar métodos de producción					40
Visualizar procesos de producción					40
Diseñar el sistema de producción para flujo y valor					
Simplificar			-41	-41	
Usar solo tecnología confiable		54			
Asegurar la capacidad del sistema de producción		54			58,59
Garantizar la captura integral de requisitos					

Tabla 1*(Continuación)*

		Sacks et al. (2010)		
Funcionalidades BIM	Comunicación basada en objetos electrónicos y online			
	Visualización del estado del proceso	Comunicación online del producto y procesar información	Provisión de contexto para colección de datos de estado en sitio/fuera de sitio	
Principios de Last Planner				
Reducir tiempos de ciclo				
Reducir duración de ciclo de producción	26	26		
Reducir tamaño del lote	30	30	30	
Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado				
Usar sistemas pull Nivel de producción	34	34	34	
Usar gestión visual				
Visualizar métodos de producción		38		
Visualizar procesos de producción	34	34		
Diseñar el sistema de producción para flujo y valor				
Simplificar				
Usar solo tecnología confiable	-42	-42	-42	
Asegurar la capacidad del sistema de producción				
Garantizar la captura integral de requisitos				

Nota. Adaptado de: New BIM-LPS interaction matrix (p.7), por Schimanski, C., Marcher, C., Monizza, G., & Matt, D. (2020). The last planner® system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. Applied Sciences (Switzerland), 10(3).

Tabla 1

(Continuación)

	Schimanski et al. (2020)		Oskouie et al. (2012)	
Funcionalidades BIM	Recuperación y manipulación de datos personalizados		Facilitar el seguimiento e informes de construcción en tiempo real	
	Los kits de herramientas de IFC y la programación visual permiten desarrollar aplicaciones personalizadas	Los objetos BIM se pueden resaltar / visualizar para fines específicos de la aplicación	Monitorear el proceso de construcción	Evaluación en tiempo real de la productividad
Principios de Last Planner				
Reducir tiempos de ciclo				
Reducir duración de ciclo de producción			61	61
Reducir tamaño del lote				
Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado				
Usar sistemas pull	58	58,59	62	62
Nivel de producción	57	58,59,60	62	62
Usar gestión visual				
Visualizar métodos de producción		60		
Visualizar procesos de producción		60,61,62		
Diseñar el sistema de producción para flujo y valor				
Simplificar				
Usar solo tecnología confiable	57			
Asegurar la capacidad del sistema de producción		60		
Garantizar la captura integral de requisitos		59,60		

Tabla 2*Interacciones BIM-LPS de la matriz de interacción*

Autores	Índice	Explicación
Sacks et al. (2010)	12	Uso de software especializado en modelo de integración (tales como Solibri, Naviswork, Tekla) para elevar modelos, identificar incompatibilidades y resolverlas a través de refinamiento iterativo de las diferentes disciplinas especificadas en los resultados del modelo hasta la instalación en sitio libre de error.
	22	Rápido análisis completo del rendimiento estructural, térmica y acústica; de estimación de costo; y del programa de evaluación de la conformidad del cliente, todos los diseños colaborativos activados, ciclos de tiempo de colapso para el diseño de la edificación y detalle
	25	Las tres funciones sirven para reducir el tiempo de ciclo durante la construcción en si misma porque resultan en horarios operativos optimizados, con menos conflictos.
	26	Donde el estado del proceso es visualizado a través de un modelo BIM, tal como en el sistema KanBIM, series de actividades consecutivas requeridas para completar un espacio de construcción pueden ser ejecutados uno tras de otro con pequeño retraso entre ellos. Estos tiempos de ciclos reducidos para cualquier espacio o ensamble.
	30	Visualización online y gestión del proceso pueden ayudar implementando estrategias de producción diseñadas para reducir inventarios de trabajo en proceso y tamaños de baches producción (número de espacios en proceso por un específico trabajo en un tiempo dado), como en el enfoque KanBIM.
	34	La visualización del proceso y la comunicación online del estado del proceso son elementos clave en permitir a los equipos de producción priorizar sus subsecuentes ubicaciones de trabajo en términos de su contribución potencial para asegurar un subsecuente flujo continuo de trabajo que complete espacios, así implementar un flujo pull. Esto es central en el enfoque KanBIM, el cual extendiendo el sistema Last Planner.

Tabla 2*(Continuación)*

Autores	Índice	Explicación
	38	Acceso online a los estándares de producción, datos de producto y protocolos de compañía ayudan a las practicas institucionales de trabajo estándar a través de hacerlos leíbles disponibles y, dentro de contexto, para equipos de trabajo en el trabajo. Esto alivia, sin embargo, en provisión de significados prácticos de trabajadores para información online.
Sacks et al. (2010)	40	BIM proporciona un ambiente ideal de visualización para el proyecto a través del diseño y la etapa de construcción y permita simulación de los métodos de producción, equipamiento temporal y procesos. Modelamiento y animación de secuencias de construcción en herramientas 4D proporciona una única oportunidad de visualizar los procesos de construcción para identificar fuentes de conflicto en el tiempo y espacio y resolver temas de constructabilidad. Esto permite optimización de procesos mejorando eficiencia y seguridad y puede ayudar a identificar cuellos de botella y mejorar el flujo.
	-41	Programación detallada y generación de múltiples fine-grained alternativas pueden ser dichas para incrementar tasas complejas en vez de gestión simplificada
	-42	Estas aplicaciones no pueden ser consideradas tecnología madura
	54	Generación automática de dibujo mejora la capacidad de la ingeniería cuando comparada con dibujo 2D, y eso es tecnología más confiable, porque produce apropiadamente sets de dibujo coordinado.
Schimanski et al. (2020)	57	Teniendo información confiable para los componentes de la construcción en términos de cantidades y materiales inmediatamente disponibles, (a través de una visualización BIM conectada al proceso de diseño de Last Planner) permite una mejor estimación de la duración y demanda de recurso tanto como mejora el nivel de producción. Cuando se modela correctamente esta información es más confiable que la manual estimada de planos 2D.

Tabla 2*(Continuación)*

Autores	Índice	Explicación
Schimanski et al. (2020)	58	La cantidad de material y la visualización del origen de la información en términos de objetos BIM, puede ayudar a establecer sistemas pull y entender intuitivamente la demanda
	59	Los primeros estudios de diseño de operación acorde al sistema Last Planner puede ser hecha haciendo uso de simulaciones de operación locales 4D que están vinculados a objetos BIM.
	60	Visualización de componentes BIM completos, pueden apoyar el requisito de la planificación pull de la tarea lanzando nuevo trabajo gracias a la visualización de la información basada en BIM, especificaciones y secuencia de tarea son claramente visibles a los trabajadores o los respectivos últimos planificadores.
Oskouie et al. (2012)	61	Con las interfaces BIM, la productividad puede ser medida en tiempo real, de tal manera que cualquier defecto en la producción en las estaciones de trabajo pueden ser rápidamente detectadas y resueltas en las etapas tempranas del trabajo. Esto resultara en aprendizaje desde la experiencia y mejoras futuras de métodos de implementación.
	62	Comparación generada del modelo construido con el modelo planeado, las discrepancias entre ambos pueden ser fácilmente detectada. Además, calidad y el control pueden ser acelerados a través de este proceso resultando en un mejor producto para el dueño.

Nota. Adaptado de: BIM-LPS interactions according to the matrix presented in Table1 (p.22), por Schimanski, C., Marcher, C., Monizza, G., & Matt, D. (2020). The last planner® system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. Applied Sciences (Switzerland), 10(3).

2.1.3 Bases conceptuales

a) Teoría de la Producción como Flujo.

Propuesta en 1922 por los esposos Gilbreth, es la base teórica del Just in Time y del Lean Production. La teoría de la producción como flujo se define como el proceso de producción donde aparte de mejorar la cantidad y el tiempo en que se fabrique un producto cualquiera, se preocupa por la eliminación de pérdidas o todas aquellas actividades que no contribuyan a la transformación del producto, el estudio y solución de restricciones y la mejora continua de los procesos en la que estén involucrados. Así, la producción se convierte en un flujo constante, donde lo importante es tener a la mano los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan y darle un valor agregado en el proceso dependiendo de las necesidades del cliente.

b) Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS.

Propuesto por Schimanski et al. en 2020, este modelo conceptual de integración BIM-LPS consiste en una serie de interacciones y la relación que existe entre las funcionalidades BIM con los principios del Last Planner System reunidas en una matriz.

El modelo conceptual de integración es un conjunto de pasos que relaciona los procesos del LPS y la forma en la cual los modelos BIM puedan ayudar y hacer de soporte. Vincula el proceso de planificación de actividades con visualizaciones de modelos en 3D que detallan el proceso y el estado en el que se encuentra el proyecto, a su vez propone herramientas virtuales como el sistema Kanban digital para hacer de soporte en el balance de cargas de trabajo y también vinculado con el modelo 3D. En líneas generales se trata de añadir al LPS tradicional soporte digital y modelamiento en 3D que al añadirse la planificación a través de tiempo se convierte en modelado 4D.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Productividad

La productividad es una medida de eficiencia, entendiéndose como eficiencia a la cantidad de recursos consumidos (por ejemplo, horas hombre, tiempo, horas máquina, bolsas, dólares, soles, etc.) para obtener un resultado. Los indicadores de productividad nos ayudan proporcionando información para respaldar decisiones estratégicas, gerenciales u operativas (Productividad en la Construcción, 2019).

Un sistema o un proceso es más eficiente cuanto menos recurso consuma para obtener un resultado dado. De esta manera un indicador de productividad puede ser la cantidad de área construida por el costo empleado, o la cantidad de trabajo por las horas empleadas. La productividad puede ser expresada en la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \text{Cantidad producida} / \text{Recursos empleados}$$

Usualmente el termino rendimiento es también tratado como productividad, pero es necesario aclarar que el rendimiento es definido como la inversa de la productividad:

$$\text{Rendimiento} = \text{Recursos empleados} / \text{Cantidad producida}$$

De forma que los indicadores de rendimiento o ratios (hh/m², bls/m³, ladrillos/m²) nos permiten medir un proceso específico y nos ayudan a tomar decisiones operacionales (Productividad en la Construcción, 2019).

2.2.2 Modelo Conceptual

Un modelo conceptual es una representación de un sistema, hecho de la composición de conceptos que se utilizan para ayudar a las personas a conocer, comprender o simular un tema que representa el modelo. También es un conjunto de conceptos. Algunos modelos son objetos físicos; por ejemplo, un modelo de juguete que se puede ensamblar y se puede hacer que funcione como el objeto que representa (Wikipedia, la enciclopedia libre, s.f.).

El término modelo conceptual puede usarse para referirse a modelos que se forman después de un proceso de conceptualización o generalización. Los modelos conceptuales son a menudo abstracciones de cosas en el mundo real, ya sean físicas o sociales. Los estudios semánticos son relevantes para varias etapas de la formación de conceptos. La semántica se trata básicamente de conceptos, el significado que los seres pensantes dan a varios elementos de su experiencia (Wikipedia, la enciclopedia libre, s.f.).

2.2.3 BIM

Siglas de Building Information Modelling, en español se puede entender como modelos de información de una edificación, es una herramienta que permite la visualización en 3D de una construcción, una edificación con todas sus especialidades por separado y al mismo tiempo también, de esta manera se pueden anticipar futuras incompatibilidades entre estas mismas especialidades tanto estructuralmente como en las instalaciones sanitarias y eléctricas de una edificación convencional.

Pero BIM no solo es eso, según Schimanski et al. (2020) BIM es el proceso de crear y gestionar la información de la infraestructura durante su ciclo de vida. Uno de los resultados fundamentales de este proceso es la representación digital de todos los aspectos relevantes de la edificación (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020).

Según la NBS Británica hay tres conceptos fundamentales que caracterizan a BIM: 1) es un modelo digital que funciona como contenedor de datos e información, la cual debe ser leída, modificada y enriquecida durante el ciclo de vida de la edificación, 2) BIM es un proceso, o una plataforma de actividades para administrar la información contenida entre los modelos para usarlos en beneficio y 3) BIM impone colaboración de tal forma que los modelos de información estén siempre disponibles y actualizados (Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020).

2.2.4 Last Planner System

El Sistema del Ultimo Planificador o LPS es una metodología de planificación y control de proyectos el cual reúne una serie de herramientas, procesos e indicadores que nos permiten programar las actividades y monitorear la producción en el cumplimiento de tareas diarias.

Según Ballard (2000), el control de producción Last Planner es una filosofía, reglas, procedimientos y herramientas que facilitan la implementación de procedimientos que ayuden a optimizar el flujo de trabajo. El sistema tiene dos componentes: control de la unidad de producción, que se encarga de hacer mejores indicaciones a los trabajadores directos a través del aprendizaje continuo y acciones correctivas, y el control de flujo de trabajo, cuya función es encauzar el trabajo en un flujo a través de las unidades de producción en la mejor secuencia y tasa deseables (Ballard, 2000).

Last Planner puede ser entendido como un sistema de transformación de lo que debe (SHOULD) ser hecho, que son las tareas necesarias para cumplir una cierta meta definida en el plan maestro, en lo que puede ser hecho (CAN), que son tareas libres de restricciones y listas para ser ejecutadas. Luego lo que se hará (WILL), son tareas que ya tienen una fecha de ejecución asegurada por consenso de todos los involucrados y por el planificador responsable, y las tareas hechas (DID), son aquellas realizadas acorde a la planificación previa cuya tasa de ejecución puede ser expresada como un porcentaje de plan completado PPC (Ballard, 2000).

2.2.5 Modelo de madurez de capacidad (CMM)

El modelo de madurez de capacidad (CMM) es un enfoque de mejora de procesos que tiene como objetivo en ayudar a las organizaciones a mejorar su desempeño. CMM se puede utilizar para guiar mejora de procesos en un proyecto, una división o una organización completa (Hamdi & Leite, 2012).

Basado en esto, el Estándar Nacional de BIM (NBIMS) desarrolló un modelo de madurez de capacidad BIM-CMM que tiene como objetivo la medición de la “madurez” de BIM y los procesos para crearlo. Básicamente, el NBIMS-CMM es una herramienta de medición de la madurez de una organización BIM. Presenta once categorías de madurez o áreas de interés, que se ponderan según importancia con puntuación del 1 al 10. Cada puntuación es un nivel de madurez para esa área específica de interés (Hamdi & Leite, 2012).

El NBIMS establece el nivel mínimo de madurez que debe tener BIM para considerarse propiamente un modelo de información de la construcción. De no cumplirse con el mínimo de madurez BIM, algunas características como la visualización o la mejora en el nivel de producción no tendrían validez si no cumplen el estándar mínimo de madurez en la herramienta (National BIM Standard, 2015).

Hamdi & Leite (2012) presentan esta herramienta de medición de madurez BIM por dos razones: la primera es que, al definir las categorías de madurez la medición ayuda a resaltar áreas de enfoque para cualquier tipo de evaluación BIM y la segunda es que el modelo de madurez de capacidad (CMM) se puede aplicar a los problemas y también mejora los esfuerzos multidisciplinarios para la industria de la construcción (Hamdi & Leite, 2012).

Tabla 3*Modelo de madurez de capacidad BIM-CMM*

Nivel de madurez	A	B	C	G
	Riqueza de datos	Vistas del ciclo de vida	Roles o disciplinas	Gestión del cambio
1	Núcleo básico de datos	Sin fase de proyecto completa	Ningún rol totalmente apoyado	Sin capacidad de gestión de cambio
2	Conjunto de datos expandidos	Planificación y diseño	Solo un rol apoyado	Consciente de la gestión del cambio
3	Conjunto de datos mejorados	Agrega suministro de construcción	Dos roles parcialmente apoyados	Consciente de la gestión de cambios y el análisis de la causa raíz
4	Datos más algo de información	Incluye suministro de construcción	Dos roles totalmente apoyados	Consciente de la gestión de cambios, el análisis de la causa raíz y retroalimentación
5	Datos más información expandida	Incluye suministro de construcción y fabricación	Plan parcial, diseño y construcción apoyados	Implementando la gestión del cambio
6	Datos con información autorizada limitada	Agrega operaciones limitadas y garantía	Plan, diseño y construcción apoyados	Capacidad de gestión de cambio
7	Datos con información autorizada en mayoría	Incluye operaciones y garantía	Operaciones parciales y sostenimiento apoyados	Gestión de cambio implementado
8	Información completamente autorizada	Agrega finanzas	Operaciones y sostenimiento apoyados	Implementando la gestión de cambios y el análisis de la causa raíz
9	Gestión limitada del conocimiento	Recopilación completa del ciclo de vida de las instalaciones	Todos los roles del ciclo de vida de la instalación apoyados	Capacidad implementada de la gestión de cambios y el análisis de la causa raíz
10	Gestión completa del conocimiento	Apoya esfuerzos externos	Roles internos y externos apoyados	Implementando la gestión de cambios, el análisis de la causa raíz y retroalimentación

Tabla 3
(Continuación)

Nivel de madurez	D	F	E
	Proceso de negocio	Puntualidad / respuesta	Método de entrega
1	Procesos separados no integrados	La mayoría de la información de respuesta recopilada manualmente-lento	Acceso de un solo punto sin IA
2	Pocos procesos de negocios recopilan información	La mayoría de la información de respuesta recopilada manualmente	Acceso de un solo punto con IA limitada
3	Algunos procesos de negocios recopilan información	Llamada de datos no en BIM, sino la mayoría son otros datos	Acceso a la red con IA básica
4	La mayoría de procesos de negocios recopilan información	Información de respuesta limitada disponible en BIM	Acceso a la red con IA completa
5	Todos los procesos de negocios recopilan información	La mayoría de la información de respuesta disponible en BIM	Limitados servicios web habilitados
6	Pocos procesos de negocios recopilan y mantienen la información	Toda la información de respuesta disponible en BIM	Todos los servicios web habilitados
7	Algunos procesos de negocios recopilan y mantienen la información	Toda la información de respuesta desde BIM y oportuna	Todos los servicios web habilitados con IA
8	La mayoría de procesos de negocios recopilan y mantienen la información	Acceso desde BIM en tiempo real limitado	Servicios web habilitados seguros
9	Algunos procesos de negocios recopilan y mantienen la información en tiempo real	Acceso desde BIM en tiempo real completo	Acceso a CAC basado en SOA netcentric
10	Todos los procesos de negocios recopilan y mantienen la información en tiempo real	Acceso en tiempo real con transmisiones en vivo	CAC basado en rol SOA netcentric

Tabla 3
(Continuación)

Nivel de madurez	H	I	J	K
	Información gráfica	Capacidad espacial	Exactitud de la información	Interoperabilidad / Soporte IFC
1	Principalmente texto sin gráficos técnicos	No ubicado espacialmente	Sin verdad fundamental	Sin interoperabilidad
2	2D no inteligente como se diseñó	Ubicación espacial básica	Verdad fundamental inicial	Interoperabilidad forzada
3	NCS 2D no inteligente como se diseñó	Ubicado espacialmente	Verdad fundamental limitada - espacios interiores	Interoperabilidad limitada
4	NCS 2D inteligente como se diseñó	Ubicado con limitado intercambio de información	Verdad fundamental completa - espacios interiores	Transferencia de información limitada entre COTS
5	NCS 2D inteligente como se construyo	Ubicado espacialmente con metadatos	Verdad fundamental limitada - espacios interiores y exteriores	Transferencia de información mayoritaria entre COTS
6	NCS 2D inteligente y actual	Ubicado espacialmente con intercambio de información completa	Verdad fundamental completa - espacios interiores y exteriores	Transferencia de información total entre COTS
7	3D gráficos inteligentes	Parte de un GIS limitado	Calculado limitado de áreas y verdad fundamental	Información limitada usa IFC para interoperabilidad
8	3D inteligente y actual	Parte de un GIS más completo	Calculado total de áreas y verdad fundamental	Información expandida usa IFC para interoperabilidad
9	4D añadiendo tiempo	Integrada en un GIS completo	Calculado de verdad fundamental con métricas limitadas	Información mayoritaria usa IFC para interoperabilidad
10	nD tiempo y costo	Integrada en un GIS con flujo de información completa	Calculado de verdad fundamental con métricas completas	Información total usa IFC para interoperabilidad

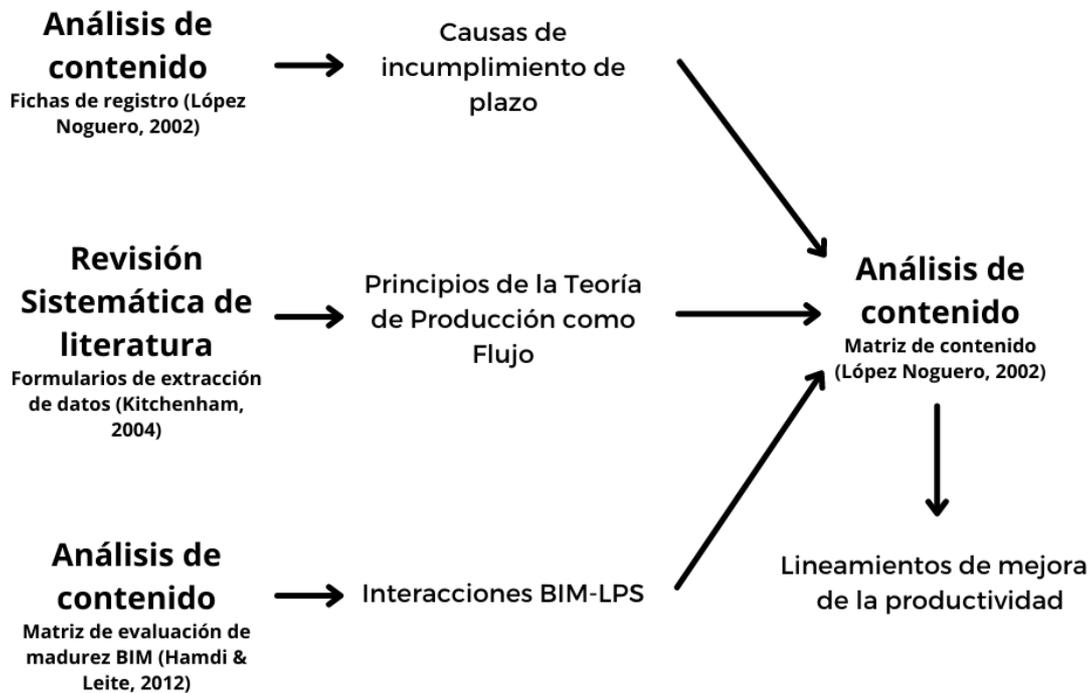
Nota. La tabla presenta los niveles de madurez BIM con las áreas de interés y sus características de cada nivel, asimismo, están sombreadas aquellas características donde se considera un nivel de madurez mínimo de BIM.

Adaptado de: Tabular BIM capability maturity model (p.6), por National BIM Standard. (2015). 5.2 Minimum BIM. En National BIM Standard - United States Version 3. National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En el caso de la metodología para esta tesis, la pregunta de investigación formulada en base al objetivo general y a los objetivos específicos previamente determinados es ¿cómo se puede mejorar la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo?, para responder esta pregunta de investigación tenemos como variables o fenómenos la Teoría de Producción como Flujo, las causas de incumplimiento de plazo en las obras hospitalarias y el Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS.

De la Teoría de Producción como Flujo identificamos los principios en los cuales se basa y que ayudan a mejorar la productividad, luego identificamos los problemas en las obras hospitalarias en la región Arequipa y las causas del incumplimiento de plazo. Con las interacciones de la matriz de interacción BIM-LPS del Modelo Conceptual de Integración buscamos las soluciones a los problemas hallados en las obras hospitalarias y finalmente se proponen lineamientos para la mejora de la productividad basándose en los principios de la Teoría de Producción como Flujo que aseguren que si se está mejorando la productividad en estas obras con las interacciones BIM-LPS usadas como solución.

Figura 3*Esquema metodológico*

3.1 ENFOQUE Y ALCANCE

La investigación tiene un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo, ya que se basa principalmente en la revisión de documentos y con una perspectiva interpretativa de lo encontrado (Hernández Sampieri, 2014). El enfoque cualitativo es una forma de ver a la investigación que honra un estilo inductivo, un enfoque sobre el significado individual, y la importancia de interpretación de la complejidad de una situación (Creswell, 2009). En el análisis de estos documentos se evidencian los inconvenientes que tuvieron las obras hospitalarias de los últimos años en Arequipa. Esta metodología de análisis de documentos que está desarrollada a lo largo de la investigación se encuentra dentro del ámbito y alcance descriptivo, con la intención de descubrir las características importantes de un fenómeno o tópico determinado (López Noguero, 2002). Al entender este ámbito podemos postular al Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS estudiando los procesos que nos permitan controlar mejor el tiempo de ejecución en las obras.

3.2 VARIABLES O FENÓMENOS

La variable o el fenómeno que la presente investigación analiza de acuerdo con el objetivo general planteado es el control del tiempo de ejecución en las obras hospitalarias mediante la ayuda o guía de los procesos e interacciones que propone el Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS publicado por Schimanski et al. (2020), que van a solucionar en gran parte los problemas encontrados en las últimas obras hospitalarias en la región.

Estas obras hospitalarias de Arequipa constituyen el objeto de estudio en esta investigación, ya que sobre la información encontrada de estas obras es que se va a plantear un mejor control del tiempo usando el modelo sugerido.

3.3 OBJETIVO ESPECIFICO 1

3.3.1 Estrategia y Método

Para el cumplimiento del primer objetivo específico el cual consiste reconocer los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad, tomamos una estrategia de revisión sistemática de literatura que esté relacionada con la teoría a usar. Una revisión sistemática de la literatura es una manera de interpretar, identificar y evaluar las investigaciones relevantes que traten sobre un tema específico o fenómeno de interés (Kitchenham, 2004).

El método usado en la revisión sistemática fue el protocolo de revisión, este protocolo especifica los elementos de la revisión de estudios individuales sin que se corra el riesgo de que la selección y el análisis estén impulsados por el criterio o las intenciones del investigador (Kitchenham, 2004). Los componentes del protocolo de revisión deben tener según Kitchenham (2004) son: el fundamento de la revisión, preguntas de investigación, términos y recursos de búsqueda, criterios y procedimientos de selección de estudios primarios, verificación de calidad, extracción de datos y síntesis de los datos extraídos.

3.3.2 Técnica de recolección

La revisión sistemática se vale de un protocolo de revisión previamente estructurado con los diferentes elementos para la correcta revisión. Se vale del análisis de estudios primarios para evaluar las investigaciones que tengan como protagonista la Teoría de la Producción como Flujo y sus alcances para la mejora en la productividad, se trata entonces de analizar a profundidad estos estudios. Kitchenham (2004) asegura que con la utilización del protocolo ya diseñado pasamos a un análisis de estudios primarios donde se podrán seleccionar mediante criterios establecidos los estudios que más se acerquen a nuestro objetivo, a su vez podemos controlar la calidad de los estudios seleccionados.

3.3.3 Instrumentos

Para complementar el análisis de estudios primarios que está respaldado por el protocolo de revisión sistemática, diseñamos un formulario de extracción de datos de estos estudios. Estos formularios de extracción de datos sirven para registrar con precisión la información que se obtienen de los estudios primarios. Para reducir el riesgo de sesgo en la elección de los documentos, cuando el protocolo de revisión se define los formularios de extracción de datos se ponen a prueba (Kitchenham, 2004). Los formularios contienen los criterios de evaluación de calidad y las preguntas de revisión de literatura. En este caso se necesitan estudios que tengan como tema principal la productividad y sus mejoras en campo, en la misma ejecución y que sean aplicables o criterios puestos a prueba. Luego de tener los estudios ya seleccionados lo que toca es reconocer que aportes sacados de la Teoría de la Producción como Flujo están orientados a la mejora de productividad buscada.

3.3.4 Fuentes de información, muestreo y validez

En el caso del reconocimiento de los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad, la revisión sistemática necesita de estudios primarios que serán analizados mediante el protocolo de revisión según propone la metodología. Precisamente estos estudios son tenemos las investigaciones que tratan sobre la Teoría de la Producción como Flujo.

Para el muestreo nos basamos en Hernández Sampieri (2014), donde se indica que la muestra homogénea aplica cuando tomamos elementos con rasgos, características y con un perfil similar entre ellos, de esta manera los estudios a analizar y revisar tienen la característica en común que todos tratan del tema de productividad bajo la Teoría de la Producción como Flujo (Hernández Sampieri, 2014).

Para asegurar la validez de los datos obtenidos, nos valdremos de la credibilidad de los datos cualitativos. Según Fox (1981, citado en López Noguero, 2002) para acogernos a la “validez de contenido” el investigador debe tener bien claro las categorías de selección de estudios para el análisis, estas pueden referirse a la homogeneidad, inclusión, exclusión y utilidad para la investigación. Tomando estas recomendaciones podemos afirmar que al seleccionar los estudios referidos a la Teoría de la Producción como Flujo sacados de la base de datos Scopus son confiables en su totalidad, ya que las investigaciones publicadas ya poseen un grado de fiabilidad académica reconocida.

3.4 OBJETIVO ESPECIFICO 2

3.4.1 Estrategia y Método

La estrategia de análisis de contenido (documentos) nos permite cumplir con el siguiente objetivo específico que es la identificación de problemas en las obras hospitalarias. Este análisis considera que el estudio del vestigio escrito constituye un aspecto principal de la investigación actual, ya que la escritura y los medios de comunicación ocupan una posición muy destacada y predominante en la sociedad, no obstante, los documentos seleccionados deben someterse a un riguroso análisis (López Noguero, 2002). De acuerdo con el análisis de contenido existen dos métodos: el análisis interno y análisis externo.

El análisis externo coloca el documento en su contexto, dentro de las circunstancias entre las que fue creado y que también ayudan a explicarlo. Son necesarios para interpretar los hechos reales y estudiar los factores sociales, políticos o económicos que lo rodean (López Noguero, 2002). Este método es adecuado para la identificación de problemas en las obras, ya que poniéndolas en contexto se puede conocer los factores que han estado directamente involucrados a las obras y a su problemática.

3.4.2 Técnica de recolección

La técnica de recolección de datos para un análisis de contenido interno o externo, es muy similar a las características del protocolo de revisión sistemática, ya que ambos se centran en el análisis de documentos cumpliendo ciertos requisitos o criterios de selección. Con la particularidad de que para este tipo de análisis no hay un patrón establecido o una plantilla lista para su uso, para conseguir los objetivos propuestos la técnica del análisis de contenido adecuada es necesario adaptarla o a veces inventarla (López Noguero, 2002).

Para tal caso el análisis estará diseñado en base a criterios de selección de estudios o de informes, que es el caso de la identificación de la problemática de obras. Los informes publicados por la Contraloría General de la República son parte importante para el cumplimiento de este objetivo.

3.4.3 Instrumentos

Para la metodología basada en el análisis de contenido los instrumentos a usar no están plenamente definidos ni elaborados previamente, solo se cuenta con algunos patrones base (López Noguero, 2002). El autor recomienda la realización de instrumentos en base al objetivo planteado y a los documentos que se vayan a analizar. De esta manera para la identificación de problemática de obras hospitalarias se usaron fichas de registro sacando las ideas principales de cada informe analizado.

3.4.4 Fuentes de información, muestreo y validez

Recurrimos al análisis de documentación proporcionada por la Contraloría General de la República. Esta institución se encarga de la supervisión de las obras del Estado, en sus informes se evidencian los diferentes problemas que han tenido en la construcción de los hospitales y esta información es de acceso público.

Para la identificación de la problemática en las obras hospitalarias recurrimos a los informes hechos por la Contraloría, hablamos entonces de una muestra por conveniencia, tomamos ventaja de la situación donde, según el diseño de investigación adoptado, encontraremos la información de acceso público e inmediato (Hernández Sampieri, 2014).

La validez de los informes viene dada por la misma Contraloría General de la Republica asumimos que al tratarse de una institución con autonomía de funciones no tendría ninguna falsedad en los informes publicados, además que cada informe esta revisado y firmado por los profesionales encargados de las inspecciones a las obras.

3.5 OBJETIVO ESPECIFICO 3

3.5.1 Estrategia y Método

La estrategia para el tercer objetivo específico el cual es determinar la madurez BIM necesaria de las funcionalidades del Modelo Conceptual de Integración e interpretar sus interacciones con los principios LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución. Dicho en otros términos lo que se pretende es determinar qué nivel de madurez deben tener las funcionalidades BIM y si cumplen con el nivel mínimo para que las interacciones con el LPS sean capaces de solucionar las causas de incumplimiento de plazo previamente identificadas.

La estrategia a emplear abarca un análisis de contenido (López Noguero, 2002) de las interacciones propuestas por el Modelo Conceptual, de acuerdo con el análisis de contenido existen dos métodos: el análisis interno y análisis externo. El análisis interno de los documentos está orientado a destacar su sentido y características fundamentales. La crítica interna a estos documentos se centra mayormente en una interpretación personal, subjetiva y en la intención del investigador (López Noguero, 2002).

3.5.2 Técnica de recolección

Para la recolección de datos se utilizó un análisis de caso el cual según Hamdi & Leite (2012) es el punto de partida para centrarse en el análisis de las funcionalidades BIM dentro de la matriz de interacción y su relación con los principios de LPS descritos en la matriz. Para luego pasar a determinar el nivel de madurez BIM según la tabla del CMM.

3.5.3 Instrumentos

Pasamos a determinar el nivel de madurez BIM que necesitan las funcionalidades BIM del Modelo Conceptual según la tabla del CMM, mediante un matriz de evaluación relacionamos cada funcionalidad con el nivel de madurez BIM que requiere para solucionar los problemas de cumplimiento de plazo en las obras. Luego se relaciona con cada principio de LPS y la explicación de su interacción.

3.5.4 Fuentes de información, muestreo y validez

Para describir las interacciones del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución necesitamos analizar y entender a profundidad el modelo conceptual. La fuente de información principal para este objetivo es el modelo conceptual en sí, presentado por Schimanski et al. (2020) en forma de una matriz de interacción BIM-LPS y una tabla con las interacciones entre ambas herramientas.

Analizando las 17 interacciones mostradas en la matriz, elegimos 7 que son las que se refieren o están direccionadas al cumplimiento del tiempo de ejecución o plazo, el muestreo es por conveniencia dado que estamos eligiendo lo que se adapta mejor a los objetivos de la investigación (Hernández Sampieri, 2014). Para asegurar la validez de los datos obtenidos, nos valdremos de la credibilidad de los datos cualitativos. mediante la validez de contenido (López Noguero, 2002).

3.6 OBJETIVO ESPECIFICO 4

3.5.1 Estrategia y Método

El objetivo específico 4 es proponer lineamientos para la mejora de la productividad en base a los alcances teóricos, las causas de incumplimiento de plazo y las interacciones BIM-LPS. La estrategia para el cumplimiento de este objetivo es la unión de los objetivos anteriores que son las causas de incumplimiento de plazo ya identificadas, luego plantear las interacciones BIM-LPS que van a solucionar estos problemas y verificar si las soluciones planteadas cumplen los principios de la Teoría de Producción como Flujo que aseguran la mejora de la productividad. En base a este análisis se proponen los lineamientos.

La estrategia correspondería a un análisis de contenido porque se van recopilar los hallazgos de los objetivos anteriores. El método igualmente corresponde a un análisis interno de los datos anteriormente hallados, como ya se mencionó la crítica interna de los documentos se centra mayormente en una interpretación personal, subjetiva y en la intención del investigador (López Noguero, 2002).

3.5.2 Técnica de recolección

Como técnica de recolección tenemos el análisis documental que va en concordancia con el análisis de contenido y el análisis interno de los datos hallados en los objetivos anteriores.

3.5.3 Instrumentos

Para el análisis final de todos los datos hallados nos apoyamos en una matriz de resultados finales donde están descritas las interacciones BIM-LPS relacionadas con cada causa de incumplimiento de plazo, y a su vez esta cada una de las interacciones con cada principio de la teoría de producción que cumplen para el mejoramiento de la productividad.

Así basándose en esta matriz es donde se pueden formular los lineamientos que van a permitir el mejoramiento de la productividad y que van a asegurar el cumplimiento de plazo de las obras hospitalarias.

3.5.4 Fuentes de información, muestreo y validez

Las fuentes de información para el último objetivo son los hallazgos de los objetivos anteriores que son las causas de incumplimiento de plazo, las interacciones que permitan controlar el tiempo y los principios de la Teoría de la Producción como Flujo. Estos principios toman importancia ya que en base a los alcances encontrados en el primer objetivo específico se analiza si hay o no una mejora sustancial en la productividad de las obras luego de la aplicación Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución.

De la misma manera optamos por el muestreo por conveniencia explicado anteriormente, ya que el último objetivo tiene la inclusión de todos los objetivos anteriormente trabajados, asimismo la validez de contenido viene incluida con todos los objetivos anteriores y tiene la misma validez lo resultados de los mismos.

CAPÍTULO IV: MARCO REAL

El ámbito donde se desarrolla la investigación es la construcción de los hospitales en Arequipa, lo cual indica que abarca las construcciones de los mismos y las causas de la falta de cumplimiento de plazos contractuales. En el año 2020 se observa que existen una gran cantidad de obras hospitalarias inconclusas, ya sea por causas políticas o técnicas.

4.1 ANTECEDENTES NACIONALES

La problemática se centra principalmente en el incumplimiento de plazos de ejecución, no solamente en la región Arequipa sino también a nivel nacional, tal es el caso del hospital de Tingo María en Huánuco, su ejecución empezó en el 2015 y debió acabar en el 2018, sin embargo, la obra sigue inconclusa y paralizada desde el año pasado. Cuenta con varias ampliaciones de plazo y adicionales, sumando un aumento de S/. 77 millones en su presupuesto inicial y con un avance del 93% según el MEF, pero según la autoridad regional solo se tiene un 73% de avance real y por tal motivo se resolvió el contrato con el consorcio que estaba a cargo de su construcción (Estrada, y otros, 2020).

En la misma región, el hospital Hermilio Valdizán también se encuentra paralizado. El contrato se firmó en 2014 con un presupuesto de S/. 162 millones, pero recién empezaron los trabajos en junio del 2017 y con una fecha de entrega para fines del 2018. A la actualidad tiene un avance del 72.9% y con adicionales pendientes de aprobación propuestos por el consorcio Obrainsa-Joca (Estrada, y otros, 2020).

En la región Apurímac, se comenzó la construcción del nuevo hospital de Andahuaylas en 2013 con un presupuesto inicial de S/59 millones y tenía que ser terminada en octubre del 2014. Esta obra tuvo 20 ampliaciones de plazo y está paralizado desde diciembre del 2018 con un avance del 53%, tiempo en el que la Contraloría informó que los acabados en la obra estaban fisurados y manchados, de manera que el Gobierno Regional de Apurímac resolvió el contrato por incumplimiento injustificado en enero del 2019 (Estrada, y otros, 2020) (Ojo Público Periodismo de Investigación, 2020).

4.2 ANTECEDENTES LOCALES

Como ya menciono en capítulos anteriores, la anterior gestión del Gobierno Regional de Arequipa empezó la construcción de cinco hospitales de nivel II, esto quiere decir que son hospitales que brindan atención integral en varias especialidades. De esta manera se evitaría que los pacientes sean trasladados de provincias hasta la ciudad de Arequipa en búsqueda de atención especializada. Estos están ubicados en Cotahuasi, Camaná, Chala, Mollendo y en la provincia de Arequipa.

Los tres primeros según su plazo contractual debieron acabar y ser entregados en el año 2018, pero por diversos motivos estos establecimientos de salud no fueron concluidos y hasta el inicio de la pandemia de covid-19 se encuentran paralizados y con problemas entre la entidad que es la autoridad regional y las empresas que tienen a cargo la ejecución de las obras (Ojo Público Periodismo de Investigación, 2020).

4.2.1 Hospital de Camaná

Con un presupuesto de más de 77 millones de soles, este hospital a cargo del Consorcio Salud Camaná II está destinado a atender a la población en la ciudad de Camaná, la fecha de inicio de obra fue el 31 de diciembre del 2016 y debió terminar en junio del 2018,

tiene como fecha de finalización el 27 de noviembre de 2019 (esta fecha es calculada en base a la última ampliación de plazo aprobada) (INFOBRAS, 2020). Luego de varias ampliaciones de plazo solicitadas a la entidad regional se definió su entrega en julio del 2019, pero el consorcio no cumplió con esta fecha y el gobierno regional resolvió el contrato a fines del año pasado. La obra quedo paralizada con un avance de la infraestructura al 71% (Condori, 2020).

También se identificaron otras irregularidades como la falta de ingeniero de seguridad, carencia de condiciones de seguridad en obra, falta de supervisión habilitada y aspectos técnicos como deficiencias constructivas en ambientes sanitarios, presencia de oxido en varillas de acero y retrasos en entrega de equipamiento por parte de la entidad (Contraloría General de la República, 2020).

4.2.2 Hospital de Cotahuasi

El hospital de Cotahuasi, provincia de La Unión valorizado en 46 millones de soles, tiene como fecha de inicio de obra 29 de agosto del 2016 y fecha de término programado para agosto del 2018. La última ampliación de plazo fijaba como fecha final el 14 de noviembre de 2018 (INFOBRAS, 2020), pero esto no se cumplió y se resolvió el contrato con el consorcio. El hospital quedó paralizado desde su entrega simbólica en 2018 y con un avance del 86%, el retraso se debe a la falta de la instalación y puesta en funcionamiento del equipamiento médico que está incluido en el expediente técnico de la obra (Condori, 2020).

Adicionalmente según informe de la Contraloría General de la Republica ya existían retrasos en el cronograma de obra que repercute en el plazo y entrega final, así como deficiencias en la calidad de los acabados en las instalaciones y pagos de metrados que no habían sido ejecutados (Contraloría General de la República, 2020)

4.2.3 Hospital de Chala

Ubicado en la provincia de Caravelí, distrito de Chala, este hospital tiene una inversión de más de 47 millones de soles, se inició su ejecución el 29 de agosto del 2016. Programado para culminar en setiembre del 2017, la última ampliación de plazo indica como fecha de término el 14 de noviembre de 2018 (INFOBRAS, 2020). Con un avance del 98% el contrato se resolvió por falta de funcionamiento y operatividad del proyecto. Actualmente sigue paralizada y por este mismo motivo, los cerca de 15 mil habitantes de Chala recurren a un centro médico provisional y postas que ofrecen servicios limitados (Condori, 2020).

4.2.4 Hospital de Alto Inclán, Mollendo

Esta obra aún sigue en ejecución con un avance del 37% y está ubicado en la provincia de Islay con un presupuesto de más de 72 millones de soles. Inició el 28 de diciembre de 2018 y el término de obra fue programado para el 20 de junio de 2020 (INFOBRAS, 2020), pero fue paralizado debido a la pandemia por coronavirus.

Un equipo de auditores de la Contraloría General de la República acudió a la obra en febrero y encontró que presenta un avance de 22%, cuando debería encontrarse en 32%. Además, detectaron la ausencia de personal técnico de parte de la supervisión de la obra encuentra en campo. Pese a ello, el gobierno regional no penaliza a la empresa. La obra tiene un plazo de ejecución de 540 días (La República, 2020).

4.2.5 Hospital Maritza Campos Díaz, Arequipa

Ubicado el distrito de Cerro Colorado, el hospital Maritza Campos Díaz tiene como objetivo atender a la población de la parte norte de la ciudad y de esta manera descongestionar y descentralizar los hospitales ya existentes en la ciudad. Tiene un presupuesto de 144 millones de soles e inicio su construcción el 23 de octubre de 2018 y una

fecha de finalización el 30 de junio según la última ampliación de plazo aprobada pero debido a la pandemia de coronavirus, es que la obra paralizó los trabajos con un avance del 40% (INFOBRAS, 2020).

Esta infraestructura contará, en un área de 24000 metros cuadrados, con 5 pisos, 96 camas de hospitalización, 15 salas de cirugía, área de emergencia, consultorios, hospitalización y rehabilitación. Tras el levantamiento de cuarentena focalizada en la provincia de Arequipa, esta obra reinició sus trabajos el 10 de agosto de 2020 como parte del plan de reactivación de la economía para generar más puestos de trabajo para los obreros (Radio San Martín, 2020).

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 ALCANCES DE LA TEORÍA DE PRODUCCIÓN COMO FLUJO

El primer objetivo específico consistió en reconocer los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad, este objetivo se alcanzó mediante la revisión de literatura tomando como referencia a Kitchenham (2004) la cual describe la estrategia de revisión sistemática, la cual analizó artículos científicos sacados del buscador Scopus y a través de un protocolo de revisión se usó el formulario de extracción de datos para analizar cada investigación e ir reconociendo cuáles son sus aportes a la Teoría de Producción como Flujo.

En cada formulario se recopila información sobre el artículo, título, año, autor, referencia APA y mediante los criterios de selección podemos elegir las investigaciones que den algún aporte a la teoría, estos criterios son: ¿el estudio trata sobre la productividad en la construcción?, ¿está orientado a la fase de ejecución del proyecto? y ¿si tiene como base la Teoría de Producción como Flujo?, luego de esta selección, se procedió a analizar el artículo extrayendo un resumen de que se trata y su aporte a la Teoría de Producción como Flujo. Es así que de los alcances obtenidos de los estudios analizados se agrupan en seis principios en los que se basa esta teoría.

- Reducir actividades que no agregan valor (desperdicio).
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Reducir la variabilidad.
- Simplificar.
- Incrementar la flexibilidad.
- Incrementar la transparencia.

5.2 CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO DE PLAZO

Para nuestro segundo objetivo que fue identificar las causas de incumplimiento de plazo en la construcción de hospitales de los últimos años en Arequipa se hizo un análisis a los informes dados por la Contraloría General de la República, los cuales informan de los inconvenientes que tuvieron a lo largo de su ejecución cada una de las cinco obras hospitalarias en la región Arequipa que están ubicadas en Cotahuasi, Camaná, Chala, Mollendo y Arequipa.

La estrategia para este objetivo fue el análisis documental tomando como referencia a López Noguero (2002) y mediante las fichas de registro se recopiló la información de catorce informes elaborados por el Órgano de Control Interno del Gobierno Regional de Arequipa, estas fichas recogen información general de los informes como a que obra pertenece, fecha de emisión, título y número del informe, modalidad de auditoria, periodo en el que se hizo la auditoria, revisores y la entidad que emite el informe analizado.

Luego se recogió la información relacionada con las observaciones y los problemas encontrados en las diferentes obras y de estos problemas identificados, analizar si son las causas de que el plazo de obra no se haya cumplido en estas obras, tales como retrasos en el avance, problemas con la entidad, ausencia del personal profesional o problemas con el expediente técnico de la obra. A continuación, se enumera los problemas encontrados en los informes de control de cada una de las obras analizadas, luego se hace un análisis de todo lo hallado e identificar las causas de incumplimiento de plazo.

5.2.1 Problemas encontrados en los informes de control

a) Hospital de Camaná.

- Demora en el proceso de adquisición de los aisladores sísmicos para la obra.
- Falta de personal profesional clave en obra, por parte del consorcio encargado de la ejecución y de la empresa encargada de la supervisión.
- Partidas no consideradas en el expediente técnico pone en riesgo el costo de la obra por mayores gastos generales y ampliación de plazo.

b) Hospital de Cotahuasi.

- Fabricación y adquisición de aisladores sísmicos que incumplen las especificaciones técnicas, pone en riesgo la calidad exigida de la obra.
- Falta de personal clave en obra, por parte de los consorcios encargados de la ejecución como de la supervisión.
- La carga eléctrica existente es insuficiente para abastecer la carga de diseño del hospital, lo que motivó el rediseño del expediente eléctrico, situación que podría afectar el cumplimiento del cronograma de obra.
- Retraso en la ejecución de la obra respecto del cronograma vigente, pone en riesgo la conclusión de la obra dentro del plazo previsto.

c) Hospital de Chala.

- La empresa contratista modificó el proyecto sin contar con la aprobación de la empresa supervisora ni del proyectista.
- El proyectista y el especialista estructural de la empresa supervisora aprobaron la fabricación y adquisición de los aisladores sísmicos, los cuales no cumplen con las especificaciones técnicas del proyecto.

- Ausencia de personal clave en la obra por parte de las empresas encargadas tanto de la ejecución como de la supervisión.
- Otorgamiento de ampliación de plazo por 148 días cuando no correspondía, pone en riesgo la aplicación de penalidad e incremento del costo.
- Adicional de obra sin pronunciamiento por parte de la entidad, solicitado a 5 días de culminarse plazo contractual y cuando existe un retraso del 40%, genera riesgo de inaplicación de penalidades por incumplimiento contractual, así como el reconocimiento de gastos generales.
- Omisión de especificaciones técnicas de ascensores montacargas, debieran ser entregadas por la entidad al contratista, genera riesgo de mayores costos.

d) Hospital de Alto Inclán, Mollendo.

- La supervisión dio trámite a valorizaciones incompletas y/o defectuosas, afectando la correcta dirección administrativa de la obra, genera incumplimientos contractuales por parte de la supervisión, conllevando a la aplicación de penalidades.
- Ejecución de la obra con atraso constante, sin contar con calendario acelerado aprobado, podría postergar la culminación de la obra y por ende su puesta en funcionamiento.

e) Hospital Maritza Campos Díaz, Arequipa.

- No ejecución de partidas del muro de sostenimiento en sector "D", afecta el avance de obra.
- Retrasos en la ejecución de la especialidad "Estructuras" de los bloques "D" y "A", afecta el avance parcial.

- Retrasos en la ejecución de las partidas "columnas y placas", "vigas" y "capiteles" que forman parte de la ruta crítica, así como la demora en la absolución de consultas, afecta el avance de las partidas de "losas aligeradas" del sector "A", pudiendo incidir en mayores plazos y costos no previstos en la obra.
- Retraso en el inicio de las partidas "Muros de albañilería" en los sectores "A", "B" y "C", afecta el avance de obra.
- Ausencia del residente de obra en el proceso constructivo, afecta el control de la Dirección Técnica.

5.2.2 Análisis de los problemas encontrados

Luego de reconocer los problemas que hubo en cada hospital, pasamos a analizar si estos problemas fueron causales de que estas obras no fueran culminadas a tiempo.

Primeramente, podemos saber cuáles son los problemas que más se repiten o los que más presencia tienen, así se puede llegar a la conclusión de que hay algunas causas o problemas inherentes en la mayoría de las obras de este tipo que ocasionan que el plazo de obra no sea cumplido.

Uno de los problemas repetitivos en las obras es la ausencia del personal clave en obra tanto de la contratista como de la supervisión. Los informes analizados, detallan que esta ausencia del personal profesional a cargo causaría que las obras tengan retrasos y mala calidad, por lógica si el responsable no se encuentra presente es probable que no se siga con la programación ya estipulada y de esta forma incumpliría los plazos de entrega.

Otro problema identificado que también es repetitivo en todas las obras es la de retrasos en la misma ejecución de partidas que forman parte de la ruta crítica de la programación. La contraloría advirtió que de no ejecutarse estas partidas a tiempo o con una

reprogramación el plazo no se cumpliría, lo cual finalmente pasó, aun cuando las obras contaron con ampliaciones de plazo aprobadas por la entidad, en este caso el Gobierno Regional.

Los problemas administrativos fueron otro inconveniente hallado como pueden ser otorgamientos de ampliaciones sin sustento, adquisiciones de insumos retrasados y demoras en respuestas a observaciones hechas por el contratista. En los expedientes de cada obra se halló que algunas omisiones hacían que los trabajos no avanzaran por la demora del proyectista en aclarar dichas omisiones.

Igualmente, el mal manejo de los involucrados en los proyectos contribuye a retrasos en la ejecución y ampliaciones de plazo. El contratista adquirió insumos que no cumplían con las especificaciones del expediente y cambio el proyecto sin ninguna autorización. La supervisión aprobó valorizaciones mal elaboradas o valido metrados que no fueron ejecutados. La entidad aprobó ampliaciones que no debían darse.

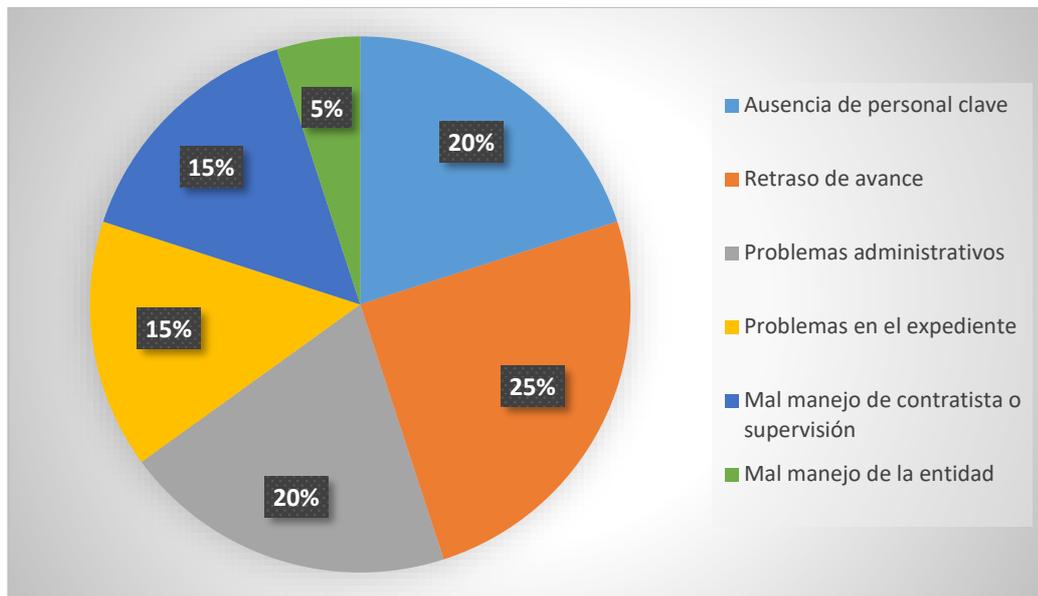
Tabla 4

Problemas identificados en cada obra hospitalaria

Problemas identificados	Obra				
	Arequipa	Camaná	Chala	Cotahuasi	Mollendo
Ausencia de personal clave	X	X	X	X	
Retraso de avance	X	X	X	X	X
Problemas administrativos		X	X	X	X
Problemas en el expediente		X	X	X	
Mal manejo de contratista o supervisión			X	X	X
Mal manejo de la entidad			X		

Figura 4

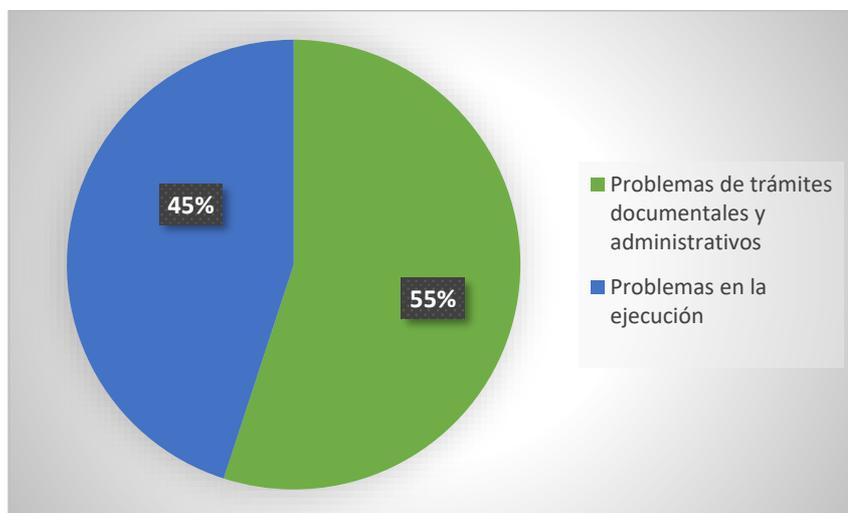
Porcentaje de presencia de problemas en las obras



Yendo más adelante en el análisis se pueden reconocer dos grupos de problemas: aquellos que tienen que ver con trámites documentales o administrativos en general y los que están vinculados con la ejecución (los trabajos propiamente dichos en obra). Los malos manejos, problemas con el expediente y problemas administrativos pertenecen al primer grupo. La ausencia de personal en campo y los retrasos son problemas directamente referidos a la ejecución de trabajos y esta investigación está orientada a buscarles alguna propuesta de solución. A pesar de que según la figura 5 los problemas de trámites documentales y administrativos superan en cantidad a los problemas de ejecución, se pasará ahora a analizar las causas de estos problemas en la ejecución.

Figura 5

Tipos de problemas en las obras



5.2.3 Análisis de las causas de incumplimiento de plazo

Los problemas de ejecución son los que vamos a analizar, tratando de encontrar las causas por las cuales existen estos problemas que conllevan a finalmente incumplir el plazo de obra ya establecido.

La ausencia de personal clave en la obra, tales como ingeniero residente, ingeniero de costos, ingeniero de calidad, ingeniero de programación, ingeniero de seguridad, entre otras especialidades, tanto de parte del contratista como de parte de la supervisión, nos dan la idea primaria de la carencia de control y de dirección que debe tener una obra. Sin estos profesionales la dirección que puede tomar la ejecución es incierta, aun cuando haya asistentes que puedan suplir a los profesionales encargados, se necesita el control de personal con experiencia y más calificado que dé garantía al momento de gestionar la ejecución de la obra. Podemos afirmar con seguridad que es responsabilidad directa de los profesionales de obra el seguimiento de que los trabajos se realicen a tiempo y con la calidad requerida.

Resulta entonces vital y esencial su presencia frecuente en obra, asegurando en buena parte el cumplimiento del cronograma de obra (tiempo de ejecución).

Los retrasos en avance son un problema que aqueja no solo a las obras hospitalarias sino a la gran mayoría de obras públicas, las causas pueden ser diversas y casi todas van a tener el mismo resultado final el cual es el incumplimiento de plazo. Centrándonos solo en los problemas previamente encontrados en los informes de control de los hospitales, es que vamos a identificar las causas de estos retrasos en obra.

En Cotahuasi se reporta la demora injustificada de partidas (entre las que se encontraban concreto simple y armado) que debieron haberse terminado con anterioridad según su cronograma de ejecución. En Mollendo los retrasos constantes son causa de una mala planificación de los trabajos ya que siempre el porcentaje de avance es menor al 80% del porcentaje programado. En Arequipa los informes también indican una precaria planificación de obra, ya que hay partidas retrasadas de la especialidad de estructuras que son parte de la ruta crítica de la programación y esto desemboca en el incumplimiento del plazo. Otra causa de estos retrasos son las incompatibilidades encontradas en los planos y las demoras en la absolución de estas consultas por parte del proyectista o la entidad.

En síntesis, las principales causas de incumplimiento de plazo son: precaria o mala planificación de la ejecución, incompatibilidades encontradas en el proyecto y demoras en la absolución de consultas.

La planificación mala o a medias se relaciona con un bajo rendimiento o una baja productividad, esto se debe a que el trabajo está siempre enfocado en un desglose de tareas individuales, las cuales mientras pasa el tiempo se van desfasando unas de otras, tal es el caso de una actividad (por ejemplo, losa aligerada) que no empieza porque otras actividades anteriores (por ejemplo, muros y columnas) no están culminadas a tiempo. A esto se refiere Koskela (2000) cuando afirma que uno de las causas de bajo rendimiento en la construcción

son las actividades que no están integradas mediante un flujo de producción organizado, lo cual ocasiona que las mismas se desorganicen y generan mayor variabilidad.

Las incompatibilidades en el diseño de los proyectos también es un problema muy común en todas las obras. Esto ya se va corrigiendo desde la etapa de diseño con nuevas herramientas de visualización como BIM, la cual permite que estas incompatibilidades sean detectadas a tiempo. Sin embargo, se propone que también es posible detectar estas incompatibilidades en la etapa de ejecución y también hacer el seguimiento de las actividades involucradas, esto se verá en el siguiente objetivo.

De igual forma la demora en la absolución de consultas, que más tiene la característica de ser un problema de trámite administrativo, puede también tener una solución basada en la herramienta propuesta por esta investigación la cual es el Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS de Schimanski et al (2020), estudiada en el siguiente objetivo específico.

5.3 INTERACCIONES BIM-LPS

Como parte del tercer objetivo específico que fue interpretar las interacciones BIM-LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución a través del modelo de madurez de capacidades BIM, se estudió este modelo conceptual el cual consiste de una Matriz de Interacción BIM-LPS que contiene 17 interacciones en total, de las cuales se seleccionó 7 interacciones que involucran el control del tiempo de ejecución y la mejora en el rendimiento del sistema de producción.

Esta evaluación se hizo mediante el Modelo de Madurez de Capacidades CMM en inglés (Capability Maturity Model) que consiste en una tabla la cual relaciona diez niveles de madurez con once criterios o capacidades de las funcionalidades BIM, esta metodología fue usada por Hamdi & Leite (2012) quienes evaluaron la madurez de las funcionalidades BIM y luego analizaron las interacciones con los principios del sistema Last Planner descritas en la matriz de interacción original de Sacks et al (2010). Esta evaluación fue hecha mediante una matriz que relaciona el área de interés, el nivel de madurez, la característica de este nivel, el área a mejorar con la funcionalidad evaluada, su relación con un principio Last Planner y por último la explicación de esta interacción dada por la Matriz de Interacción del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS de Schimanski et al (2020). Los resultados los podemos ordenar primero de la evaluación del nivel de madurez de las funcionalidades BIM y luego la explicación de las interacciones de estas funcionalidades con los principios Last Planner.

5.3.1 Interacciones BIM-LPS para el control de tiempo de ejecución

a) Interacción 25.

Las tres funciones referenciadas en la matriz de interacción forman parte de la funcionalidad BIM de generación rápida y evaluación de múltiples alternativas de plan de construcción.

Estas sirven para reducir el tiempo de ciclo de producción durante la construcción en sí

misma. Así los horarios de las actividades de producción se pueden optimizar, con menos conflictos con los pasos anteriores y que sean parte del flujo de producción. Se asegura entonces mediante los modelados 4D la identificación de los procesos en ejecución y la rápida identificación de inconvenientes, así se cumple el tiempo de ciclo de cada actividad.

b) Interacción 26.

Cuando el estado del proceso en ejecución es visualizado a través de un modelo BIM, las series de actividades consecutivas requeridas para completar un área específica en la construcción pueden ser ejecutadas uno tras otra, minimizando el retraso de estas actividades consecuentes ya que la visualización permite anticiparse para la solución de restricciones. Otra ventaja de la visualización de procesos es por consecuencia la disminución de tiempo perdido entre las actividades consecutivas y asegurando su flujo.

c) Interacción 34.

Esta interacción está relacionada con los principios LPS de visualizar los procesos y usar sistema pull. La visualización del proceso y añadiendo la comunicación online del estado del mismo proceso se convierten en elementos importantes que van a permitir a los equipos de producción priorizar y organizar las siguientes ubicaciones de trabajo, de forma que contribuya al aseguramiento de un flujo continuo de producción y trabajo, así BIM ayuda a la implementación de un sistema de producción pull que es una de las bases del LPS y la filosofía Lean.

d) Interacción 40.

La siguiente interacción nos establece que BIM nos va proporcionar un ambiente ideal de visualización para el proyecto, en sus diferentes etapas primero de diseño y luego en la etapa

de construcción que es la que nos interesa. Con estas características BIM va a permitir la simulación de los métodos de producción, equipamiento temporal y procesos. En síntesis, va a permitir la simulación 4D de la programación de la ejecución. El modelamiento y la animación de secuencias de construcción en herramientas 4D, proporciona una buena oportunidad de visualizar los procesos de construcción, que permitan identificar fuentes de conflicto en el tiempo y espacio y asimismo resolver problemas que tengan que ver con la constructabilidad. Esto permite optimizar los procesos al mejorar su eficiencia y seguridad y como añadido puede ayudar a identificar cuellos de botella y mejorar el flujo de producción.

e) Interacción 60.

La visualización de componentes BIM completos, pueden apoyar los requisitos del sistema de planificación pull del proceso, haciendo que la siguiente tarea sea asegurada de realizarse con eficiencia, gracias a la visualización de la información basada en BIM. Estas especificaciones y secuencias de tareas son claramente visibles a los trabajadores o los respectivos últimos planificadores. Esto se relaciona con un principio de la Teoría de Producción como Flujo que es la transparencia.

f) Interacción 61.

Incluye la funcionalidad BIM de monitorear el proceso de producción y con el principio LPS de reducir el tiempo de trabajo en las actividades. Con las interfaces modeladas en BIM, podemos medir la productividad en tiempo real, de tal manera que cualquier defecto en la producción puede ser detectado y resuelto en las estaciones de trabajo donde se esté visualizando. Esto también se relaciona con el principio de reducir los desperdicios en la construcción resultando en el aseguramiento del flujo de producción.

g) Interacción 62.

Comparación generada del modelo construido con el modelo planeado, las discrepancias entre ambos pueden ser fácilmente detectadas. Además, calidad y el control pueden ser acelerados a través de este proceso resultando en un mejor producto para el dueño.

Tabla 5

Interacciones BIM-LPS para el control de tiempo de ejecución

Nro	Interacción BIM-LPS
25	Reducir el tiempo de ciclo durante la construcción en si misma porque resultan en horarios operativos optimizados, con menos conflictos.
26	Donde el estado del proceso es visualizado a través de un modelo BIM, las actividades consecutivas pueden ser ejecutadas uno tras de otro con pequeño retraso entre ellos.
34	La visualización del proceso y la comunicación online permiten a los equipos de producción priorizar sus subsecuentes ubicaciones de trabajo para asegurar un flujo continuo de trabajo.
40	BIM proporciona un ambiente ideal de visualización para el proyecto a través del diseño y la etapa de construcción y permite simulación de los métodos de producción y procesos en herramientas 4D.
60	Visualización de componentes BIM completos, pueden apoyar el requisito de la planificación pull, especificaciones y secuencia de tarea son claramente visibles a los trabajadores o planificadores.
61	Con las interfaces BIM, la productividad puede ser medida en tiempo real, de manera que cualquier defecto en la producción pueden ser rápidamente detectado y resuelto en etapas tempranas.
62	Discrepancias entre el modelo construido con el modelo diseñado, pueden ser fácilmente detectadas. Además, calidad y el control pueden ser acelerados a través de este proceso.

5.3.2 Modelo de Madurez de Capacidades BIM

Mediante la tabla proporcionada por los Estándares Nacionales BIM (NBIMS) podemos llegar al nivel de madurez de las funcionalidades BIM que están en la Matriz de Interacción del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS de Schimanski et al (2020).

Aunque BIM es considerado una herramienta de apoyo que es muy diferente de las técnicas Lean que se presentan en el sistema Last Planner que son procedimientos de gestión, las interacciones entre ambas son bidireccionales (Hamdi & Leite, 2012). Y esto es lo que se pretende poner en perspectiva, primeramente, con la evaluación de la madurez en las funcionalidades BIM que se presentan a continuación.

a) Generación automatizada de tareas de construcción.

La capacidad de generar tareas automáticamente es un atributo específico para la gestión, junto con la aplicación de la programación controlada por el LPS, tenemos una fuerte sinergia y complementariedad mutua. Asimismo, en el área de interés de riqueza de la información, cumple con el nivel de madurez 8 de información completamente autorizada necesaria para esta generación de tareas en la construcción.

b) Simulación del proceso de construcción y simulación 4D de la programación.

Esto está relacionado con la información gráfica de nivel 9 añadiendo la dimensión del tiempo a los modelados BIM en 3D, convirtiéndolo en un modelo 4D, necesario para el seguimiento de los procesos a lo largo del tiempo. Esto con la programación LPS ayuda muchísimo para el control del tiempo de la ejecución.

c) Visualización del estado del proceso.

Siguiendo con el soporte gráfico para la visualización de estados de procesos a lo largo del tiempo, en el área de interés que se llama proceso del negocio, que consiste que el modelo tenga toda la información de los procesos, la recoja y la mantenga para luego ser usado en las distintas formas en la que sea requerida.

d) Comunicación online del producto y procesar información.

Dentro de los roles y disciplinas abarcados en la construcción tenemos la comunicación online del producto en este caso preciso, sería la comunicación acerca de los trabajos en la obra y procesar esta información, el nivel de madurez requerido de nivel 8 aquí sería que las operaciones tengan sostenimiento permanente, ya que se requiere la actualización de la información.

e) Provisión de contexto para colección de datos de estado dentro/fuera de sitio.

Dentro de los métodos de entrega, para el éxito del mismo se requiere una madurez de nivel 8 donde la web esté habilitada y los servicios de entrega estén asegurados. Esto quiere decir que no haya ningún inconveniente en el envío de información dentro del área de trabajo también como fuera de este, para permitir la gerencia a distancia en caso sea necesaria.

f) Los objetos BIM se pueden resaltar / visualizar para fines específicos.

La exactitud de la información se requiere para este tipo de funcionalidad, la madurez BIM en esta área debe abarcar por lo menos toda el área de trabajo interna y externa. Así se asegura la amplitud de la característica y que pueda visualizarse todas las áreas involucradas en el proceso de ejecución.

g) Monitorear el proceso de construcción.

Considerada una funcionalidad importantísima para el seguimiento de los procesos y los trabajos. Esta funcionalidad permitirá que el monitoreo sea cada vez más exacto, en otras palabras, la detección de posibles inconvenientes será mucho más rápida y así también la solución. Con un nivel de madurez requerido de 5 en el área de vistas del ciclo de vida, debe incluir los suministros de construcción en cada fase.

h) Evaluación en tiempo real de la productividad.

Finalmente, una funcionalidad que nos permitirá saber a precisión el estado de la productividad o del rendimiento de los trabajos que se estén llevando a cabo en tiempo real, ayuda a ver si el flujo de producción está funcionando o si habrá que hacer ajustes. En el área de puntualidad y respuesta el nivel de madurez para que todas las respuestas estén disponibles en el modelado BIM sería de 6.

5.4 LINEAMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Como último objetivo específico y para el cumplimiento del objetivo principal planteado en esta investigación, se proponen lineamientos que puedan mejorar la ejecución de las obras hospitalarias, tomando en cuenta los problemas ya identificados que han tenido este tipo de obras en la región Arequipa y las interacciones BIM-LPS propuestas por el modelo conceptual de Schimanski et al (2020) para el cumplimiento del plazo de ejecución. Todo esto bajo la perspectiva de la Teoría de Producción como Flujo.

Se han reconocido tres causas del bajo rendimiento y por consiguiente el incumplimiento de plazo en la ejecución de los hospitales: precaria o mala planificación de la ejecución, incompatibilidades encontradas en el proyecto y demoras en la absolución de consultas. A cada causa de incumplimiento se le ha asignado una o varias interacciones BIM-

LPS de las siete que fueron analizadas en el objetivo anterior que tienen que ver con el control de tiempo de ejecución que solucione o mitigue en buena parte lo que a consecuencia puede pasar, que es el incumplimiento de plazo y se analizó luego bajo los principios de la teoría si hay mejoras en la productividad con las medidas adoptadas por el modelo conceptual para mitigar las causas de incumplimiento de plazo previamente identificadas.

5.4.1 Soluciones a las causas de incumplimiento

A partir de las siete interacciones BIM-LPS del objetivo anterior, que pueden ayudar para que el control del tiempo de ejecución sea óptimo o al menos tenga poca probabilidad de error o de bajo cumplimiento.

Para la mala o precaria planificación de la ejecución de los trabajos, esto tendría su origen en un inadecuado plan o programación de obra, más que eso estaríamos ante un inadecuado seguimiento o control del tiempo de ejecución, ya sea por falta de experiencia o falta de compromiso con los trabajos de la obra. Se podría entonces rectificar estas limitaciones añadiéndole un control visual más amplio, datos actualizados y el seguimiento del avance y la producción en cada uno de los sectores o zonas de trabajo. Las interacciones 34, 40 y 60 están intrínsecamente relacionadas con la visualización de los procesos y métodos de producción combinado con modelos y simulaciones en 4D de la programación de los trabajos, así como el manejo de la información de cada objeto involucrado.

Los aportes de cada interacción se podrían resumir en dos enfoques. El primero trata sobre la visualización de los procesos, a los que se añaden la comunicación online del estado de los mismos que va a permitir a aquellas personas que estén a cargo de la planificación poder saber qué proceso sigue y así prepararla para que se realice sin demoras; de igual manera esta comunicación de la información puede ayudar a que la absolución de consultas por parte del contratista no demore, ya que esta información debe estar disponible para todos

los involucrados en el proyecto, como son supervisores proyectistas y la misma entidad. El segundo enfoque abarca todo lo concerniente a la simulación y modelamiento 4D de la programación de la obra en general a lo largo del tiempo, una forma diferente de visualizar los procesos que puedan identificar incompatibilidades a tiempo a fin de resolverlas sin que se afecte el tiempo de realización de las actividades.

Otro aspecto importante para estas obras tiene que ver con el control del tiempo de ejecución, ya que se ha descrito que los cronogramas de ejecución nunca son cumplidos, debido a las demoras en los trabajos. Las interacciones 25, 26 y 61 plantean la reducción de los tiempos de ciclo, dicho de otra manera, reducir el tiempo en que se ejecutan los trabajos de construcción. Junto con la simulación de la programación 4D, el modelo BIM debe ser capaz de generar tareas automáticamente en base a la información actualizada de los procesos, asegurando que empiecen a tiempo y dentro de la programación. La interacción 26 también resalta la importancia de que los procesos sean totalmente visibles y se identifiquen las tareas que continúan dentro de un área común.

La última interacción ya nos habla de productividad planteando que las interfaces BIM nos permitan identificar cualquier problema en las áreas de trabajo y su rápida corrección y la interacción 62 pone más énfasis en este tema al proponer que los modelos nos permitan medir la productividad en tiempo real, de igual forma para la rápida detección de discrepancias y solución.

Ya algunas interacciones tocaron el tema de la productividad en los trabajos, tal es el caso de la interacción 62 y la 34 de la que ya se dijo que propone la visualización total de los procesos y la comunicación a tiempo sobre la información de los mismos. Esto último está ligado al nivel de producción, ya que con una mejora en la visualización los procesos son más claros y se pueden gestionar mejor. Concluyendo, mediante estas interacciones BIM-LPS del modelo conceptual se estaría asegurando el flujo de la producción en la construcción.

5.4.2 Análisis de mejora a la productividad

Tomando como base general los principios de la Teoría de Producción como Flujo, analizamos si las interacciones propuestas como solución a los problemas de incumplimiento de plazo de los hospitales cumplen con los principios de esta teoría. De esta manera según la revisión de literatura se estaría cumpliendo con asegurar el flujo de la producción, mejora el rendimiento de la construcción y aumenta la productividad. Recordando estos principios son: reducir el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo, reducir la variabilidad, simplificar, incrementar la flexibilidad e incrementar la transparencia.

Las interacciones que plantean la reducción de tiempo de ejecución de los trabajos (25, 26, 61) están directamente relacionados con el principio de reducir el tiempo de ciclo. Consiste en reducir los procesos que no contribuyan al trabajo, mediante los modelados 4D y las vistas de las zonas de trabajo se pueden reconocer fácilmente cuando haya incompatibilidades, restricciones o inconvenientes para realizar alguna tarea, esto supone un ahorro de tiempo importante ya que las máximas causas de retrasos tienen que ver con la detección y solución tardía de estos problemas, creando cuellos de botella y retrasando las tareas siguientes.

Los desperdicios de los que habla la teoría, también son base de la filosofía Lean, estos son desperdicios por: sobreproducción, inventario, retrabajo, procedimientos, transporte de material, movimientos y esperas. En general se debe tener un sistema de producción que esté bien diseñado, a partir de que no haya sobreproducción que llene inventarios, haga esperar a los otros procesos y haya muchos movimientos innecesarios. Las interacciones 34, 40 y 60 aseguran que los procesos y los métodos de producción sean visibles a través de los objetos BIM que también se relacionan con los sistemas pull que son pieza básica para diseñar un sistema de producción eficiente. Así, los desperdicios serán mitigados, al tener información confiable sobre los procesos en tiempo real.

Reducen también la variabilidad, al estar siempre al pendiente de los inconvenientes y el correcto flujo de los trabajos, se puede controlar la calidad de la tarea realizada para no incurrir en retrabajos que causen retraso. Por último, cumple con el requisito de incrementar la transparencia ya que todos los procesos a través de los modelados 4D son visibles para todos los profesionales y planificadores encargados.

5.4.3 Lineamientos propuestos

Finalmente, como objetivo principal se proponen los siguientes lineamientos orientados a la mejora de la productividad de las obras hospitalarias bajo los principios de la Teoría de Producción como Flujo, aplicando las interacciones del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución y así evitar el incumplimiento de plazo en dichas obras.

- Usar modelos BIM que simule los procesos constructivos, que haga simulación 4D de la programación de la obra y que genere tareas automáticamente, con la finalidad de reducir los tiempos de ejecución.
- Generar información sobre nuevas tareas según el sistema de producción y asegurar el flujo de este, mediante la visualización de los procesos y métodos producción y sistemas pull a través de componentes BIM.
- Asegurar que el modelado BIM sea capaz de procesar información sobre los procesos que están siendo ejecutados y tenga comunicación online con los involucrados en el proyecto.
- Usar las interfaces BIM para hacer un seguimiento en tiempo real de la productividad en obra esto para controlar mejor el sistema de producción y generar respuestas rápidas ante posibles problemas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presentan las conclusiones finales de esta investigación en relación con cada meta alcanzada por cada objetivo específico y como resultado final la propuesta de lineamientos de mejora.

- Los alcances de la Teoría de Producción como Flujo fueron reconocidos en seis principios: reducir el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo, reducir la variabilidad, simplificar, incrementar la flexibilidad e incrementar la transparencia.
- Se identificaron las causas de incumplimiento de plazo en las obras hospitalarias de Arequipa, ausencia de personal clave en la obra, precaria o mala planificación de la ejecución, incompatibilidades encontradas en el proyecto y demoras en la absolución de consultas.
- Se determinó que las funcionalidades BIM del modelo conceptual deben tener un nivel de madurez alto para explotar adecuadamente sus beneficios. Asimismo, se interpretó las interacciones con los principios Last Planner.
- Se propusieron lineamientos con la finalidad de mejorar la productividad en este tipo de obras y así reducir el riesgo de incumplimientos de plazo.

Algunas conclusiones adicionales que complementan a las principales son:

- Entre los problemas que causan los retrasos en las obras el 45% son problemas de la misma ejecución y el 55% se refieren a problemas administrativos y de trámite documental, lo cual da muestra de que estos problemas son igual de importantes que los que se encuentran en el campo, al menos en las obras públicas.
- Los lineamientos propuestos conllevan un cambio en la tecnología, ya que se propone la creación en gran cantidad de modelos virtuales BIM que contengan

información de la planificación Last Planner de la obra y además requiere personal calificado que maneje estos softwares.

Como recomendaciones dadas por esta investigación está la de probar el Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS en una construcción real de algún hospital o como también cualquier otra obra de gran envergadura, para conocer su verdadera utilidad en la práctica. Aparte de su aplicación en la vida real, también puede ser como punto de partida en la realización de algún software que relacione BIM con Last Planner de manera integral, ya que el desarrollo de la teoría de integración de estos dos paradigmas aún está en investigación.

La presente investigación solo se centró en la aplicación de las interacciones que están relacionadas con la reducción del tiempo de ejecución y el aumento de la productividad, falta agregarle el enfoque del costo y la calidad en la obra, la cual también es una brecha reconocida por Schimanski et al (2020) en la realización de su modelo conceptual.

Igualmente, no se tocó el tema de los problemas administrativos que tuvieron las obras, al representar el 55% de los problemas hallados se considera importante su estudio y pronta solución. La búsqueda de soluciones a este tipo de problemas sería importante ya que la mayoría de obras públicas adolecen de esta problemática.

Finalmente, como ya se mencionó, la Teoría de Producción como Flujo forma parte de la Teoría de Producción TFV la cual unifica los tres enfoques de la producción, transformación, flujo y valor. Se recomienda tratar investigaciones que junten los tres enfoques en la producción en la construcción, para así probar esta teoría y con aplicaciones reales ayudar a su desarrollo y validez.

REFERENCIAS

- Andújar-Montoya, M., Galiano-Garrigós, A., Echarri-Iribarren, V., & Rizo-Maestre, C. (2020). BIM-LEAN as a methodology to save execution costs in building construction-An experience under the spanish framework. *Applied Sciences (Switzerland)* 10(6), 1913.
- Ballard, G. (2000). The last planner system of production control. (*Doctoral dissertation*). University of Birmingham, 2000.
- Bennett, J. (1991). *International Construction Project Management: General Theory and Practice*. London: Butterworth–Heinemann.
- Bhatla, A., & Leite, F. (2012). Integration framework of bim with the last planner system. *20th Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012*. San Diego, USA: Tommelein, I. D. & Pasquire, C. L.
- Condori, J. (21 de Enero de 2020). *Arequipa: Empresas se adjudicaron varios hospitales y los dejaron inconclusos*. Obtenido de Ojo Público: <https://ojo-publico.com/1562/arequipa-empresas-se-adjudicaron-hospitales-y-los-dejaron-inconclusos>
- Contraloría General de la República. (2020). *Informes de Control*. Obtenido de <https://appbp.contraloria.gob.pe/BuscadorCGR/Informes/Inicio.html>
- Creswell, J. (2009). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Third ed.). Thousands Oaks, CA: Sage.
- Estrada, M., Rivas, A., Chávez, C., Tovar, A., Callapiña, G., & Chacón, K. (3 de Mayo de 2020). *Regiones gastaron S/ 1.900 millones en 14 hospitales que hoy están inconclusos y paralizados*. Obtenido de Ojo Público: <https://ojo-publico.com/1798/los-14-hospitales-paralizados-por-sospechas-de-corrupcion>

- Garrido, M., Mendes, R., Scheer, S., & Campestrini, T. (2015). Using BIM for last planner system: Case studies in Brazil. *Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings, 2015-January*, (págs. 604-611).
- Gerencia Central de Estudios Económicos BCRP. (2020). *Banco Central de Reserva del Perú*. Obtenido de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01724AM/html>
- Gilbreth, F. B., & Gilbreth, L. M. (1922). Process Charts and Their Place in Management. *Mechanical Engineering*, 38-41.
- Hamdi, O., & Leite, F. (2012). BIM and Lean interactions from the BIM Capability Maturity Model perspective: a case study. *Proc. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012*. San Diego, CA, USA.
- Heigermoser, D., García de Soto, B., Abbott, E., & Chua, D. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction 104*, 246-254.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación, 6ª edición*. Mexico: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Hopp, W., & Spearman, M. (1996). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- INFOBRAS. (2020). *Sistema de Infomación de Obras Públicas*. Obtenido de <https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/Default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Población afiliada a algún seguro de salud*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1587/ibro01.pdf

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Perú: Informe Económico Trimestral, IV trimestre 2018*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1649/ibro.pdf
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele University, Computer Science Department, Keele, UK.
- Koskela. (1999). Management of Production in Construction: A Theoretical View. *Proc. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 1999*. Berkeley, CA, USA.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report #72, Center of Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University: 75p.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, Technical Research Centre of Finland: VTT Publications 408.
- La República. (5 de marzo de 2020). *Retrasos en construcción de hospital de Mollendo en Arequipa*. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/2020/03/05/retrasos-en-construccion-de-hospital-de-mollendo-en-arequipa-lrsd/>
- Little, J. (1961). A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$. *Operations Research* 9, 383-387.
- López Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI Revista de Educación, Universidad de Huelva*, 167-179.
- National BIM Standard. (2015). 5.2 Minimum BIM. En *National BIM Standard - United States Version 3*. National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance.
- Ojo Público Periodismo de Investigación. (3 de Mayo de 2020). *Covid-19: La situación de los hospitales en las regiones del Perú*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=kIRZMUcqTME>

- Oskouie, P., Gerber, D. J., Alves, T., & Becerik-Gerb, B. (2012). Extending the interaction of building information modeling and lean construction. *Proc. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012*. San Diego, CA, USA.
- Productividad en la Construcción. (2019). *Maestría en ciencias con mención en Gerencia de la Construcción*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Radio San Martín. (1 de setiembre de 2020). *Inspeccionan reinicio de obras en el hospital Maritza Campos del cono norte de Arequipa*. Obtenido de <http://radiosanmartin.pe/2020/09/01/inspeccionan-reinicio-de-obras-en-el-hospital-maritza-campos-del-cono-norte-de-arequipa/>
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management* 136(9), 968-980.
- Schimanski, C., Marcher, C., Monizza, G., & Matt, D. (2020). The last planner® system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3).
- Schimanski, C., Monizza, G., Marcher, C., & Matt, D. (2019). Conceptual foundations for a new lean BIM-based production system in construction. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019* (págs. 877-888). Dublin, Ireland: Pasquire, C, Hamzeh, F.
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Stalk, G., & Hout, T. M. (1990). *Competing against Time: How Time-Based Competition Is Reshaping Global Markets*. New York: Free Press.
- Suarez, F., Cusumano, M., & Fine, C. (1995). An Empirical Study of Flexibility in Manufacturing. *Sloan Management Review*, Fall, 25-32.

Wikipedia, la enciclopedia libre. (s.f.). Recuperado el 28 de Noviembre de 2020, de Modelo conceptual: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_conceptual#cite_note-MWCD-1

APÉNDICES

1. Matriz de consistencia
2. Cuadro de diseño metodológico
3. Matriz de operacionalización de variables
4. Formularios de revisión sistemática de literatura
5. Fichas de registro
6. Matriz de evaluación de madurez BIM y principios Last Planner
7. Matriz de salida

1. Matriz de consistencia

Título del proyecto: Control del tiempo de ejecución mediante el modelo conceptual para la integración BIM-Last Planner System en la construcción de hospitales en la ciudad de Arequipa.

Problema de investigación	Objetivos	Pregunta de Investigación	Metodología
<p>Necesidad de realizar investigaciones que utilicen el nuevo Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS con la finalidad de probarlo en condiciones reales de construcción para evaluar su solidez, aplicabilidad y su utilidad en la práctica.</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Proponer lineamientos que mejoren la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo, a partir de la aplicación del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución de obra</p>	<p>¿Cómo se puede mejorar la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo?</p>	<p>La investigación tiene un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo, ya que se basa principalmente en la revisión de documentos y con una perspectiva interpretativa de lo encontrado. En el análisis de estos documentos se evidencian los inconvenientes que tuvieron las obras hospitalarias de los últimos años en Arequipa.</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconocer los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad. - Identificar las causas de incumplimiento de plazo en la construcción de hospitales de los últimos años en Arequipa. - Interpretar las interacciones BIM-LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución a través del modelo de madurez de capacidades BIM. - Proponer lineamientos para la mejora de la productividad en base a los alcances teóricos, las causas de incumplimiento de plazo y las interacciones BIM-LPS 		<p>Al entender este ámbito podemos postular al Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS estudiando los procesos que nos permitan controlar mejor el tiempo de ejecución en las obras.</p>

2. Cuadro de diseño metodológico

Pregunta de investigación: ¿Cómo se puede mejorar la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa con la Teoría de Producción como Flujo?

Objetivo general: Proponer lineamientos que mejoren la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo, a partir de la aplicación del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución de obra.

Objetivos específicos	Enfoque	Alcance	Estrategia	Método	Técnica de recolección	Instrumento	Fuentes de información	Muestreo	Validez
Reconocer los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad.	Cualitativo (Hernández Sampieri, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, 2014)	Revisión Sistemática (Kitchenham, 2004)	Protocolo de revisión (Kitchenham, 2004)	Análisis estudios primarios (Kitchenham, 2004)	Formularios de extracción de datos (Kitchenham, 2004)	Literatura Académica	Muestra homogénea (Hernández Sampieri, 2014)	Validez de contenido (López Noguero, 2002)
Identificar las causas de incumplimiento de plazo en la construcción de hospitales de los últimos años en Arequipa.	Cualitativo (Hernández Sampieri, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, 2014)	Análisis de contenido (López Noguero, 2002)	Análisis externo (López Noguero, 2002)	Análisis documental (López Noguero, 2002)	Fichas de registro (López Noguero, 2002)	Informes de la Contraloría General de la República	Muestreo por conveniencia (Hernández Sampieri, 2014)	Validez de contenido (López Noguero, 2002)
Interpretar las interacciones BIM-LPS que permitan un mejor control del tiempo de ejecución a través del modelo de madurez de capacidades BIM.	Cualitativo (Hernández Sampieri, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, 2014)	Análisis de contenido (López Noguero, 2002)	Análisis interno (López Noguero, 2002)	Análisis de caso (Hamdi & Leite, 2012)	Matriz de evaluación de madurez BIM (Hamdi & Leite, 2012)	Literatura Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS	Muestreo por conveniencia (Hernández Sampieri, 2014)	Validez de contenido (López Noguero, 2002)
Proponer lineamientos para la mejora de la productividad en base a los alcances teóricos, las causas de incumplimiento de plazo y las interacciones BIM-LPS	Cualitativo (Hernández Sampieri, 2014)	Descriptivo (Hernández Sampieri, 2014)	Análisis de contenido (López Noguero, 2002)	Análisis interno (López Noguero, 2002)	Análisis documental (López Noguero, 2002)	Matriz de contenido (López Noguero, 2002)	Principios teóricos, causas de incumplimiento de plazo, interacciones BIM-LPS	Muestreo por conveniencia (Hernández Sampieri, 2014)	Validez de contenido (López Noguero, 2002)

3. Matriz de operacionalización de variables

Pregunta de investigación: ¿Cómo se puede mejorar la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa con la Teoría de Producción como Flujo?

Objetivo general: Proponer lineamientos que mejoren la productividad en la construcción de hospitales en Arequipa utilizando la Teoría de Producción como Flujo, a partir de la aplicación del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS, con la finalidad de controlar el tiempo de ejecución de obra.

Variable o fenómeno	Dimensión	Indicador	Índice	Instrumento
Lineamientos que mejoren productividad en la construcción de hospitales con el uso del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS bajo la Teoría de la Producción como Flujo	Teoría de la Producción como Flujo	Reducir desperdicio	Eliminar actividades no contributorias	Formularios de extracción de datos
		Reducir el tiempo de ciclo	Optimización de los trabajos	
		Reducir la variabilidad	Presencia de retrabajos	
		Simplificar	Optimización de los trabajos	
		Incrementar la flexibilidad	Mayor respuesta a problemas	
		Incrementar la transparencia	Visualización total de procesos	
	Obras hospitalarias	Informes de control de obra	Causas de incumplimiento de plazo	Fichas de registro
	Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS	Interacciones de las funcionalidades BIM y los principios Last Planner	Evaluación CMM de la NBIMS	Matriz de madurez BIM y principios LPS

4. Formularios de revisión sistemática de literatura

CONTROL DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN MEDIANTE EL MODELO CONCEPTUAL PARA LA INTEGRACIÓN BIM-LAST PLANNER SISTEMA EN LA CONSTRUCCIÓN DE HOSPITALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

FICHA TÉCNICA

Objetivo Especifico 1	Reconocer los alcances de la Teoría de la Producción como Flujo orientados a la mejora de la productividad.
Fuente de información	Literatura de la Teoría de Producción como Flujo
Técnica de recolección de datos	Revisión Sistemática
Instrumento de recolección	Formulario de extracción de datos
Referencia	(Kitchenham, 2004)
Universo	Literatura de la Teoría de Producción como Flujo
Población	10 artículos
Muestra	5 artículos
Método de muestreo	Muestra homogénea
Validez	Credibilidad, validez de contenido
Fecha de realización	Diciembre del 2020

FORMULARIO DE EXTRACCIÓN DE DATOS
--

INFORMACIÓN GENERAL

Nro. de formulario	1
Título de la Revisión	Revisión Sistemática de mejoras en la Productividad
Nombre Revisor	Eddy Del Carpio Aranzábal
Numero de Revisión	1
Fecha de Revisión	31/01/2021
Título del Estudio	An exploration towards a production theory and its application to construction
Autor	Koskela, Lauri
Año	2000
Referencia APA	(Koskela L. , 2000)

CRITERIOS DE SELECCIÓN

	SI	NO	NO ES CLARO
El estudio trata sobre la productividad en la construcción	X		
Está orientado a la ejecución en obra (fase de ejecución del proyecto)	X		
Tiene como base la Teoría de producción como flujo	X		

EXTRACCIÓN DE DATOS

De qué trata el estudio (Resumen corto)	Describe la teoría de producción TFV, uniendo los tres enfoques de la producción estudiados hasta el momento, transformación, flujo y valor, hace una revisión general de cada enfoque, los integra, luego identifica los problemas de bajo rendimiento de la construcción y los pone en perspectiva con los alcances de la teoría integrada TFV.
Objetivo principal del estudio	Formular una teoría integral de producción, juntando los tres enfoques de la producción estudiados hasta el momento, transformación, flujo y valor. E integrar estos criterios para la construcción
Alcance de la Teoría de producción como flujo usado o aporte	Define los seis principios en los que se basa la teoría, reducir el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo, reducir la variabilidad, simplificar, incrementar la flexibilidad e incrementar la transparencia.

FORMULARIO DE EXTRACCIÓN DE DATOS
--

INFORMACIÓN GENERAL

Nro. de formulario	2
Título de la Revisión	Revisión Sistemática de mejoras en la Productividad
Nombre Revisor	Eddy Del Carpio Aranzábal
Numero de Revisión	1
Fecha de Revisión	31/01/2021
Título del Estudio	BIM-LEAN as a methodology to save execution costs in building construction-An experience under the spanish framework
Autor	Andújar-Montoya, M.D.; Galiano-Garrigós, A.; Echarri-Iribarren, V.; Rizo-Maestre, C.
Año	2020
Referencia APA	(Andújar-Montoya, Galiano-Garrigós, Echarri-Iribarren, & Rizo-Maestre, 2020)

CRITERIOS DE SELECCIÓN

	SI	NO	NO ES CLARO
El estudio trata sobre la productividad en la construcción	X		
Está orientado a la ejecución en obra (fase de ejecución del proyecto)	X		
Tiene como base la Teoría de producción como flujo			X

EXTRACCIÓN DE DATOS

De qué trata el estudio (Resumen corto)	Un estudio de caso de la construcción de un edificio en España donde se ven las ventajas de utilizar BIM y los principios Lean simultáneamente, desde la productividad hasta el ahorro de costos comparativamente de otro edificio ejecutado de la forma tradicional.
Objetivo principal del estudio	Demostrar las ventajas y beneficios de utilizar BIM y los principios Lean en la ejecución de un edificio en España
Alcance de la Teoría de producción como flujo usado o aporte	Usa los principios de, reducir el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo, e incrementar la transparencia.

FORMULARIO DE EXTRACCIÓN DE DATOS
--

INFORMACIÓN GENERAL

Nro. de formulario	3
Título de la Revisión	Revisión Sistemática de mejoras en la Productividad
Nombre Revisor	Eddy Del Carpio Aranzábal
Numero de Revisión	1
Fecha de Revisión	31/01/2021
Título del Estudio	BIM and Lean interactions from the BIM Capability Maturity Model perspective: a case study
Autor	Hamdi, O.; Leite, F.
Año	2012
Referencia APA	(Hamdi & Leite, 2012)

CRITERIOS DE SELECCIÓN

	SI	NO	NO ES CLARO
El estudio trata sobre la productividad en la construcción	X		
Está orientado a la ejecución en obra (fase de ejecución del proyecto)	X		
Tiene como base la Teoría de producción como flujo		X	

EXTRACCIÓN DE DATOS

De qué trata el estudio (Resumen corto)	Estudio de la matriz de interacción BIM-LPS de Sacks (2010) a través de la evaluación de las interacciones dadas por la matriz y la evaluación de la madurez de las funcionalidades BIM en un caso de estudio de una empresa donde ya está establecido el BIM operativamente.
Objetivo principal del estudio	El objetivo es evaluar las interacciones BIM dentro de la organización y añadirle los principios del LPS para ayudar a que los procesos sean mucho más eficientes que con el LPS puro
Alcance de la Teoría de producción como flujo usado o aporte	Valida la matriz original de Sacks ya que posteriormente será de gran ayuda para el cumplimiento de los principios de la teoría que conllevan al aumento de la producción.

FORMULARIO DE EXTRACCIÓN DE DATOS
--

INFORMACIÓN GENERAL

Nro. de formulario	4
Título de la Revisión	Revisión Sistemática de mejoras en la Productividad
Nombre Revisor	Eddy Del Carpio Aranzábal
Numero de Revisión	1
Fecha de Revisión	31/01/2021
Título del Estudio	The last planner system and building information modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration
Autor	Schimanski, C.P.; Marcher, C.; Monizza, G.P.; Matt, D.T.
Año	2020
Referencia APA	(Schimanski, Marcher, Monizza, & Matt, 2020)

CRITERIOS DE SELECCIÓN

	SI	NO	NO ES CLARO
El estudio trata sobre la productividad en la construcción	X		
Está orientado a la ejecución en obra (fase de ejecución del proyecto)	X		
Tiene como base la Teoría de producción como flujo		X	

EXTRACCIÓN DE DATOS

De qué trata el estudio (Resumen corto)	El artículo hace una revisión general de todos los estudios que tienen que ver con la integración de BIM con LPS, luego de encontrar brechas en la integración propone un nuevo modelo conceptual con una nueva matriz de integración BIM-LPS y 17 interacciones
Objetivo principal del estudio	El objetivo es hacer una revisión general de toda la literatura evaluar las brechas que existen en la teoría de integración BIM-LPS y proponer el nuevo modelo conceptual que engloba todos los aportes hasta la fecha.
Alcance de la Teoría de producción como flujo usado o aporte	Las interacciones presentadas en la matriz cumplen con el aumento de la productividad y la optimización del flujo en la producción.

FORMULARIO DE EXTRACCIÓN DE DATOS
--

INFORMACIÓN GENERAL

Nro. de formulario	5
Título de la Revisión	Revisión Sistemática de mejoras en la Productividad
Nombre Revisor	Eddy Del Carpio Aranzabal
Numero de Revisión	1
Fecha de Revisión	31/01/2021
Título del Estudio	BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management
Autor	Heigermoser, D.; García de Soto, Borja; Abbott, E.L.S.; Chua, D.K.H.
Año	2020
Referencia APA	(Heigermoser, García de Soto, Abbott, & Chua, 2019)

CRITERIOS DE SELECCIÓN

	SI	NO	NO ES CLARO
El estudio trata sobre la productividad en la construcción	X		
Está orientado a la ejecución en obra (fase de ejecución del proyecto)	X		
Tiene como base la Teoría de producción como flujo		X	

EXTRACCIÓN DE DATOS

De qué trata el estudio (Resumen corto)	Reconocidas las ventajas de usar el BIM con el Last Planner por separado, el estudio diseña una herramienta visual, un software que contiene representaciones en 4D del proyecto y presenta información de la planificación LPS y maneja la información mostrándola en pantalla.
Objetivo principal del estudio	El objetivo es hacer un software que contiene representaciones de modelos BIM en 4D del proyecto y presenta información de la planificación LPS con la finalidad de unir ambas herramientas y aprovechar sus sinergias
Alcance de la Teoría de producción como flujo usado o aporte	El software une ambas herramientas tal como interacciones presentadas en la matriz que cumplen con el aumento de la productividad y la optimización del flujo en.

5. Fichas de registro

CONTROL DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN MEDIANTE EL MODELO CONCEPTUAL PARA LA INTEGRACIÓN BIM-LAST PLANNER SISTEMA EN LA CONSTRUCCIÓN DE HOSPITALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

FICHA TÉCNICA

Objetivo Especifico 2	Identificar las causas de incumplimiento de plazo en la construcción de hospitales de los últimos años en Arequipa.
Fuente de información	Informes de la Contraloría General de la República
Técnica de recolección de datos	Análisis documental
Instrumento de recolección	Ficha de registro
Referencia	(López Noguero, 2002)
Universo	Informes de la Contraloría General de la Republica aplicada a 5 obras hospitalarias (Camaná, Chala, Arequipa, Cotahuasi, Mollendo) en la región Arequipa
Población	18 informes
Muestra	14 informes
Método de muestreo	Por conveniencia
Validez	Credibilidad, validez de contenido
Fecha de realización	Diciembre 2020, enero 2021

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	1
Nro. de informe	043-2017-OCI/5334-AS
Título del informe	"Verificación de trabajos efectuados en la obra: Mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Camaná, distrito y provincia de Camaná, región Arequipa"
Modalidad	Acción simultánea
Periodo del informe	18 de agosto al 11 de setiembre 2017
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Acción simultánea Supervisor de equipo de Acción simultánea Jefe del Órgano de Control Institucional Gobierno Regional de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Camaná, distrito y provincia de Camaná, región Arequipa"
Presupuesto	S/ 77,706,951.99
Lugar	Provincia de Camaná, Arequipa
Fecha	12 de setiembre 2017
Descripción	Verificar, revisar documental y físicamente el avance de obra, a fin de alertar oportunamente a la entidad, la existencia de hechos que sitúan en riesgo el resultado de logro de sus objetivos.
Problemas hallados	<ul style="list-style-type: none"> - Demora en el proceso de adquisición de los aisladores sísmicos para la obra genera el riesgo de retraso en la ejecución de la misma. - Incumplimiento del contrato por la falta de personal profesional clave en obra, por parte del consorcio encargado de la ejecución y de la empresa encargada de la supervisión.
Causas de incumplimiento de plazo	<ul style="list-style-type: none"> - El montaje de los aisladores sísmicos estaba programado a realizarse entre los meses de mayo, junio y julio, sin embargo, en la visita de control solo se encontró los pedestales en donde deben ir montados los aisladores. Esta situación pone en peligro el cumplimiento de plazo de ejecución de la obra. - Asimismo la falta o ausencia del personal clave en la obra (ingeniero residente, especialistas y personal de supervisión) representa una infracción en el contrato de obra y pone en riesgo los objetivos de la obra, sus plazos, así como la calidad de la misma.

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	2
Nro. de informe	013-2018-OCI/5334-VC
Título del informe	"Verificación de los Trabajos efectuados en la Obra: Mejoramiento del Servicio de Salud del Hospital de Camaná, Distrito y Provincia de Camaná, Región de Arequipa"
Modalidad	Visita de Control
Periodo del informe	19 al 27 de marzo 2018
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Visita de Control Supervisor de equipo de Visita de Control Jefe del Órgano de Control Institucional Gobierno Regional de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Camaná, distrito y provincia de Camaná, región Arequipa"
Presupuesto	S/ 77,706,951.99
Lugar	Provincia de Camaná, Arequipa
Fecha	27 de marzo 2018
Descripción	La visita de control se efectuó a la obra: "Mejoramiento del Servicio de Salud del Hospital de Camaná, Distrito y Provincia de Camaná, Región de Arequipa", la cual se encuentra a cargo del Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa y ha sido ejecutada del 19 al 27 de marzo de 2018, en el distrito y provincia de Camaná, región de Arequipa.
Problemas hallados	<ul style="list-style-type: none"> - Partidas no consideradas en el expediente técnico pone en riesgo el costo de la obra por reconocimiento de mayores gastos generales de darse una ampliación de plazo. - Equipos biomédicos determinados como equipo existente para implementación de hospital según expediente técnico, se encuentran en estado inoperativo, pone en riesgo el funcionamiento de los servicios del hospital.
Causas de incumplimiento de plazo	<ul style="list-style-type: none"> - La no consideración de partidas en el expediente (sistema de media tensión y central de datos) pone en riesgo el costo de la obra, ya que ello producirá mayores adicionales, gastos generales y por ende ampliaciones de plazos afectando el plazo de ejecución original. - La consideración de equipamiento inoperativo (mamógrafo) pone en riesgo que el área donde se vaya a utilizar este equipo no funcione correctamente y no brinde los servicios correspondientes.

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	3
Nro. de informe	041-2017-OCI/5334-AS
Título del informe	"Verificación de los trabajos efectuados en la obra: Mejoramiento del Centro de Salud Cotahuasi, Distrito de Cotahuasi, Provincia de la Unión, Región Arequipa"
Modalidad	Acción simultánea
Periodo del informe	18 de julio al 31 de agosto 2017
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Acción simultánea Supervisor de equipo de Acción simultánea Jefe del Órgano de Control Institucional Gobierno Regional de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento del Centro de Salud Cotahuasi, Distrito de Cotahuasi, Provincia de la Unión, Región Arequipa"
Presupuesto	S/ 46,632,095.20
Lugar	Provincia de La Unión, Arequipa
Fecha	31 de agosto 2017
Descripción	Verificar, revisar documental y físicamente del avance de la obra, a fin de alertar oportunamente a la titular de la entidad, la existencia de hechos que sitúan en riesgo el resultado logro de sus objetivos, que les permita la adopción de medidas preventivas que contribuyan a mitigar y de ser el caso, a superar el riesgo identificado.
Problemas hallados	<ul style="list-style-type: none"> - Se advirtió la fabricación y adquisición de aisladores sísmicos que incumplen las especificaciones técnicas, situación que fue advertida oportunamente por la supervisión y que pone en riesgo la calidad exigida de la obra - Se detectó el incumplimiento del contrato por falta de personal clave en obra, por parte de los consorcios encargados de la ejecución como de la supervisión, generando el riesgo de afectar a la calidad de la obra
Causas de incumplimiento de plazo	<ul style="list-style-type: none"> - El incumplimiento de las especificaciones técnicas para los aisladores sísmicos deriva en el riesgo de que estos puedan fallar y poner en peligro la estructura del hospital y las vidas humanas del mismo. La repercusión en el plazo sería el proceso de volver al suministro de aisladores y sus pruebas lo cual generaría más tiempo y cambios en el cronograma. - De igual manera la falta del personal clave en la obra pone en riesgo el normal desarrollo de la ejecución y el incumplimiento de plazos y la calidad de la obra.

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	4
Nro. de informe	015-2018-OCI/5334-VC
Título del informe	"Verificación de los trabajos efectuados en la obra: Mejoramiento del Centro de Salud Cotahuasi, Distrito de Cotahuasi, Provincia de la Unión, Región Arequipa"
Modalidad	Visita de Control
Periodo del informe	28 de marzo al 10 de abril 2018
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Visita de Control Supervisor de equipo de Visita de Control Jefe del Órgano de Control Institucional Gobierno Regional de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento del Centro de Salud Cotahuasi, Distrito de Cotahuasi, Provincia de la Unión, Región Arequipa"
Presupuesto	S/ 46,632,095.20
Lugar	Provincia de La Unión, Arequipa
Fecha	04 de abril 2018
Descripción	La visita de control se efectuó a la obra: "Mejoramiento del Centro de Salud de Cotahuasi, Distrito de Cotahuasi, Provincia de La Unión, Región de Arequipa", la cual se encuentra a cargo del Órgano Regional de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa y ha sido ejecutada del 19 de marzo al 10 de abril de 2018.
Problemas hallados	- La carga eléctrica existente en la ciudad de Cotahuasi es insuficiente para abastecer la carga de diseño del hospital, lo que motivó el rediseño del expediente eléctrico, el cual se encuentra pendiente de aprobación; situación que podría afectar el cumplimiento del cronograma de obra.
Causas de incumplimiento de plazo	- Las modificaciones en el diseño de las instalaciones eléctricas debido a la baja tensión existente en Cotahuasi que no estaban contempladas por el proyectista durante la elaboración del expediente técnico debieron estar a cargo del contratista, pero al afectarse el cronograma de ejecución de esta especialidad podría ser causal de una ampliación de plazo y así el incumplimiento del mismo.

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	5
Nro. de informe	1032-2018-CG/L470-VC
Título del informe	"EJECUCIÓN DE LA OBRA: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL ESTABLECIMIENTO DE SALUD DE COTAHUASI, DISTRITO DE COTAHUASI, PROVINCIA DE LA UNIÓN, REGIÓN DE AREQUIPA"
Modalidad	Visita de Control
Periodo del informe	2 al 11 de octubre 2018
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Visita de Control 2 integrantes de equipo de Visita de Control Gerente de la Gerencia Regional de Control de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento del Centro de Salud Cotahuasi, Distrito de Cotahuasi, Provincia de la Unión, Región Arequipa"
Presupuesto	S/ 46,632,095.20
Lugar	Provincia de La Unión, Arequipa
Fecha	11 de octubre 2018
Descripción	La visita de control se efectuó a la ejecución a la obra "Mejoramiento de los Servicios de Salud del Establecimiento de Cotahuasi, distrito de Cotahuasi, provincia de la Unión, región de Arequipa", con un monto de inversión de S/46 632 095,20 y que viene siendo ejecutada por el Consorcio Salud Cotahuasi y supervisada por la empresa Consorcio Hospital Cotahuasi, empresas contratadas para tal fin por el Gobierno Regional de Arequipa, y ha sido ejecutada del 2 al 11 de octubre de 2018, en la obra ubicada en el distrito de Cotahuasi, provincia de La Unión, región Arequipa.
Problemas hallados	<ul style="list-style-type: none"> - Retraso en la ejecución de la obra respecto del cronograma vigente, pone en riesgo la conclusión de la obra dentro del plazo previsto, afectando la fecha de entrega y la entrada en funcionamiento de la obra. - Ausencia de personal técnico permanente y no permanente establecido en las bases administrativas de la licitación pública, pone en riesgo la ejecución de trabajos sin la dirección técnica necesaria pudiendo afectar la calidad de la obra - Pago por metrados no ejecutados pone en riesgo el control del avance financiero de la obra, en contra de los intereses de la entidad

<p>Causas de incumplimiento de plazo</p>	<p>- El informe hace referencia a un conjunto de partidas que estaban todavía en ejecución cuando ya debieron haberse culminado según el cronograma de ejecución, estas son las obras de concreto simple que debieron acabar en junio 2018, obras de concreto armado en agosto 2018 y la tabiquería de drywall en mayo 2018. Esto tiene causa en una demora injustificada de la ejecución de estas partidas por parte del contratista. El riesgo evidente es un incumplimiento del plazo original de obra afectando la fecha de culminación y puesta en servicio.</p>
--	---

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	6
Nro. de informe	042-2017-OCI/5334-AS
Título del informe	"Verificación de los trabajos efectuados en la obra: Mejoramiento del Centro de Salud Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caravelí"
Modalidad	Acción simultánea
Periodo del informe	18 de agosto al 11 de setiembre 2017
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Acción simultánea Supervisor de equipo de Acción simultánea Jefe del Órgano de Control Institucional Gobierno Regional de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento del Centro de Salud Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Región de Arequipa"
Presupuesto	S/ 42,463,370.59
Lugar	Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Arequipa
Fecha	12 de setiembre 2017
Descripción	Verificar, revisar documental y físicamente el avance de la obra, a fin de alertar oportunamente a la titular de la entidad, la existencia de hechos que sitúan en riesgo el resultado de logro de sus objetivos, que les permita la adopción de medidas preventivas que contribuyan a mitigar y de ser el caso, a superar el riesgo identificado.
Problemas hallados	<ul style="list-style-type: none"> - Se advirtió que la empresa contratista modificó el proyecto sin contar con la aprobación de la empresa supervisora ni del proyectista, poniendo en riesgo la funcionalidad de la obra - Se detectó que el proyectista y el especialista estructural de la empresa supervisora aprobaron la fabricación y adquisición de los aisladores sísmicos, los cuales no cumplen con las especificaciones técnicas del proyecto, poniendo en riesgo la inversión realizada y las vidas humanas, en caso de que estos elementos fallen - Se evidenció la ausencia de personal clave en la obra por parte de las empresas encargadas tanto de la ejecución como de la supervisión; generando el riesgo del cumplimiento de las metas físicas, plazos de ejecución y la calidad de la obra
Causas de incumplimiento de plazo	- El cambio en el proyecto pone en riesgo la funcionalidad de la obra en el área de circulación vehicular, a su vez que su no aprobación provocaría pérdidas de dinero y sobrecostos, así como cambios en el cronograma de ejecución haciendo que varíen los plazos y se incurra en incumplimiento del mismo.

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">- De igual manera la falta del personal clave en la obra pone en riesgo el normal desarrollo de la ejecución y el incumplimiento de plazos y la calidad de la obra.- El incumplimiento de las especificaciones técnicas para los aisladores sísmicos deriva en el riesgo de que estos puedan fallar y poner en peligro la estructura del hospital y las vidas humanas del mismo. La repercusión en el plazo sería el proceso de volver al suministro de aisladores y sus pruebas lo cual generaría más tiempo y cambios en el cronograma |
|--|---|

FICHA DE REGISTRO	
Nro. de ficha registro	7
Nro. de informe	012-2018-OCI/5334-VC
Título del informe	"Verificación de los Trabajos efectuados en la Obra: Mejoramiento de los Servicios de Salud del Centro de Salud Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Región de Arequipa"
Modalidad	Visita de Control
Periodo del informe	19 al 26 de marzo 2018
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Visita de Control Supervisor de equipo de Visita de Control Jefe del Órgano de Control Institucional Gobierno Regional de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento del Centro de Salud Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Región de Arequipa"
Presupuesto	S/ 42,463,370.59
Lugar	Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Arequipa
Fecha	26 de marzo 2018
Descripción	La Visita de Control se efectuó a la Obra: "Mejoramiento de los Servicios de Salud del Centro de Salud de Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Región de Arequipa", la cual se encuentra a cargo del Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa y ha sido ejecutada del 19 al 26 de marzo de 2018, en el distrito de Chala, provincia de Caravelí, región de Arequipa.
Problemas hallados	- Otorgamiento de ampliación de plazo por 148 días calendario cuando no correspondía, poniendo en riesgo la aplicación de penalidad e incremento del costo de obra.
Causas de incumplimiento de plazo	- La aprobación sin justificación de la ampliación de plazo por 148 días hace que la entidad no pueda penalizar al contratista por la demora en la ejecución, incrementándose de esta manera el costo de la obra. Asimismo, la falta de documentación de actividades hace que sea más complicado el seguimiento de estas, especialmente las de la ruta crítica, comprometiendo el avance de la obra según el cronograma.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	8
Nro. de informe	637-2018-CG/L470-VC
Título del informe	Visita de control a la "Obra: mejoramiento del Centro de Salud de Chala, distrito de Chala, provincia de Caravelí, región Arequipa"
Modalidad	Visita de Control
Periodo del informe	25 de junio al 4 de julio 2018
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Jefe de equipo de Visita de Control 2 integrantes de equipo de Visita de Control Gerente de la Gerencia Regional de Control de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento del Centro de Salud Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Región de Arequipa"
Presupuesto	S/ 42,463,370.59
Lugar	Distrito de Chala, Provincia de Caravelí, Arequipa
Fecha	4 de julio 2018
Descripción	La visita de control se efectuó a la ejecución a la obra "Mejoramiento de los servicios de salud del Establecimiento de Salud de Chala, distrito de Chala, provincia de Caravelí - región Arequipa", la cual se encuentra a cargo de Gerencia Regional de Control de Arequipa y ha sido ejecutada del 25 de junio al 4 de julio de 2018.
Problemas hallados	<ul style="list-style-type: none"> - Adicional de obra sin pronunciamiento por parte de la entidad, referido a la implementación y ejecución del centro quirúrgico, solicitado a 5 días de culminarse plazo contractual y cuando existe un retraso del 40,43%, genera riesgo de inaplicación de penalidades por incumplimiento contractual, así como el reconocimiento de gastos generales. - Omisión de especificaciones técnicas de ascensores montacargas que debieran ser entregadas por la Entidad al contratista para la construcción del cuarto técnico, genera riesgo de mayores costos de la obra.
Causas de incumplimiento de plazo	- La omisión de especificaciones técnicas, produce que las partidas relacionadas con los ascensores montacargas se vean retrasadas esperado una aclaración o explicación de especificaciones, así en el cronograma de ejecución se producen retrasos y pone en riesgo el cumplimiento de plazo de obra.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	9
Nro. de informe	1888-2019-CG/GRAR-SCC
Título del informe	Obra: " Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud del establecimiento de salud Alto Inclán, distrito de Mollendo, provincia de Islay, región Arequipa ", Hito de control N ° 1: Ejecución de obra - Valorización n° 7.
Modalidad	Control concurrente
Periodo del informe	18 de junio al 28 de agosto 2019
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Supervisor de Comisión de Control Jefe de Comisión de Control Gerente de la Gerencia Regional de Control de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud del establecimiento de salud Alto Inclán, distrito de Mollendo, provincia de Islay, Región Arequipa"
Presupuesto	S/ 72,675,508.14
Lugar	Distrito de Mollendo, provincia de Islay, Arequipa
Fecha	9 de setiembre 2019
Descripción	El servicio de Control Concurrente al Hito de Control n° 1: Ejecución de obra -Valorización n° 7, se desarrolló teniendo como objetivo determinar y comprobar que la ejecución y supervisión de la obra "Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud del establecimiento de salud Alto Inclán, distrito de Mollendo, provincia de Islay, región Arequipa", se ejecuta de acuerdo a cronograma vigente, expediente técnico, estipulaciones contractuales y normativa aplicable.
Problemas hallados	- La supervisión dio trámite a valorizaciones incompletas y/o defectuosas, afectando la correcta dirección administrativa de la obra, lo que generaría incumplimientos contractuales por parte de la supervisión, conllevando a la aplicación de penalidades.
Causas de incumplimiento de plazo	- Al presentarse valorizaciones incompletas, esto quiere decir que las partidas no han sido terminadas en su plazo según el cronograma de ejecución. Por lo tanto, se deduce un atraso por una mala planificación de obra.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	10
Nro. de informe	210-2020-CG/GRAR-SCC
Título del informe	Obra: " Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud del establecimiento de salud Alto Inclán, distrito de Mollendo, provincia de Islay, región Arequipa ", Hito de control N ° 2: Ejecución de obra - Valorización n° 12.
Modalidad	Control concurrente
Periodo del informe	29 de agosto 2019 al 30 de enero 2020
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Órgano de Control Institucional del Gobierno Regional de Arequipa
Revisores	Supervisor de Comisión de Control Jefe de Comisión de Control Gerente de la Gerencia Regional de Control de Arequipa
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	"Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud del establecimiento de salud Alto Inclán, distrito de Mollendo, provincia de Islay, Región Arequipa"
Presupuesto	S/ 72,675,508.14
Lugar	Distrito de Mollendo, provincia de Islay, Arequipa
Fecha	17 de febrero 2020
Descripción	Determinar y comprobar si la ejecución y supervisión de la obra a diciembre de 2019, se ejecuta de acuerdo a cronograma vigente, expediente técnico, estipulaciones contractuales y normativa aplicable.
Problemas hallados	- Ejecución de la obra con atraso constante, sin contar con calendario acelerado aprobado, podría postergar la culminación de la obra y por ende su puesta en funcionamiento
Causas de incumplimiento de plazo	- El avance acumulado de los componentes de instalaciones eléctricas, obras exteriores y equipamiento médico informático presentan un avance inferior considerable, menor al 80% de lo programado. Estos retrasos constantes podrían tener un origen en la precaria planificación de la ejecución de la obra.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	11
Nro. de informe	1588-2019-CG/MPROY-SCC
Título del informe	Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa.
Modalidad	Control concurrente
Periodo del informe	12 al 25 de junio 2019
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Subgerencia de Control de Megaproyectos
Revisores	Supervisor de Comisión de Control Jefe de Comisión de Control 2 integrantes Comisión de Control Subgerente de Control de Megaproyectos
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	“Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa”
Presupuesto	S/ 134,147,970.10
Lugar	Distrito de Cerro Colorado, Arequipa
Fecha	5 de julio 2019
Descripción	Determinar si la ejecución de la obra del proyecto "Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa", se realiza de acuerdo al expediente técnico, contrato de obra, disposiciones legales, normativa interna, y normativa aplicable. Hito de Control N° 1: Avance del proceso constructivo a junio 2019 y valorización de obra.
Problemas hallados	- No ejecución de partidas del muro de sostenimiento en el sector "D", afecta el avance de obra, pudiendo generar retrasos e incidir en mayores plazos en el término de la obra.
Causas de incumplimiento de plazo	- Las partidas correspondientes a la construcción de muro de contención forman parte de la ruta crítica del cronograma del proyecto, y al no haberse realizado a tiempo pone en duda la culminación de la obra en la fecha programada. Esto es sin duda un retraso en la ejecución por parte del contratista.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	12
Nro. de informe	2240-2019-CG/MPROY-SCC
Título del informe	Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa.
Modalidad	Control concurrente
Periodo del informe	13 de setiembre al 1 de octubre 2019
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Subgerencia de Control de Megaproyectos
Revisores	Supervisor de Comisión de Control Jefe de Comisión de Control 2 integrantes Comisión de Control Subgerente de Control de Megaproyectos
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	“Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa”
Presupuesto	S/ 134,147,970.10
Lugar	Distrito de Cerro Colorado, Arequipa
Fecha	17 de octubre 2019
Descripción	El Control Concurrente al proyecto "Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa", tiene como objetivo determinar si su ejecución contractual se realiza de acuerdo al expediente técnico, contrato de obra, disposiciones legales, normativa interna y normativa aplicable. Hito de Control N ° 2: Avance del proceso constructivo a setiembre 2019 y valorización de obra.
Problemas hallados	- Retrasos en la ejecución de la especialidad "Estructuras" de los bloques "D" y "A", afecta el avance parcial, pudiendo conllevar en un retraso general e incidir en mayores plazos y costos en la culminación de la obra
Causas de incumplimiento de plazo	- El retraso de las partidas de estructuras afecta a largo plazo a toda la programación y el cronograma de ejecución se ve afectado, dando lugar a incumplimientos de plazos y entrega final aplazada.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	13
Nro. de informe	5922-2019-CG/MPROY-SCC
Título del informe	Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa.
Modalidad	Control concurrente
Periodo del informe	7 al 22 de noviembre 2019
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Subgerencia de Control de Megaproyectos
Revisores	Supervisor de Comisión de Control Jefe de Comisión de Control 3 integrantes Comisión de Control Subgerente de Control de Megaproyectos
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	“Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa”
Presupuesto	S/ 134,147,970.10
Lugar	Distrito de Cerro Colorado, Arequipa
Fecha	18 de diciembre 2019
Descripción	Determinar si la ejecución contractual del proyecto "Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa", se realiza de acuerdo al expediente técnico, contrato de obra, disposiciones legales, normativa interna y normativa aplicable. Hito de Control N ° 3: Avance del proceso constructivo a noviembre 2019 y valorización de obra.
Problemas hallados	- Retrasos en la ejecución de las partidas "columnas y placas", "vigas" y "capiteles" que forman parte de la ruta crítica, así como la demora en la absolución de consultas, afecta el avance de las partidas de "losas aligeradas" del sector "A", pudiendo incidir en mayores plazos y costos no previstos en la obra.
Causas de incumplimiento de plazo	- Se presentan retrasos en partidas de elementos estructurales que forman parte de la ruta crítica, a consecuencia de la demora de las consultas por parte del contratista, ya que se presentan varias incompatibilidades en la losa aligerada tal como cruces de tuberías, a la larga esto representa un retraso en el cronograma y el incumplimiento del mismo.

FICHA DE REGISTRO

Nro. de ficha registro	14
Nro. de informe	390-2020-CG/MPROY-SCC
Título del informe	Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa.
Modalidad	Control concurrente
Periodo del informe	20 al 31 de enero 2020
Autor	Contraloría General de la República
Unidad que emite el informe	Subgerencia de Control de Megaproyectos
Revisores	Supervisor de Comisión de Control Jefe de Comisión de Control 3 integrantes Comisión de Control Subgerente de Control de Megaproyectos
Entidad Auditada	Gobierno Regional de Arequipa
Obra	“Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Salud del Establecimiento de Salud Maritza Campos Díaz del distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Arequipa”
Presupuesto	S/ 134,147,970.10
Lugar	Distrito de Cerro Colorado, Arequipa
Fecha	13 de marzo 2020
Descripción	<p>-Determinar si el avance del proceso constructivo de los sectores "A", "B" y "C" al mes de enero de 2020, se ejecuta de acuerdo al cronograma vigente, expediente técnico, exigencias de calidad, contrato y normativa aplicable.</p> <p>- Determinar si el Supervisor viene cumpliendo sus funciones de acuerdo a su contrato, términos de referencia y normativa aplicable.</p> <p>- Establecer si la valorización de la obra al mes de diciembre de 2019, se efectuó conforme al avance real, plazos y condiciones previstas en el contrato de obra y normativa aplicable.</p> <p>Hito de Control N° 4: Avance del proceso constructivo de los sectores "A", "B" y "C" a enero de 2020, y valorización de obra.</p>
Problemas hallados	<p>- Retraso en el inicio de las partidas "Muros de albañilería" en los sectores "A", "B" y "C", afecta el avance de obra y puede incidir en mayores costos y plazos de la obra.</p> <p>- Presencia de fisuras en la losa maciza de concreto armado del tercer nivel de la edificación del sector "A", puede afectar su calidad, seguridad y vida útil</p> <p>-Ausencia del residente de obra en el proceso constructivo, afecta el control de la Dirección Técnica y puede incidir negativamente en la calidad de la ejecución, avances y plazos de la obra.</p>

Causas de incumplimiento de plazo	- Las partidas de muros de albañilería están retrasadas debido a una confusión en la especificación del ladrillo a usarse, según el expediente debe ser de tipo IV, pero el reglamento indica tipo V y al no absolverse la consulta la partida no comenzó a ejecutarse.
-----------------------------------	---

6. Matriz de evaluación de madurez BIM y principios Last Planner

CONTROL DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN MEDIANTE EL MODELO CONCEPTUAL PARA LA INTEGRACIÓN BIM-LAST PLANNER SISTEMA EN LA CONSTRUCCIÓN DE HOSPITALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

FICHA TÉCNICA

Objetivo Especifico 3	Determinar la madurez de las funcionalidades BIM e interpretar sus interacciones con los principios LPS del Modelo Conceptual de Integración, que permitan un mejor control del tiempo de ejecución.
Fuente de información	Matriz de Interacción del Modelo Conceptual de Integración BIM-LPS Tabla de evaluación de madurez BIM CMM de la NBIMS
Técnica de recolección de datos	Análisis documental
Instrumento de recolección	Ficha de contenido
Referencia	(Hadmi & Leite, 2012)
Universo	Todas las interacciones presentadas para cada funcionalidad BIM y principio de LPS
Población	17 interacciones de la Matriz de Interacción BIM-LPS
Muestra	7 interacciones de la Matriz de Interacción BIM-LPS
Método de muestreo	Por conveniencia
Validez	Credibilidad, validez de contenido
Fecha de realización	Diciembre 2020, enero 2021

Área de interés CMM	Nro. de nivel	Nivel de madurez percibido	Funcionalidad BIM	Principio Last Planner relacionado	Nro. de interacción	Explicación	Referencia
Riqueza de datos	8	Información completamente autorizada	Generación automatizada de tareas de construcción	Reducir duración de ciclo de producción	25	Las tres funciones sirven para reducir el tiempo de ciclo durante la construcción en si misma porque resultan en horarios operativos optimizados, con menos conflictos.	
Información grafica	9	4D - tiempo añadido	Simulación del proceso de construcción				
Información grafica	9	4D - tiempo añadido	Simulación 4D de la programación de construcción	Visualizar métodos de producción	40	BIM proporciona un ambiente ideal de visualización para el proyecto a través del diseño y la etapa de construcción y permita simulación de los métodos de producción, equipamiento temporal y procesos. Modelamiento y animación de secuencias de construcción en herramientas 4D proporciona una única oportunidad de visualizar los procesos de construcción para identificar fuentes de conflicto en el tiempo y espacio y resolver temas de constructabilidad. Esto permite optimización de procesos mejorando eficiencia y seguridad y puede ayudar a identificar cuellos de botella y mejorar el flujo.	Sacks et al. (2010)
				Visualizar procesos de producción			

Área de interés CMM	Nro. de nivel	Nivel de madurez percibido	Funcionalidad BIM	Principio Last Planner relacionado	Nro. de interacción	Explicación	Referencia
Proceso de negocio	8	Todos los procesos, recoger y mantener información	Visualización del estado del proceso	Reducir duración de ciclo de producción	26	Donde el estado del proceso es visualizado a través de un modelo BIM, tal como en el sistema KanBIM, series de actividades consecutivas requeridas para completar un espacio de construcción pueden ser ejecutados uno tras de otro con pequeño retraso entre ellos. Estos tiempos de ciclos reducidos para cualquier espacio o ensamble.	Sacks et al. (2010)
				Usar sistemas pull			
Roles o disciplinas	8	Operaciones y sostenimiento soportado	Comunicación online del producto y procesar información	Visualizar procesos de producción	34	La visualización del proceso y la comunicación online del estado del proceso son elementos clave en permitir a los equipos de producción priorizar sus subsecuentes ubicaciones de trabajo en términos de su contribución potencial para asegurar un subsecuente flujo continuo de trabajo que complete espacios, así implementar un flujo pull. Esto es central en el enfoque KanBIM, el cual extendiendo al sistema Last Planner.	Sacks et al. (2010)
				Usar sistemas pull			
Método de entrega	8	Web habilitada, servicios seguros	Provisión de contexto para colección de datos de estado en sitio/fuera de sitio	Usar sistemas pull			

Área de interés CMM	Nro. de nivel	Nivel de madurez percibido	Funcionalidad BIM	Principio Last Planner relacionado	Nro. de interacción	Explicación	Referencia
Exactitud de la información	6	Todo el campo real, interno y externo	Los objetos BIM se pueden resaltar / visualizar para fines específicos de la aplicación	Visualizar métodos de producción	60	Visualización de componentes BIM completos, pueden apoyar el requisito de la planificación pull de la tarea lanzando nuevo trabajo gracias a la visualización de la información basada en BIM, especificaciones y secuencia de tarea son claramente visibles a los trabajadores o los respectivos últimos planificadores.	Schimanski et al. (2020)
				Visualizar procesos de producción			
Vistas del ciclo de vida	5	Incluye suministros de construcción y fabricación	Monitorear el proceso de construcción	Reducir duración de ciclo de producción	61	Con las interfaces BIM, la productividad puede ser medida en tiempo real, de tal manera que cualquier defecto en la producción en las estaciones de trabajo pueden ser rápidamente detectadas y resueltas en las etapas tempranas del trabajo. Esto resultara en aprendizaje desde la experiencia y mejoras futuras de métodos de implementación.	Oskouie et al. (2012)
				Nivel de producción			
Puntualidad / respuesta	6	Toda respuesta, información disponible en BIM	Evaluación en tiempo real de la productividad	Usar sistemas pull	62	Comparación generada del modelo construido con el modelo planeado, las discrepancias entre ambos pueden ser fácilmente detectada. Además, calidad y el control pueden ser acelerados a través de este proceso resultando en un mejor producto para el dueño.	

7. Matriz de salida para lineamientos

CONTROL DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN MEDIANTE EL MODELO CONCEPTUAL PARA LA INTEGRACIÓN BIM-LAST PLANNER SISTEMA EN LA CONSTRUCCIÓN DE HOSPITALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

FICHA TÉCNICA

Objetivo Especifico 4	Proponer lineamientos para la mejora de la productividad en base a los alcances teóricos, las causas de incumplimiento de plazo y las interacciones BIM-LPS
Fuente de información	Literatura de la Teoría de Producción como Flujo
Técnica de recolección de datos	Análisis documental
Instrumento de recolección	Matriz de contenido
Referencia	(López Noguero, 2002)
Universo	Alcances hallados en el objetivo 1 luego de la revisión de literatura
Población	
Muestra	Única
Método de muestreo	Por conveniencia
Validez	Credibilidad, validez de contenido
Fecha de realización	Diciembre del 2020

Nro. de interacción	Interacción BIM-LPS	Causa de incumplimiento	Principio de la teoría relacionado
25	Las tres funciones sirven para reducir el tiempo de ciclo durante la construcción en si misma porque resultan en horarios operativos optimizados, con menos conflictos.	Precaria o mala planificación de la ejecución	Reducir el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo
26	Donde el estado del proceso es visualizado a través de un modelo BIM, tal como en el sistema KanBIM, series de actividades consecutivas requeridas para completar un espacio de construcción pueden ser ejecutados uno tras de otro con pequeño retraso entre ellos. Estos tiempos de ciclos reducidos para cualquier espacio o ensamble.	Incompatibilidades encontradas en el proyecto y	Reducir el tiempo de ciclo, reducir la variabilidad, simplificar
34	La visualización del proceso y la comunicación online del estado del proceso son elementos clave en permitir a los equipos de producción priorizar sus subsecuentes ubicaciones de trabajo en términos de su contribución potencial para asegurar un subsecuente flujo continuo de trabajo que complete espacios, así implementar un flujo pull. Esto es central en el enfoque KanBIM, el cual extendiendo al sistema Last Planner.	Demoras en la absolución de consultas	Reducir el desperdicio, reducir la variabilidad, incrementar la transparencia.
40	BIM proporciona un ambiente ideal de visualización para el proyecto a través del diseño y la etapa de construcción y permita simulación de los métodos de producción, equipamiento temporal y procesos. Modelamiento y animación de secuencias de construcción en herramientas 4D proporciona una única oportunidad de visualizar los procesos de construcción para identificar fuentes de conflicto en el tiempo y espacio y resolver temas de constructabilidad. Esto permite optimización de procesos mejorando eficiencia y seguridad y puede ayudar a identificar cuellos de botella y mejorar el flujo.	Incompatibilidades encontradas en el proyecto y	Incrementar la flexibilidad, incrementar la transparencia.

Nro. de interacción	Interacción BIM-LPS	Causa de incumplimiento	Principio de la teoría relacionado
60	Visualización de componentes BIM completos, pueden apoyar el requisito de la planificación pull de la tarea lanzando nuevo trabajo gracias a la visualización de la información basada en BIM, especificaciones y secuencia de tarea son claramente visibles a los trabajadores o los respectivos últimos planificadores.	Precaria o mala planificación de la ejecución	Reducir el desperdicio, reducir la variabilidad, simplificar, incrementar la transparencia.
61	Con las interfaces BIM, la productividad puede ser medida en tiempo real, de tal manera que cualquier defecto en la producción en las estaciones de trabajo pueden ser rápidamente detectadas y resueltas en las etapas tempranas del trabajo. Esto resultara en aprendizaje desde la experiencia y mejoras futuras de métodos de implementación.	Precaria o mala planificación de la ejecución	Reducir el desperdicio, reducir la variabilidad, simplificar, incrementar la transparencia.
62	Comparación generada del modelo construido con el modelo planeado, las discrepancias entre ambos pueden ser fácilmente detectada. Además, calidad y el control pueden ser acelerados a través de este proceso resultando en un mejor producto para el dueño.	Precaria o mala planificación de la ejecución	Reducir el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo