

**PLANEACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE OBRA EN LA OPTIMIZACIÓN DE
RECURSOS IMPLEMENTANDO LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION EN
EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN NUEVA SEDE FUNDACIÓN BAUDILIO
ACERO EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO PARA LAS ACTIVIDADES DE
CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA**

XIMENA LISSETH ORDUZ BELLO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.- COLOMBIA**

2017

**PLANEACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE OBRA EN LA OPTIMIZACIÓN DE
RECURSOS IMPLEMENTANDO LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION EN
EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN NUEVA SEDE FUNDACIÓN BAUDILIO
ACERO EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO PARA LAS ACTIVIDADES DE
CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA**

XIMENA LISSETH ORDUZ BELLO

CODIGO: d7301475

**Trabajo de grado presentado como requisito
para optar al título de Ingeniero Civil**

Director: EDWIN GARCIA MUÑOZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.- COLOMBIA**

2017

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por darme la oportunidad de culminar mi carrera.

A mi madre, quien me apoyo incondicionalmente y me animo en los momentos difíciles.

A mis hijos y mi esposo, quienes sacrificaron momentos de sus vidas y me apoyaron para hacer realidad este sueño.

A las todas personas que me acompañaron durante mi proceso de formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

ING. EDWIN GARCIA MUÑOZ, Ingeniero Civil director y asesor del presente trabajo.

A las directivas del Programa de Ingeniería Civil así como a las de la Facultad de Estudios a Distancia de la Universidad Militar Nueva Granada.

Nota de aceptación _____

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, D.C., Junio de 2017.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. Definición del problema	7
1. 1. Planteamiento del problema	7
2. Objetivos	9
2.1 Objetivo general	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. Justificación	10
4. Marco de referencia.....	11
4.1 Marco Geográfico	11
4.1.1 Caracterización del municipio de Sogamoso.....	11
4.1.1.1 Localización	11
4.2.2 Productividad en el sector de la construcción	16
4.2.3 Filosofía Lean Constrution	17
4.2.3.1 Origenes del concepto	17
4.2.3.4 Importancia del manejo de estrategias.....	20
4.2.3.5 Acciones para la eliminación de pérdidas	21

4.2.3.6 Método de trabajo.....	22
4.2.3.7 Medición de trabajo.....	28
CONCLUSIONES.....	54
REFERENCIAS	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de desperdicios	18
Tabla 2. Informes sobre el estado de Lean en el sector de la construcción.....	21
Tabla 3. Actividades de ejecución para estudio	23
Tabla 4. Listado de actividades detalladas	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación demográfica de Sogamoso	12
Figura 2: Ubicación construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero	13
Figura 3. Imágenes Ubicación de proyecto Fundación Baudilio Acero	13
Figura 4: Censo Edificaciones – CEED	15
Figura 5. Factores de productividad	17
Figura 6. Diagrama causa efecto de principales causas de pérdidas en construcción	20
Figura 7. Plan para medición de pérdidas	22
Figura 8. Rendimiento horas hombre cimentación y estructura	41
Figura 9. Tiempo de almuerzo trabajadores	41
Figura 10. Tiempo refrigerio trabajadores.....	42
Figura 11. Programación en Project de ejecución de actividades.....	45
Figura 12. Cronograma de Actividades de la obra	46
Figura 13. Actividades programadas vs ejecutadas mediante porcentaje de avance	47
Figura 14. Pantallazo en OPUS para crear presupuesto	48
Figura 15. Pantallazo para programación de materiales en OPUS	49
Figura 16. Pantallazo para programación uso de equipos en OPUS	49
Figura 17. Pantallazo Programación de mano de obra en OPUS	50
Figura 18. Pantallazo Programación de auxiliares en OPUS	50
Figura 19. Pantallazo Programación de CONCEPTOS – ACTIVIDADES	51
Figura 20. Pantallazo Programación de asignación de actividades al contrato	52
Figura 21. Pantallazo Programación de contratos	52
Figura 22. Pantallazo Programación de contratista	53

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1-2. Ubicación de proyecto Fundación Baudilio Acero	12
--	----

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una parte importante en el ámbito económico de un país, por tanto, la verificación de los nuevos sistemas de gestión que se implementan en las principales industrias constructoras del mundo y en donde se obtienen excelentes resultados, merece especial atención.

La filosofía “Lean Construction” se presenta como una alternativa tendiente al mejoramiento de la competitividad de las empresas en el mercado, mediante el fortalecimiento del sistema de producción y la integración de los flujos de información y conversión de los procesos.

Este trabajo está orientado a generar mejoras en el proceso de cimentación y estructura del proyecto de construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero de la ciudad de Sogamoso, que busca agregar el máximo valor al producto final, mediante la eliminación de desperdicios, lo que se transforma en un aumento de la productividad de los materiales, maquinarias y mano de obra utilizados en la ejecución del proyecto.

1. Definición del problema

1.1. Planteamiento del problema

En el modelo de construcción tradicional, se presentan procesos y métodos adaptados a una cultura artesanal, de estas prácticas se pueden identificar factores como las demoras e incumplimiento, calidad del producto, alta rotación de personal, bajo rendimientos de la mano de obra no calificada, altos porcentajes de desperdicios, la poca formación de trabajadores, directivos y cargos intermedios para aprender a identificar y eliminar el problema hace que no se proponga o se ejecuten medidas que alerten sobre las causas que se presentan a medida que avanza la ejecución de la obra.

En el proyecto de construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero se busca implementar estrategias para que el sistema de planificación, medición, control sea un mejoramiento continuo de su proceso constructivo, de acuerdo a lo anterior este proyecto plantea una metodología de identificación de pérdidas, realizando medición de rendimientos de mano de obra y análisis de métodos de pérdidas en su etapa de ejecución trabajo, enfocados hacia un mejoramiento en los procesos y por ende lograr un aumento en la productividad del proyecto .

1.2 Pregunta de Investigación.

¿Cómo se puede controlar y disminuir las pérdidas económicas ocasionadas en los procesos de cimentación y estructura durante la ejecución del proyecto de construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero?

1.3 Delimitación

Este estudio se realiza en el proyecto Construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero ubicado en la zona urbana del municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá, con el propósito de implementar un sistema que sirva de modelo para otros proyectos de construcción para la optimización de recursos y detección de respuestas tempranas a un posible retraso de obra.

El estudio tiene un enfoque diagnóstico de la obra con la cual se fijaran alternativas de solución que permitan planear mejores rendimientos en recursos utilizados como mano de obra, optimización de tiempos de ejecución, materiales y equipos utilizando herramientas de medición y control.

1.4 Alcance

La actividad de la construcción ha tenido que generar cambios en sus procesos de gestión de calidad, tecnologías y otros, debido a sus problemas en el no cumplimiento de plazos, ineficiencia, caos e improvisación, que se traducen en una mala comunicación, información deficiente, mala asignación de recursos y errores en las decisiones tomadas.

En el desarrollo de este proyecto se va a implementar un sistema de control y seguimiento para optimización de recursos mediante la filosofía “construcción sin pérdidas” de producción para cubrir aquellas características que se desconocían en el enfoque tradicional.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Implementar un sistema de planificación y control integral utilizando herramientas de medición de pérdidas y análisis de rendimientos de consumo de mano de obra, bajo la metodología Lean Construction para actividades de cimentación y estructura en la construcción de nueva sede en la Fundación Baudilio Acero de Sogamoso

2.2 Objetivos específicos

- Recopilar información de obra en ejecución para el estudio estadístico
- Determinar la metodología de planeación que permita una óptima utilización de los recursos tanto de mano de obra como de materiales y tiempo de ejecución recopilando información para determinar un prototipo de proceso.
- Evaluar los procesos de ejecución de las actividades de cimentación y estructura de la obra construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero, identificando los recursos a través del procesamiento de datos y la obtención de resultados. para la cuantificación de los tiempos muertos de cada actividad
- Plantear alternativas para la optimización de recursos y respuesta temprana a retrasos de obra en el marco de gerencia de proyectos.

3. Justificación

En la construcción de proyectos se evidencian problemas típicos desde su fase inicial hasta su ejecución y entrega de producto, donde es evidente la escasa planificación e implementación de sistemas donde se pueda controlar eficazmente basado en métodos estadísticos garantizando así la calidad en el producto. La productividad en la construcción se atribuye, tanto a las conversiones como a los flujos, en las actividades de conversión depende del nivel de tecnología, las destrezas, la motivación, etc.

Según un estudio de Camacol (2005), más del 70% de los proyectos de construcción que se realizan en Colombia incumplen su cronograma de ejecución, el 85% de estos tienen sobrecostos en el proceso constructivo. El anterior estudio concluyó que la principal causa de los anteriores problemas es la falta de gestión y la no aplicación de nuevas herramientas administrativas que permitan hacer de la industria de la construcción competitiva a nivel nacional y mundial. Esto nos lleva a determinar la necesidad imperativa de implementar herramientas de gestión en la industria de la construcción.

Con el desarrollo de este trabajo, se busca implementar estrategias de respuesta temprana para minimizar los atrasos de obra y fortalecer los recursos optimizando los rendimientos de mano de obra y de ejecución de actividades obteniendo una mejor productividad y a la vez crear un desafío en el ejercicio de la Ingeniería Civil implementando las herramientas que nos ofrece hoy por hoy el mercado en materia de softwares para la construcción.

4. Marco de referencia

4.1 Marco Geográfico

4.1.1 Caracterización del municipio de Sogamoso

4.1.1.1 Localización

Sogamoso está ubicado en el centro oriente del departamento de Boyacá, en la República de Colombia, a una latitud de 5° 42' 57" Norte, y a una longitud de 72° 55' 38" Oeste. Se encuentra a una altitud cercana a los 2.600 metros sobre el nivel del mar. La altitud del municipio oscila entre los 2.500 y los 4000. Metros sobre el nivel del mar. Encontrándose el punto más bajo en la vereda San José sector San José Porvenir (Cementos Argos) a 2.490 m.s.n.m. y el punto más alto en el pico Barro Amarillo en la vereda Mortiñal, que comparte con el Pico de Oro en la vereda las Cañas, ubicados ambos a 3.950 m.s.n.m. este último pico sirve de límite a los municipios de Monguí, Mongua y Sogamoso.(Secretaria Local de Salud, 2011)

Límites del municipio: El municipio de Sogamoso se localiza en la Provincia de Sugamuxi, limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania; al sur con los municipios de Aquitania, Cuitiva e Iza; y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza.

Extensión total: 208.54 Km²

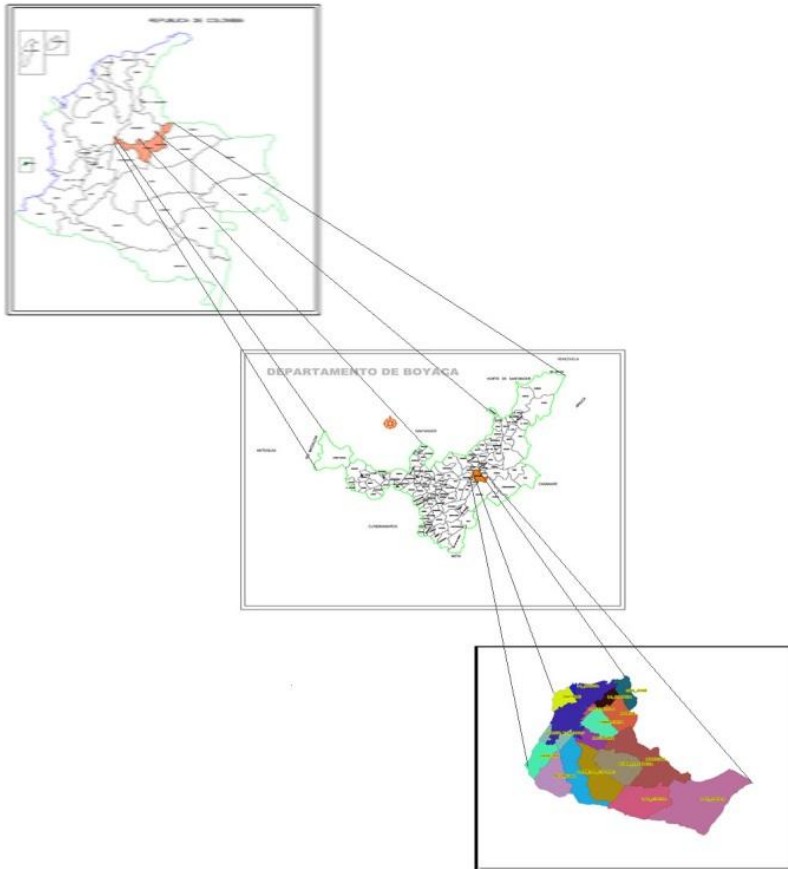
Extensión área urbana: 30.54 Km²

Extensión área rural: 178 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2569

Temperatura media: 17° C

Figura 1. Ubicación demográfica de Sogamoso.



Ubicación geográfica del municipio de Sogamoso desde el contexto del Departamento de Boyacá y la división político-administrativa de Colombia

En el Municipio de Sogamoso se encuentra la Fundación Baudilio Acero ubicada en la carrera 11 con calle 2 Sur, fundada en 1975, su objeto principal es brindar protección, orientación, y capacitación a menores desamparados de sexo masculino.

Figura 2: Ubicación construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero



Fotografía extractada desde la herramienta de Google maps de la ubicación de la Fundación Baudilio Acero

Figura 3. Imágenes Ubicación de proyecto Fundación Baudilio Acero



Registro fotográfico tomado en el sitio de ejecución del Proyecto Nueva Sede Fundación Baudilio Acero, carrera 11 con calle 2 Sur, Sogamoso.

En este lugar se ha proyectado la construcción de una nueva sede, el cual consta de dormitorios, batería de baños, sala de internet – estudio y oficinas para el área administrativa y donde se va a implementar un sistema que optimice los recursos de mano de obra, materiales,

maquinaria, transportes; para dar respuesta temprana a retrasos de obra en el marco de gerencia de proyectos.

4.2 Marco Teórico

4.2.1 Fuentes estadísticas de la construcción.

De acuerdo a la estadística del DANE referente al incremento de la construcción de edificaciones se tiene la siguiente información:

El Censo de Edificaciones registró para el primer trimestre de 2017 un área nueva en proceso de construcción de 4.973.066 m² y una variación de 6,7%

Figura 4: Censo Edificaciones - CEED



Fuente: DANE

El Censo de Edificaciones registró para el primer trimestre de 2017 un área nueva en proceso de 4.973.066 m², el registro más alto para un primer trimestre desde 2012, este crecimiento se debe principalmente a las mayores iniciaciones de obras destinadas a apartamentos e instituciones educativas.

En el trimestre enero – marzo de 2017 la variación anual de 6,7% en el área nueva en proceso se explica por las mayores construcciones de los destinos apartamentos en la ciudad de Bogotá y Cartagena, y el inicio de edificaciones con destino a Educación en el área de la ciudad de Cali, las cuales tienen la mayor contribución en el crecimiento de esta área.

En el trimestre enero – marzo de 2017 el área en proceso varió 3,7 % al registrar 30.518.460 m² frente al primer trimestre de 2016 cuando se registró 29.422.452m². Por destino de los apartamentos sumaron 5,0 puntos porcentuales a la variación anual, los cuales representan el 61,5% del total de área en proceso.

En el trimestre enero – marzo de 2017 el área culminada en el Censo de Edificaciones fue 3.881.490 m² con una variación del -14,9 %. En el trimestre enero – marzo de 2016 se registraron 4.560.235 m² con una variación de 8,9 %. Para el primer trimestre de 2017 la variación trimestral fue de -31,6%. El destino apartamentos presentó la principal contribución y restó 15,6 puntos porcentuales a la variación total.

El área censada en el trimestre enero - marzo de 2017 fue 40.913.898 m² con una variación anual de 2,4 %. En el primer trimestre de 2016 fueron 39.972.266 m² con una variación anual de 8,0 %.

Doce meses (segundo trimestre de 2016 - primer trimestre de 2017)

En los últimos doce meses hasta el mes de marzo de 2017 el área nueva en proceso fue 19.512.820 m² y registró una variación de -1,3%. Para el mismo periodo de 2016 el área nueva en proceso fue 19.773.131 m² con una variación de 9,0%.

En los últimos doce meses (segundo trimestre de 2016 - primer trimestre de 2017) se registraron 18.325.225 m² de área culminada, lo que representó una variación de 2,0%. En el mismo periodo del año anterior se registraron 17.970.253 m² con una variación de 3,6%.

4.2.2 Productividad en el sector de la construcción

La productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo, la productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad (Serpell, 2002).

En la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo con el tipo de recurso utilizado, así:

- Productividad de los materiales.
- Productividad de la mano de obra.
- Productividad de la maquinaria y/o equipos.

Existen factores que afectan positiva y negativamente la productividad, entre los cuales tenemos los siguientes:

Figura 5. Factores de productividad



Descripción causa efecto de los factores que inciden en la productividad

4.2.3 Filosofía Lean Construction

4.2.3.1 Orígenes del concepto

El sistema de producción *Lean* fue desarrollado en Toyota por el ingeniero Ohno después de la Segunda Guerra Mundial, con el propósito de eliminar los desperdicios. El sistema de producción de Toyota se enfocó en producir los automóviles de acuerdo con los requerimientos de los clientes, entregarlos en el tiempo justo y sin mantener inventarios para la producción.

La idea básica del sistema de producción de Toyota es la eliminación de los inventarios y cualquier otro desperdicio, a través de un lote pequeño de producción, tiempos reducidos de alistamiento, máquinas de producción semiautónomas y alianzas estratégicas con los proveedores.

Según Jeffrey Liker y Taiichi Ohno, clasificaron 8 desperdicios discriminados así:

Tabla 1. Clasificación de desperdicios.

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
SOBREPRODUCCIÓN	Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.

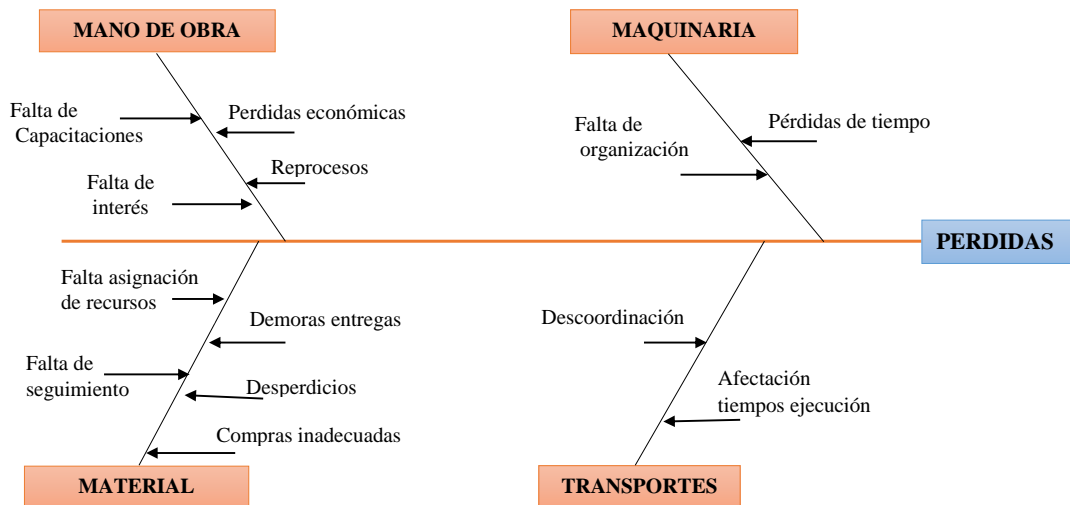
ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD	Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.
TRANSPORTE INNECESARIO	Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
SOBREPROCESAMIENTO	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
EXCESO DE INVENTARIO	Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de <i>stock</i> en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.
MOVIMIENTOS INNECESARIOS	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.
DEFECTOS DE CALIDAD	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
TALENTO	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

4.2.3.2 Identificación reducción de pérdidas

Una organización debe realizar acciones tendientes a medir las pérdidas de su sistema de producción con la finalidad de facilitar la evaluación de la eficiencia obtenida por el sistema de

producción. De esta manera es posible identificar las fortalezas y debilidades del sistema de producción estableciendo prioridades para su mejoramiento.

Figura 6. Diagrama causa efecto de principales causas de pérdidas en construcción



En la medida que se ejecuta la obra se debe revisar los procesos e indicadores de pérdidas los cuales pueden ser utilizados para el control y seguimiento de los procesos.

La clave de la visión de flujo radica en la eliminación del desperdicio de los procesos de flujo. Por lo tanto, los principios de reducción del tiempo de entrega, reducción de la variabilidad y simplificación de los procesos son promovidos en el pensamiento Lean.

4.2.3.3 Beneficios que aporta la implementación de Lean Construction

Un informe sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013) sobre la aplicación de Lean Construction en

proyectos de edificación revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean entre el 70% y el 85% han alcanzado un nivel alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen como resumen los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Informes sobre el estado de Lean en el sector de la construcción.

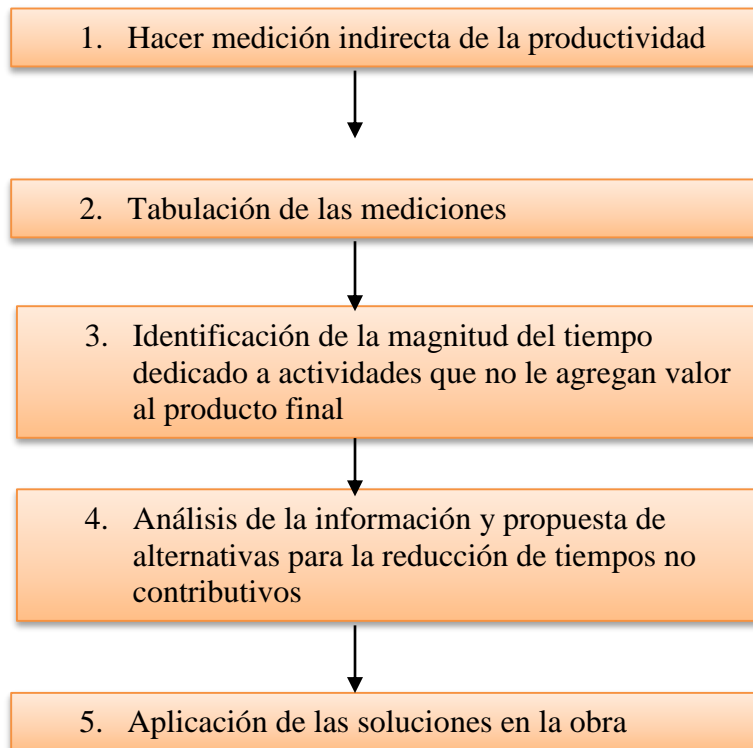
Informe sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012)	Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de Lean Construction (2013)
Mejor cumplimiento del presupuesto Menor número de cambio de órdenes y pedidos	Mayor calidad en la construcción. Mayor satisfacción del cliente.
Rendimiento más alto de entregas a tiempo	Mayor productividad.
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad.
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega.
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de costes.
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del riesgo.

Informe sobre el estado de *Lean en la Construcción* en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013)

4.2.3.4 Importancia del manejo de estrategias

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas, Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor costo, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos.

Figura 7. Plan para medición de pérdidas



4.2.3.5 Acciones para la eliminación de pérdidas

Planificar la entrega de materiales mediante programas que conozcan los residentes de obra y los proveedores. Dichos programas deben conocerse al momento de elaborar las órdenes de compra.

- Programar los mantenimientos y revisiones a los equipos. Exigir un programa similar a los arrendadores de equipos.
- Definir un procedimiento ágil de compra y/o alquiler de equipos en obra.
- Planificación diaria de las rutas de transporte.

- Mantener registros de atrasos en los suministros (madera, concretos, otros). Estos constituyen un respaldo para evaluar a los proveedores.
- Crear formatos de pedido de materiales a los almacenes.
- Ajustar los pedidos a almacenes con la capacidad de producción, o tomar medidas para modificar dicha capacidad.
- Definir el personal responsable de hacer los pedidos por cada etapa.
- En resumen, desarrollar mecanismos formales de planificación y control que integren la coordinación de las distintas etapas y procesos.

4.2.3.6 Método de trabajo.

Para realizar el análisis se toma la siguiente metodología:

- Definición de actividades a estudiar: Para centrar el estudio se definen actividades puntuales donde se pueda abordar todos los temas
- “El estudio de métodos es el registro sistemático y el examen crítico de los factores y recursos implicados en los sistemas existentes y proyectos de ejecución, como medio de desarrollar y aplicar métodos más efectivos y reducir costos”, definido por el El British Standard Glossary

Las etapas del proceso de análisis de métodos son las siguientes:

- 1) **Definir actividad que se quiere estudiar.** Para poder desarrollar el trabajo de forma estructurada, y sin sobrepasar un volumen de trabajo que no se pueda abordar, se deben establecer cuáles son las actividades que se van a estudiar.

Tabla 3. Actividades de ejecución para estudio.

CIMENTACIÓN- ESTRUCTURA
EXCAVACIÓN PARA ZAPATAS
ARMADO DE HIERRO DE ZAPATAS,
CONCRETO 3000 PSI PARA ZAPATAS
ARMADO DE HIERRO PARA VIGAS
ARRANQUES PARA COLUMNAS
RECEBO COMPACTADO
VIGAS DE AMARRE EN CONCRETO DE 3000 PSI
ACERO DE REFUERZO PARA COLUMNAS Y PANTALLAS
COLUMNAS EN CONCRETO DE 3000 PSI
PANTALLAS EN CONCRETO DE 3000 PSI
INSTALACIÓN DE RED HIDROSANITARIA
INSTALACIÓN DE RED ELÉCTRICA
MALLA ELECTROSOLDADA
PLACA DE CONTRAPISO EN CONCRETO DE 3000 PSI
ARMADO DE FORMALETA
AMARRE DE HIERRO PARA VIGAS Y VIGUETAS
INSTALACIÓN REDES HIDROSANITARIAS Y ELECTRICAS
INSTALACIÓN DE CASETON Y TESTEROS
INSTALACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA
TESTEROS
FUNDIDAD DE PLACA ENTREPISO EN CONCRETO DE 3000 PSI

Actividades extractadas del proyecto Nueva Sede Fundación Baudilio Acero

2) Analizar la actividad con detalles. En esta etapa se observan distintos aspectos de la actividad que se va a estudiar. Hay muchos aspectos que influyen directamente en el tiempo donde se medirá igualmente. Algunos de ellos son, por ejemplo, las técnicas empleadas para desarrollar el trabajo, herramientas, transportes.

Tabla 4. Listado de actividades detalladas

CIMENTACIÓN	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS	ACOPIO DE MATERIALES	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	DESARROLLO ACTIVIDAD	REGISTRO FOTOGRAFICO
CIMENTACIÓN - ESTRUCTURA					
EXCAVACIÓN PARA ZAPATAS	Transporte de mini excavadora	Se ubica lugar para disposición de material excavado en un lugar diferente a la obra	Mini excavadora	Se trazan ejes y posteriormente se fijan marcaciones para realizar excavación	
ARMADO DE HIERRO DE ZAPATAS,	Transporte de material desde fabrica a obra	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Barras Cizalla Bichiroque Flexómetro	Una vez se haya realizado despiece de hierro, se empieza a armar las canastas, verificando cantidades, diámetros, longitudes, amarres, ubicación de acuerdo a planos	
CONCRETO 3000 PSI PARA ZAPATAS	Transporte de concreto en mixer, por parte de concretera Colconcretos a obra	Una vez solicitado a la concretera, el concreto será vaciado en las zapatas	Autobomba vibrador de concreto Palas Flexómetro	Una vez se encuentre armado el hierro y formaletado se dispone a realizar actividad de vaciado y vibrado de concreto en este caso, concreto de 3000 psi	
ARMADO DE HIERRO PARA VIGAS	Transporte de hierro y flejes desde fabrica a obra	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Flexómetro Bichiroque Barra Cizalla	De acuerdo a los planos se realiza despiece de hierro verificando diámetros, longitudes, traslapes, ubicación	
ARRANQUES PARA COLUMNAS	Transporte de hierro y flejes desde fabrica a obra	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Flexómetro Bichiroque Barra Cizalla	Realizando actividad de amarre de hierro en vigas y de acuerdo a la ubicación en planos de las columnas se realiza la instalación de hierro para arranques de columnas verificando longitudes, diámetros, amarres	
RECEBO COMPACTADO	Transporte desde cantera a obra	Se designa sitio para descargue de material, donde se pueda acceder con facilidad	Rana compactadora Canguro	Se instalan capas de recebo y se realiza compactación verificando humedad del material, uniformidad, niveles y se toma ensayo de laboratorio	
VIGAS DE AMARRE EN CONCRETO DE 3000 PSI	Transporte de concreto en mixer, por parte de concretera Colconcretos a obra	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Autobomba vibrador de concreto Palas Flexómetro	Una vez inspeccionado que el hierro y la formaleta este bien ubicado, distribuido y apuntalado, se procede al vaciado del concreto e inspeccionando vibrado, compactación, nivel y posterior desencoframiento y curado	
ACERO DE REFUERZO PARA COLUMNAS Y PANTALLAS	Transporte de material desde fabrica a obra	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Flexómetro Bichiroque Barra Cizalla	De acuerdo a los planos se realiza despiece de hierro verificando diámetros, longitudes, traslapes, ubicación, además de encofrado	
COLUMNAS EN CONCRETO DE 3000 PSI	Transporte de concreto en mixer, por parte de concretera Colconcretos a obra	Una vez solicitado a la concretera, el concreto será vaciado en las columnas y pantallas	vibrador de concreto Palas Flexómetro Plomada Nivel	Después de verificar los niveles, plomos, apuntalamiento de encofrado se procede a vaciar el concreto realizando vibración y verificando niveles	
PANTALLAS EN CONCRETO DE 3000 PSI	Transporte de concreto en mixer, por parte de concretera Colconcretos a obra	Una vez solicitado a la concretera, el concreto será vaciado en las columnas y pantallas	vibrador de concreto Palas Flexómetro Plomada Nivel	Después de verificar los niveles, plomos, apuntalamiento de encofrado se procede a vaciar el concreto realizando vibración y verificando niveles	

INSTALACIÓN DE RED HIDROSANITARIA	Transporte de materiales desde almacén proveedor a obra	Una vez el material llegue a obra este es descargado por personal de obra, 2 personas en el punto de acopio - almacén de obra	Manómetro Flexómetro Nivel	De acuerdo a la ubicación de los planos se procede a realizar excavación para instalación de tubería sanitaria verificando cama de arena, distribución, longitud, pegamento de tuberías y accesorios, prueba de estanqueidad	
INSTALACIÓN DE RED ELÉCTRICA	Transporte de materiales desde almacén proveedor a obra		Flexómetro Nivel	De acuerdo a los planos se procede a instalar la red eléctrica	
MALLA ELECTROSOLDADA	Transporte de hierro y flejes desde fabrica a obra	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Flexómetro Bichiroque Barra Cizalla	Una vez se encuentre actividad completa de instalación de tubería sanitaria y recebo compactado, se procede a la instalación de malla electrosoldada verificando amarres y traslajos	
PLACA DE CONTRAPISO EN CONCRETO DE 3000 PSI	Transporte de concreto en mixer, por parte de concretera Colconcretos a obra	Una vez solicitado a la concretera, el concreto será vaciado en la placa de contrapiso	Autobomba vibrador de concreto Palas Boquilleras Flexómetro Nivel	Se inicia instalando guías para verificar espesores y niveles, luego se instala el concreto y se realiza vibrado y se verifica nivel de la placa	
ARMADO DE FORMALETA	Se realiza transporte de equipo (cerchas, parales, crucetas, camillas) de bodega de almacenamiento a obra	Una vez llegue a obra se realiza descargue realizando inventario de la cantidad y estado del equipo a instalar	Parales Crucetas Cerchas Camillas Martillo Flexómetro Plomada Nivel	Una vez se tiene el equipo en obra se inicia armado de placa con la instalación de parales, cerchas, crucetas y camillas inspeccionando ubicación, apuntalamientos, amarres, verticalidad de parales, seguros, etc.	
AMARRE DE HIERRO PARA VIGAS Y VIGUETAS	Transporte de materiales (varillas, flejes, alambre)	Se destina un área para acopio de material, donde se cubre y se protege de la intemperie, se asigna 5 personas para descargue y acopio de hierro	Barras Cizalla Bichiroque Pulidora	De acuerdo al diseño se inicia la actividad verificando ejes, cantidades, diámetros, distribución, amarres, de varilla y flejes para vigas y viguetas	
INSTALACIÓN REDES HIDROSANITARIAS Y ELECTRICAS	Transporte de tubería hidrosanitaria y eléctrica de almacén a obra	Se dispone de punto de acopio en almacén de la obra, inspeccionando cantidad, diámetros y estado	Flexómetro Nivel Manómetro	Una vez se encuentre el material en obra se dispone a realizar su instalación, verificando ubicación, cantidad, diámetros de acuerdo al diseño	
INSTALACIÓN DE CASETON Y TESTEROS	Transporte de casetón desde punto de construcción de casetón a obra	Una vez el proveedor entregue el casetón se descarga en obra para su posterior instalación, este descargue es por cuenta del proveedor	Martillo Barra	Una vez armado la estructura de vigas y viguetas, se procede con la instalación de casetón verificando que cumplan las medidas y su fijación	
INSTALACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA	Transporte de material de fabrica a obra	Una vez el material llegue a obra este es descargado por personal de obra, 3 personas en el punto de acopio	Flexómetro Bichiroque Barra Cizalla	Después de instalado el casetón se procede a instalar malla electrosoldada, inspeccionando traslajos, amarres, recubrimiento	
TESTEROS	Transporte de aserrió y bodega a obra de la madera y laminas metálicas	Una vez llegue a obra, se dispone de acopio para madera y laminas metálicas	Martillo Plomada de punto	Se verifica espesor de placa, alineación, fijación, apuntalamiento, plomos y recubrimiento	
FUNDIDAD DE PLACA ENTREPISO EN CONCRETO DE 3000 PSI	Transporte de concreto en mixer por parte del proveedor Col concretos hacia obra	Una vez llegue el concreto a obra se dispone al descargue con autobomba	Autobomba vibrador de concreto Palas Boquilleras Flexómetro Nivel	Se controla vaciado del concreto, vibrado, recubrimiento, toma de muestras para ensayo de laboratorio, niveles	

3) Diagrama del flujo del proceso. Para obtener un estudio profundo, hay que descomponer el proceso complejo en elementos simples.

Hay que determinar, por tanto, cuáles van a ser estos elementos, que posteriormente serán sometidos a la medición del tiempo.

Una vez completadas estas tres etapas, se puede proceder a tomar tiempos de cada uno de los elementos simples en los cuales se ha descompuesto la actividad.

Según McCaffer y Harris (1999 p 40), en la ejecución de las actividades surgen muchas situaciones, que se podrían identificar y mejorar al introducir un estudio de métodos de trabajo.

Dichas situaciones podrían identificar con los siguientes síntomas:

- Recurrir a un exceso de horas extras laborables
- Si existen cuellos de botella en el flujo de materiales
- Un excesivo desperdicio de materiales
- Frecuentes averías en la maquinaria
- Trabajos que provocan agotamiento físico
- Un programa atrasado
- Mala calidad en la ejecución de los trabajos
- Retrasos provocados por los subcontratistas, o subcontratistas afectados por retrasos
- Excesivos fallos y errores
- Escasez de recursos
- Información insuficiente
- Obra congestionada

- Malas condiciones de trabajo
- Costos excesivos
- Alta rotación de personal
- Trabajos temporales mal programados
- Mala distribución de la obra
- Ausencia del contratista
- Falta de comunicación y coordinación de las actividades
- Rotación de personal

El procedimiento del estudio de métodos se emplea para analizar y reducir dichos problemas en la medida de lo posible.

4.2.3.7 Medición de trabajo.

“La Medición del Trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida” (OIT).

La importancia de la Medida del Trabajo no sólo se limita a su necesidad para poder llevar a cabo un adecuado análisis de los métodos de trabajo, sino que también es una parte fundamental para desarrollar el enfoque de distintos aspectos del proceso productivo en el proceso de la obra, como son:

- Programación de las actividades, determinando hitos y plazos de comienzo y finalización de las actividades. Se puede establecer también el plazo de entrega del proyecto terminado.

- Distribución de los recursos, esto es, dimensionado de los equipos necesarios para desarrollar las actividades en el tiempo previsto.
- Cálculo de costos, estimando el presupuesto de la obra de forma ajustada.

Es necesario determinar los tiempos de ejecución de las distintas actividades u operaciones que se desarrollan en la obra, para poder planificar su desarrollo. Sin embargo, no es habitual que en una obra constructora exista un departamento dedicado al análisis de los métodos de trabajo y sus respectivas medidas de tiempo.

5. Metodología

En el desarrollo de este trabajo, se pretende implantar un proceso de análisis de métodos de trabajo y medida de tiempos que pueda mejorar la productividad en las obras de construcción. Se pretende establecer los tiempos estándares de trabajo para actividades de cimentación y estructura desarrolladas en la obra.

El tiempo estándar de trabajo es la cantidad de tiempo necesaria para realizar un trabajo o parte del mismo. Sólo cuando existen tiempos estándares de trabajo precisos, se puede conocer cuáles son las necesidades de mano de obra, cuál debe ser su costo y qué constituye una jornada laboral justa. Para establecer los tiempos de las actividades, éstas son sometidas a una medida de tiempos a pie de obra.

Para llevar a cabo la medida de los tiempos, la primera decisión a tomar es elegir el instrumento que se va a utilizar para esta medida. Esta elección tiene que tener en cuenta los siguientes factores, esenciales para una correcta toma de tiempos:

- **Precisión:** entendida como el grado en que concuerdan las distintas medidas de un mismo fenómeno al aplicar repetidas veces un mismo instrumento para medir. Es, por tanto, precisión de los instrumentos de medida empleados.
- **Exactitud:** se entiende como el grado en que el valor obtenido se acerca al valor real del fenómeno medido.

- **Fiabilidad:** es el grado en que los valores obtenidos de una muestra se acercan al valor real de la población de la que ha sido extraída la muestra.

Tanto para la precisión como para la exactitud de los instrumentos de medida debe tenerse en cuenta que en el caso de la medida del trabajo, además de los instrumentos materiales (relojes, cronómetros...), interviene el elemento humano. Este elemento tiene una gran importancia, muchas veces decisiva, en las características de los resultados. Depende, en gran medida, de las condiciones a las que esté expuesto, y de la experiencia que presente en la toma de tiempos.

Para el control de manejo de presupuesto se va a emplear un software llamado OPUS, diseñado para solucionar en forma integral las necesidades de compañías contratistas, constructoras, consultoras y de proyectos, en todo tipo de obras arquitectónicas, infraestructura, sector eléctrico y energético, minería, hidrocarburos, profesionales independientes, universidades, así como para las entidades de gobierno.

Su plataforma de desarrollo bajo tecnología **.NET** y su motor de base de datos en **SQL SERVER**, permite de manera sencilla acceder a escenarios de trabajo colaborativos, es decir, varios usuarios resolviendo de manera simultánea la integración de una propuesta, sobre condiciones de redes locales tipo WLAN (wireless local área network), LAN (local área network) ó VPN (virtual private network), aprovechando al máximo los recursos de los que disponga una empresa.

OPUS, es el único sistema que permite manejar ilimitado número de niveles para poder presupuestar cualquier cantidad de agrupadores y actividades tomadas de la WBS para generar el CAPEX y el OPEX dentro del proceso de gestión de proyectos.

Cuenta además, con las herramientas que disminuyen significativamente la cantidad de tiempo y recursos que se emplean en la elaboración de una propuesta técnico económica, ya que permite resolver desde el cálculo de las volumetrías (números generadores de cantidades de obra), tomadas desde Excel ó cuantificadas directamente a través de nuestro visor desde los planos en AutoCAD, hasta la impresión de reportes acordes con los formatos que utilizan las entidades en general, pasando por cálculos indispensables como la explosión de insumos (total ó parcial), la integración de los gastos indirectos (administración, imprevistos ó riesgos, financiamiento, utilidad y otros cargos adicionales), teniendo en cuenta que estos últimos se aplican sobre hojas de cálculo con la versatilidad de adaptarse a cualquier modelo pre establecido que se requiera y finalmente, generando a través del procesamiento lógico información dinámica, verídica y de gran utilidad para tomar decisiones gerenciales respecto de los análisis cuantitativo y cualitativo de cada obra.

Según el PMI (Project Management Institute) el Método del Valor Ganado (valor obtenido, realizado o alcanzado), compara la cantidad de trabajo PLANEADO contra lo que realmente se ha TERMINADO para determinar si el COSTO, el PLAN y el TRABAJO REALIZADO están llevándose a cabo de acuerdo con lo planeado.

5.1 Formatos recolección de información

Es indispensable la utilización de formatos preestablecidos e impresos, lo cual resulta mucho más cómodo tanto para su anotación como para su posterior procesamiento y ubicación en archivo. Además, el empleo de formularios facilita el seguimiento de un método, resultando más complicada la omisión de algún dato esencial.

Se pueden clasificar en dos grupos: formatos para la toma de datos a pie de obra y formatos para análisis y resultados de los datos. Se va a optar en este trabajo por una serie de formatos formados por varias hojas, donde se recogen datos esenciales del estudio.

5.2 Tiempos de ejecución de actividades de cimentación y estructura

En la siguiente tabla se tomó datos referentes a las actividades de ejecución compuestas de cimentación y estructura, identificando los tiempos empleados en minutos, además se controló el tiempo que se toma una cuadrilla en la toma de tiempos de descanso

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																							
FECHA PROGRAMACIÓN		04/04/2017			A			10/04/2017																	
ACTIVIDAD		CIMENTACIÓN																							
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO ALMUERZO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO ONCES (MIN)					
	4	5	6	7	8	10		4	5	6	7	8	10	4	5	6	7	8	10	4	5	6	7	8	10
Charla 5 min	10	10	15	10	10		Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	55		90	30	30	35	30	20	30
Capacitación manipulación de herramientas de mano						30	Replanteo	60	50	40	30	20	35												
							Traslado de material acopio - obra	110	45	30	55	30	115												
							Excavación manual ejes A4, B4, C4, D4	203	245		345	246													
							Solado de limpieza para zapatas de ejes A1,2,3,4 - B1,2,3,4 - C1,2,3,4 - D1,2,3,4	78	82		98	60													
							Acero de refuerzo para zapatas de ejes A1,2,3,4 - B1,2,3,4 - C1,2,3,4 - D1,2,3,4	34	63		78	37													
TOTALES	10	10	15	10	10	30		500	495	485	478	300	485	60	65	60	55	0	90	30	30	35	30	20	30

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																							
FECHA		11/04/2017			A			17/04/2017																	
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																							
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES					
	11	12	13	14	15	17		11	12	13	14	15	17	11	12	13	14	15	17	11	12	13	14	15	17
Charla 5 min	10	13	15	12	10	15	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	63	60	65	60		66	40	30	35	35	25	30
							Armado e instalación de formaleta para zapatas de ejes A4,3 - B4,3 - C3, 4 - D3, 4	60	50	40	30	20	35												
							Fundida en concreto de 3000 psi zapatas de ejes A4,3 - B4,3 - C3, 4 - D3, 4	180		198		220													
							Armado e instalación de formaleta para zapatas de ejes A2,1 - B2,1 - C2, 1 - D2, 1	125	335	325	238	170	225												
							Fundida en concreto de 3000 psi zapatas de ejes A2,1 - B2,1 - C2, 1 - D2, 1																		
TOTALES	10	13	15	12	10	15		380	395	583	278	200	505	63	60	65	60	0	66	40	30	35	35	25	30

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																							
FECHA		18/04/2017						A	24/04/2017																
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																							
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES					
	18	19	20	21	22	24		18	19	20	21	22	24	18	19	20	21	22	24	18	19	20	21	22	24
Charla 5 min	12	15	10	12	15	15	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	65	65	60	55		58	32	28	35	15	15	35
							Armado e instalación de formaleta para pedestale en ejes A4,3 - B4,3 - C3, 4 - D3,4	60	50	40	30	20	35												
							Traslado de material (arena, grava, cemento)	20		56		70													
							Concreto de 3000 psi mezclado en obra para pedestales de columnas y pantallas de ejes A4,3 - B4,3 - C3, 4 - D3,4	125	135	225	238	270	125												
TOTALES	12	15	10	12	15	15		220	195	341	278	370	185	65	65	60	55	0	58	32	28	35	15	15	35

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																											
FECHA		25/04/2017						A	01/05/2017																				
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																											
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO							ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)							TIEMPO EMPLEADO							TIEMPO EMPLEADO ONCES						
	25	26	27	28	29	1	25		26	27	28	29	1	25	26	27	28	29	1	25	26	27	28	29	1				
Charla 5 min	15	10	12	15	10	10	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	64	65	60	55		70	25	30	35	40	20	25				
							Traslado de materiales (hierro)	60	50	40	30	20	35																
							Amarre de hierro para vigas de amarre																						
							Aramado e instalación de formaleta para vigas de amarre	425	435	425	450	270	580																
							Concreto de vigas de amarre en concreto de 3000 psi																						
TOTALES	15	10	12	15	10	10		500	495	485	490	300	640	64	65	60	55	0	70	25	30	35	40	20	25				

PROYECTO	FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO					
FECHA	02/05/2017	A	08/05/2017			
ACTIVIDAD	CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA					

ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES					
	2	3	4	5	6	8		2	3	4	5	6	8	2	3	4	5	6	8	2	3	4	5	6	8
Charla 5 min	10	10	15	10	12	35	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	70		90	30	30	35	30	20	30
Capacitación Ambiente laboral							Excavación manual para construcción de cajas de inspección y tubería sanitaria	460	475	435	433	240	420												
TOTALES	10	10	15	10	12	35		475	485	455	443	250	445	60	65	60	70	0	90	30	30	35	30	20	30

PROYECTO	FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO					
FECHA	09/05/2017	A	15/05/2017			
ACTIVIDAD	CIMENTACIÓN - ESTRUCTURA					

ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES					
	9	10	11	12	13	15		9	10	11	12	13	15	9	10	11	12	13	15	9	10	11	12	13	15
Charla 5 min	10	10	15	14	10	12	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	55		90	30	30	35	30	20	30
							Instalación de camas de arena	60	50	40	30	20	35												
							Construcción cajas de inspección	280	320	380	366	245	362												
							Instalación de tubería sanitaria	120	50	35	89	35	97												
TOTALES	10	10	15	14	10	12		475	430	475	495	310	519	60	65	60	55	0	90	30	30	35	30	20	30

PROYECTO	FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO					
FECHA	16/05/2017	A	22/05/2017			
ACTIVIDAD	ESTRUCTURA					

ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES					
	16	17	18	19	20	22		16	17	18	19	20	22	16	17	18	19	20	22	16	17	18	19	20	22
Charla 5 min	10	10	15	18	10	12	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	55		90	25	32	35	30	25	30
							Relleno de tubería	60	50	40	30	20	35												
							Traslado de materiales (tubería, accesorios de pvc)																		
							Instalación red hidráulica (incluye rellenos, cama de arena y puntos)																		
							Instalación red sanitaria (incluye rellenos, cama de arena y puntos)	425	435	425	438	270	425												
							Recebo compactado (Nivelación contrapiso)																		
TOTALES	10	10	15	18	10	12		500	495	485	478	300	485	60	65	60	55	0	90	25	32	35	30	25	30

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																									
FECHA		23/05/2017		A		29/05/2017																					
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																									
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES							
	23	24	25	26	27	29		23	24	25	26	27	29	23	24	25	26	27	29	23	24	25	26	27	29		
Charla 5 min	10	10	15	10	10	15	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	65	70	55	65		68	35	32	35	30	25	30		
							Instalación red eléctrica	60	50	40	30	20	35														
							Malla electrosoldada 4mm																				
							Placa de contrapiso en concreto de 3000 psi	425	435	425	438	270	425														
							Acero de refuerzo columnas y pantallas primer piso																				
							Columnas en concreto de 3000 psi primer piso																				
TOTALES	10	10	15	10	10	15		500	495	485	478	300	485	65	70	55	65	0	68	35	32	35	30	25	30		

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																									
FECHA		30/05/2017		A		05/06/2017																					
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																									
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES							
	4	5	6	7	8	10		30	31	1	2	3	5	30	31	1	2	3	5	30	31	1	2	3	5		
Charla 5 min	10	10	15	10	10		Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	55		90	30	30	35	30	20	30		
							Instalación de formaleta metalica para pantallas	230	240	320																	
Capacitación Trabajo seguro en alturas						40	Pantallas en concreto de 3000 psi primer piso	220	250	140																	
							transporte de formaleta (parales, cerchas, crucetas, camillas)				300	80															
							Armado de placa entrepiso				134	220	460														
TOTALES	10	10	15	10	10	40		465	500	480	444	310	485	60	65	60	55	0	90	30	30	35	30	20	30		

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																									
FECHA		06/06/2017		A		12/06/2017																					
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																									
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO						TIEMPO EMPLEADO ONCES							
	4	5	6	7	8	10		6	7	8	9	10	12	6	7	8	9	10	12	6	7	8	9	10	12		
Charla 5 min	10	10	15	10	10		Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	55		90	30	30	35	30	20	30		
							Transporte de materiales (hierro)	220	180	130																	
							Acero de refuerzo y malla electrosoldada para placa aligerada	270	286	302	450	300	476														
TOTALES	10	10	15	10	10	30		505	476	452	460	310	501	60	65	60	55	0	90	30	30	35	30	20	30		

PROYECTO		FUNDACIÓN BAUDILIO ACERO																							
FECHA		13/06/2017				A		19/06/2017																	
ACTIVIDAD		ESTRUCTURA																							
ACTIVIDADES SISO	TIEMPO EMPLEADO						ACTIVIDADES EJECUTADAS	TIEMPO EMPLEADO (MIN)						TIEMPO EMPLEADO ONCES											
	4	5	6	7	8	10		13	14	15	16	17	19	13	14	15	16	17	19	13	14	15	16	17	19
	10	10	15	10	10	18	Alistamiento y traslado de herramienta	15	10	20	10	10	25	60	65	60	55		90	30	30	35	30	20	30
							Instalación de casetón y red hidrosanitaria y electrica	60	50	40	30	20	35												
							Placa aligerada en concreto de 3000 psi	425	435	425	438	270	425												
TOTALES	10	10	15	10	10	18		500	495	485	478	300	485	60	65	60	55	0	90	30	30	35	30	20	30

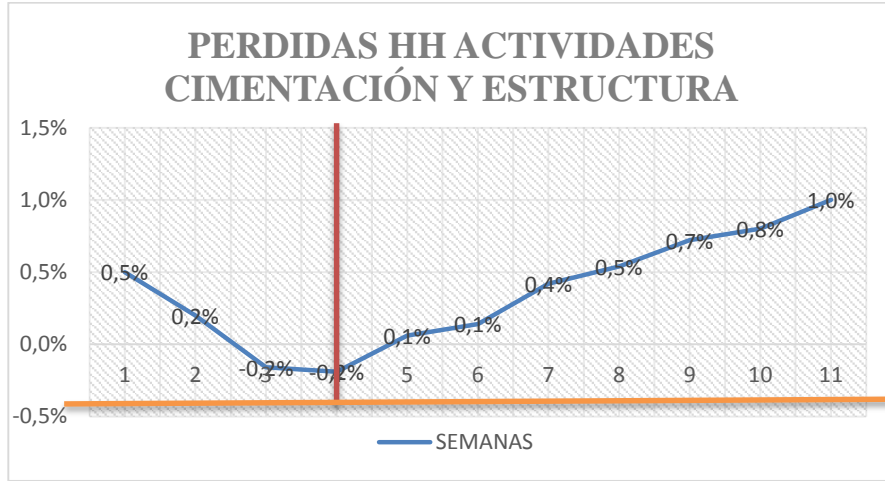
		TOTAL TIEMPO PERDIDO(MIN)						% TIEMPO PERDIDO					
		4	5	6	7	8	10	4	5	6	7	8	10
SEMANA 1	DIA	4	5	6	7	8	10	4	5	6	7	8	10
	TIEMPO	0	0	5	27	-30	-35	0%	0%	1%	5%	-10%	-6%
SEMANA 2	DIA	11	12	13	14	15	17	11	12	13	14	15	17
	TIEMPO	-13	2	0	15	-35	4	-2%	0%	0%	3%	-6%	1%
SEMANA 3	DIA	18	19	20	21	22	24	18	19	20	21	22	24
	TIEMPO	-9	-3	10	40	-30	7	-2%	-1%	2%	7%	-5%	1%
SEMANA 4	DIA	25	26	27	28	29	1	25	26	27	28	29	1
	TIEMPO	-4	0	8	0	-30	-145	-1%	0%	1%	0%	-5%	-24%
SEMANA 5	DIA	2	3	4	5	6	8	2	3	4	5	6	8
	TIEMPO	25	10	35	47	18	0	4%	2%	6%	8%	3%	0%
SEMANA 6	DIA	9	10	11	12	13	15	9	10	11	12	13	15
	TIEMPO	25	65	15	6	-40	-51	4%	11%	3%	1%	-7%	-9%
SEMANA 7	DIA	16	17	18	19	20	22	16	17	18	19	20	22
	TIEMPO	5	-2	5	19	-35	-17	1%	0%	1%	3%	-6%	-3%
SEMANA 8	DIA	23	24	25	26	27	29	23	24	25	26	27	29
	TIEMPO	-10	-7	10	17	-35	2	-2%	-1%	2%	3%	-6%	0%
SEMANA 9	DIA	30	31	1	2	3	5	30	31	1	2	3	5
	TIEMPO	35	-5	10	61	-40	-45	6%	-1%	2%	10%	-7%	-8%
SEMANA 10	DIA	6	7	8	9	10	12	6	7	8	9	10	12
	TIEMPO	-5	19	38	45	-40	-51	-1%	3%	6%	8%	-7%	-9%
SEMANA 11	DIA	13	14	15	16	17	19	13	14	15	16	17	19
	TIEMPO	0	0	5	27	-30	-23	0%	0%	1%	5%	-5%	-4%

Una vez tabulada la información se evidencia que desde la semana 2 a la 4 hay pérdida de tiempo de horas hombres trabajados, porque se presentó reproceso en las actividades de pedestales de columnas en concreto de 3000 psi y armado de formaleta para vigas de amarre por lo siguiente:

- **Pedestales en concreto de 3000 psi.** El concreto para este elemento es de característica mezclado en obra, pero se falló en el diseño de la mezcla por que no se tuvo en cuenta las proporciones especificadas para este tipo de concreto, una vez recibido los resultados de laboratorio se verifico que la resistencia no cumplía y se debió demoler el elemento en los eje B1,C1,D1 y posteriormente fundir los elementos.
- **Armado de formaleta para vigas de cimentación.** Se evidenció que la madera que se estaba utilizando para la formaleta de las vigas de cimentación no estaba óptima para su instalación ya que no presentaba uniformidad, mal apuntalamiento, espacios en las uniones de la madera y era evidente que al momento de fundir las vigas con concreto esta formaleta presentaría quebrantamiento de los amarres y se presentarían perdidas económicas, tiempo, materiales, mano de obra.

Después de que se presentara estos productos no conformes, se tomaron acciones para evitar que por mala planeación y seguimiento se presentaran afectaciones en la ejecución de las siguientes actividades, es por ello que se implementó un documento donde se analiza con detalle las actividades antes de su ejecución. Ver anexo 1 Control e inspección de actividades.

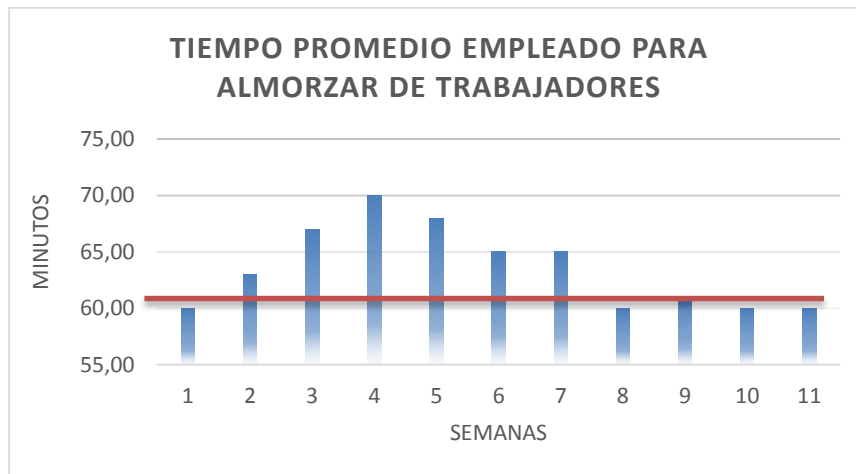
Figura 8. Rendimiento horas hombre cimentación y estructura



Como se evidencia en la gráfica a partir de la semana 5 se mejoró el rendimiento de las horas hombre trabajadas reflejándose que se optimizó el recurso de seguimiento de las siguientes actividades

- **Tiempo promedio utilizado para toma de descansos de trabajadores.** Es de gran importancia cuantificar el tiempo empleado en la salida de los trabajadores a sus tiempos de descanso, ya que se evidencia que el incumplimiento a estos horarios acarrearán pérdidas en tiempo afectando la programación de la obra, además que se genera un ambiente de desorden y malestar en el grupo de trabajo o cuadrilla.

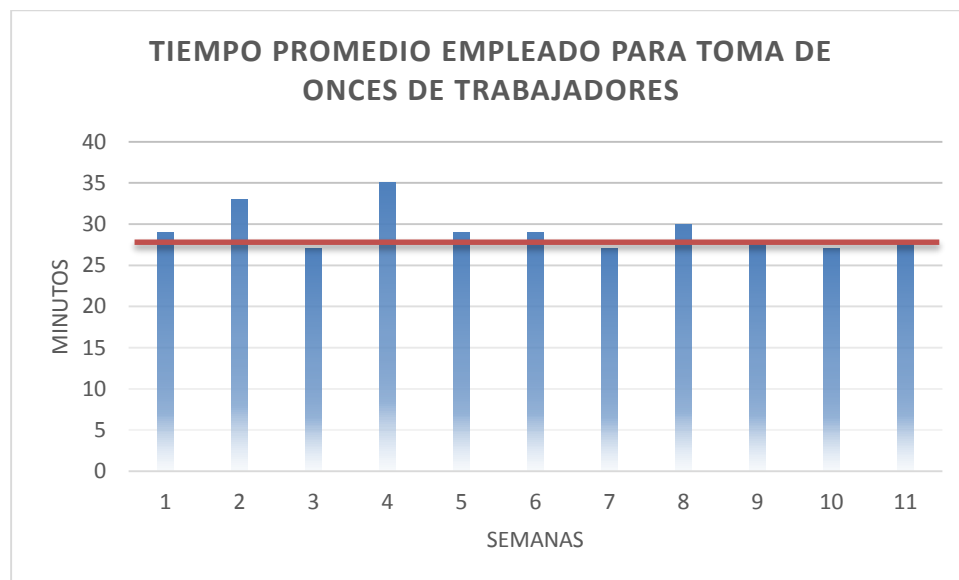
Figura 9. Tiempo de almuerzo trabajadores



De la toma de tiempos empleados por los trabajadores en las actividades de cimentación y estructura, se evidencio que durante la semana del 3 al 7 se presentaron ausencias del personal una vez se iniciaba la jornada laboral, ya que se tomaban más tiempo a la hora de almuerzo y se reducía el tiempo para la ejecución correcta de las actividades de obra.

Después de este diagnóstico se inició junto con el contratista, quien es la persona encargada del personal de obra en realizar seguimiento a la hora de salida y entrada del personal en este horario, registrado los tiempos

Figura 10. Tiempo refrigerio trabajadores



6. Evaluación de los procesos de ejecución de las actividades de cimentación y estructura

6.1 Actividades programadas vs ejecutadas

De acuerdo a la programación de obra se tiene fecha inicio de actividad de cimentación y estructura el día 04 de Abril de 2017 y terminación 19 de Junio de 2017, una vez realizado el seguimiento de las actividades se evidencio que hubo semanas donde se presentó atrasos de obra, pero con la metodología propuesta se logró nivelar y terminar en el tiempo programado hasta la actividad de placa de entrepiso objeto de este proyecto.

Inicialmente se tiene una programación en Project donde nos indica fecha de inicio, tiempos de ejecución de cada actividad, secuencia de las actividades y fecha de terminación, como lo muestra la figura 10

Luego de identificar los tiempos de ejecución se procede a realizar un cronograma de actividades donde se estructura de acuerdo a semanas, dando como resultado 11 semanas de ejecución, para así poder realizar un seguimiento generalizado, reflejado en la figura 11 que aparece a continuación.

Figura 11. Programación en Project de ejecución de actividades

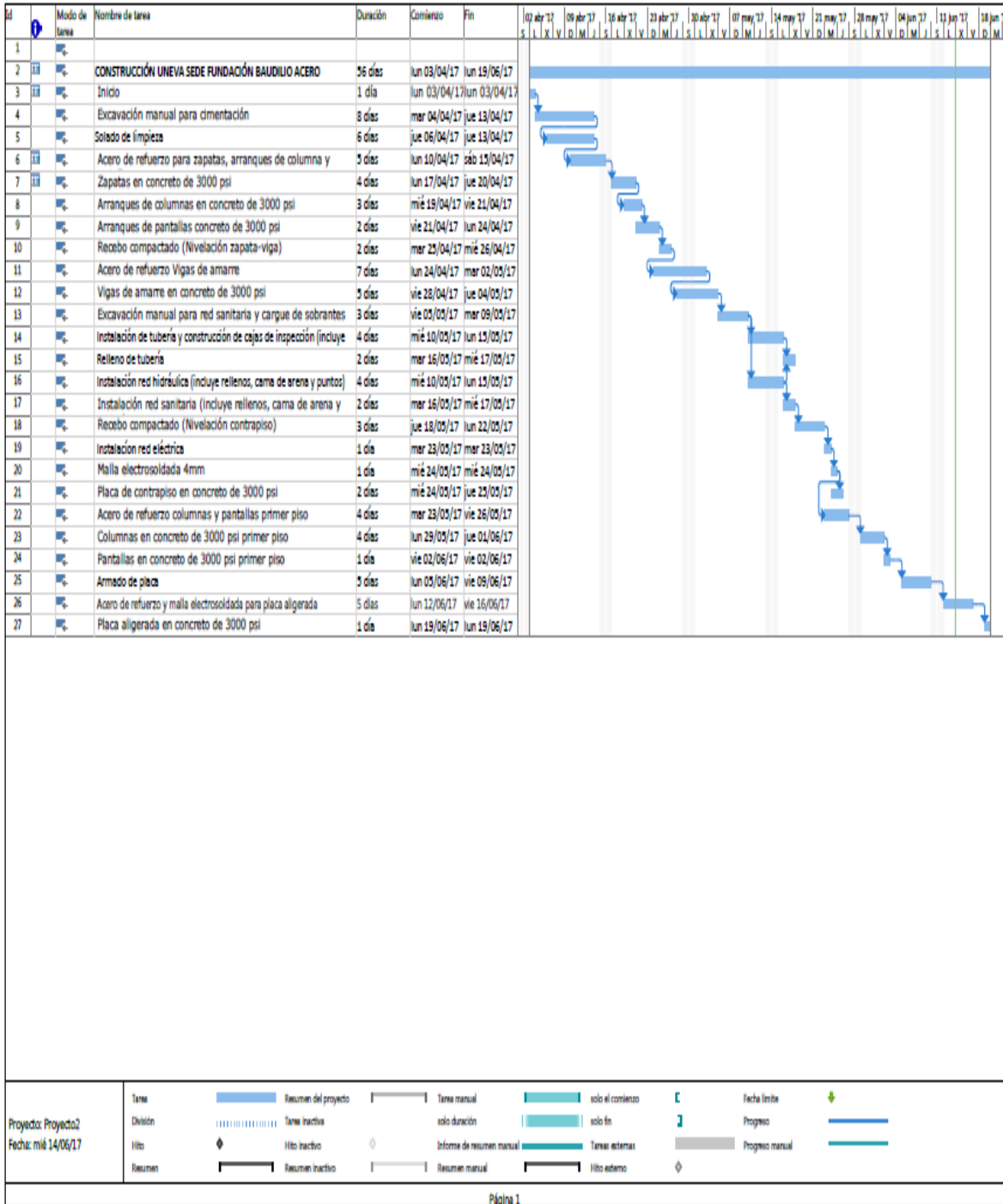
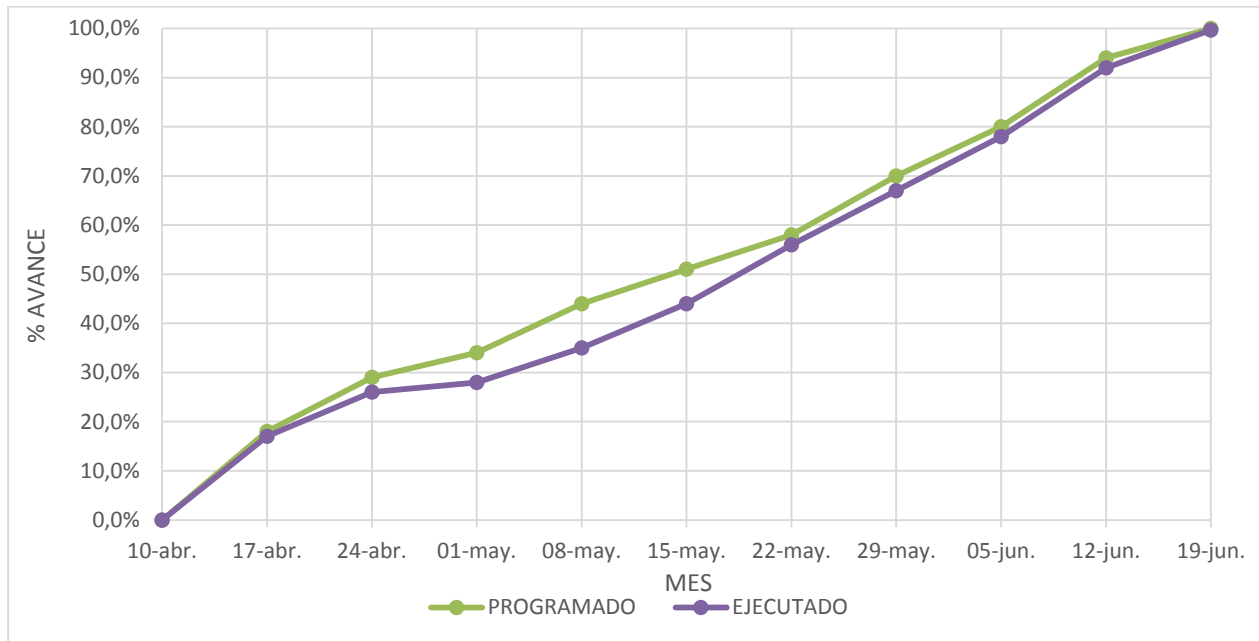


Figura 12. Cronograma de Actividades de la obra

OBRA: Construcción Nueva Sede Fundación Baudilio Acero - Sogamoso		PLANIFICACION INTERMEDIA 11 SEMANAS											ACTIVIDAD LIBERADA		ESTADO DEL PROCESO
		SEMANAS													
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	SI	NO	
Excavación manual para cimentación	Residente de Obra	█											X		
Solado de limpieza	Residente de Obra	█											X		
Acero de refuerzo para zapatas, arranques de columna y pantallas	Residente de Obra	█											X		
Zapatas en concreto de 3000 psi	Residente de Obra		█										X		
Pedestales de columnas en concreto de 3000 psi	Residente de Obra			█										X	
Pedestales de pantallas concreto de 3000 psi	Residente de Obra			█										X	La actividad queda liberada una vez se reemplace el concreto que no cumplió la resistencia
Recebo compactado (Nivelación zapata-viga)	Residente de Obra				█								X		
Acero de refuerzo Vigas de amarre	Residente de Obra				█								X		
Vigas de amarre en concreto de 3000 psi	Residente de Obra				█									X	Se debe reemplazar la formaleta en mal estado para revisión y aprobación
Excavación manual para red sanitaria y cargue de sobranes	Residente de Obra					█							X		
Instalación de tubería y construcción de cajas de inspección (incluye rellenos, cama de arena y puntos)	Residente de Obra						█						X		
Instalación red hidráulica (incluye rellenos, cama de arena y puntos)	Residente de Obra							█					X		
Instalación red sanitaria (incluye rellenos, cama de arena y puntos)	Residente de Obra							█					X		
Recebo compactado (Nivelación contrapiso)	Residente de Obra							█					X		
Instalación red eléctrica	Residente de Obra								█				X		
Malla electrosoldada 4mm	Residente de Obra								█				X		
Placa de contrapiso en concreto de 3000 psi	Residente de Obra									█			X		
Acero de refuerzo columnas y pantallas primer piso	Residente de Obra										█		X		
Columnas en concreto de 3000 psi primer piso	Residente de Obra											█	X		
Pantallas en concreto de 3000 psi primer piso	Residente de Obra												X		
Armado de placa	Residente de Obra												X		
Acero de refuerzo y malla electrosoldada para placa aligerada	Residente de Obra												X		
Placa aligerada en concreto de 3000 psi	Residente de Obra												X		

Con base en la anterior información de las tablas 10 y 11, se procede a realizar el seguimiento de las actividades programadas vs ejecutadas mediante porcentaje de avance, reflejando así dos curvas donde indica gráficamente la desviación presentada.

Figura 13. Actividades programadas vs ejecutadas mediante porcentaje de avance



Lo que se representa en esta grafica es de gran importancia ya que muestra semana a semana el porcentaje de avance referente a las fechas inicialmente programadas evidenciando las actividades críticas para así buscar estrategias para recuperar el tiempo perdido.

6.2 Aplicación de OPUS al proyecto nueva sede Fundación Baudilio Acero

Opus es un software creado para resolver los requerimientos de integración de presupuestos con base en análisis de precios unitarios a partir de un catálogo de matrices. Administra los catálogos de herramientas, equipos, materiales, transportes y mano de obra, permitiendo la explosión de insumos, los paretos de conceptos, generando los programas de obra y suministros, así como los reportes de impresión bajo formatos específicos.

6.2.1 Presupuesto. A continuación se presentan pantallazos de la aplicación de Opus al proyecto Nueva sede Fundación Baudilio Acero

Figura 14. Pantallazo en OPUS para crear presupuesto

Nivel	ete	Tipo	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3		Concepto	01.02	Excavación manual	M3	88.80	\$27,250.67	\$2,419,859.50
3		Concepto	01.03	Cargue y retiro de material	M3	385.10	\$14,801.19	\$5,699,938.27
3		Concepto	01.04	Recibo compactado (No incluye llenos)	M3	84.40	\$53,756.37	\$4,537,037.63
2		Subcapítulo	02	CIMENTACION - ESTRUCTURA				\$102,215,004.30
3		Concepto	02.01	Soldado de limpieza de 2500 psi	M3	1.90	\$518,465.12	\$985,083.73
3		Concepto	02.02	Zapatas en concreto de 3000 psi	M3	9.50	\$667,537.41	\$6,341,605.40
3		Concepto	02.03	Vigas de amarre en concreto de 3000 psi	M3	21.00	\$733,953.28	\$15,413,018.88
3		Concepto	02.04	Placa de contrapiso e=0.08m, en conc	M2	366.20	\$49,593.43	\$18,161,114.07
3		Concepto	02.06	Pantallas concreto de 3000 psi	M3	3.20	\$848,892.22	\$2,716,455.10
3		Concepto	02.07	Columnas concreto de 3000 psi	m3	14.70	\$824,996.87	\$12,127,453.99
3		Concepto	02.08	Placa aligerada h=40cm, en concreto di	M2	325.40	\$142,809.69	\$46,470,273.13

C	Clave	D	R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
	M002			CONCRETO 3000 PSI	m3	0.15000	\$363,856.00	\$54,578.40
	EQ005			AUTOBOMBA	M3	0.15000	\$41,509.00	\$6,226.35
	AUX003			PRUEBAS DE LABORATORIO	UND	0.02000	\$15,347.00	\$306.94
	M008			CASETÓN	M2	0.90000	\$7,500.00	\$6,750.00
	M003			REPISA ORDINARIA 3M	ML	2.00000	\$1,194.00	\$2,388.00
	M004			TABLA BURRA ORDINARIO 0.30M	ML	1.00000	\$5,513.00	\$5,513.00

Opus permite a partir de APU crear el presupuesto de obra referenciado por capítulos, subcapítulos donde se crea para cada actividad y se calcula rendimiento y el valor de acuerdo a la ejecución.

OPUS es considerado por muchos ingenieros de costos como el único sistema para analistas de precios unitarios ya que, precisamente, es el sistema que muestra la información del presupuesto de forma jerárquica, y al mismo tiempo y sin salir de la misma vista del presupuesto, presenta el detalle de cada concepto y el origen de cada cálculo de forma completa.

Al integrar un precio unitario y hacer la composición de sus recursos, es evidente la ayuda que brinda en su análisis lo anterior. Al analizar un precio unitario, la cantidad a utilizar de la mano de obra será el inverso a su rendimiento; Así, 1 (uno) sobre la cantidad que hará esa mano de obra (puede ser una cuadrilla), de ese concepto particular, en un período determinado (puede ser jornada) nos da el inverso al rendimiento. Es decir: Uno (1) sobre la cantidad que ejecuta la cuadrilla en una jornada nos arroja la cantidad por la unidad del concepto, y se hace así porque precisamente analizamos el precio por unidad de concepto y por eso es llamado precio unitario.

Figura 15. Pantallazo para programación de materiales en OPUS

Clave	Tipo	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Fecha	Familia
AUX003	MAT.	PRUEBAS DE LABORATORIO	UND	\$ 15,347.00	15/Jun/2017	
EQ011	MAT.	CERCHA METALICA	UND	\$ 453.00	15/Jun/2017	
M001	MAT.	CONCRETO 2500 PSI	M3	\$ 322,499.00	15/Jun/2017	
M002	MAT.	CONCRETO 3000 PSI	m3	\$ 363,856.00	15/Jun/2017	
M003	MAT.	REPISA ORDINARIA 3M	ML	\$ 1,194.00	15/Jun/2017	
M004	MAT.	TABLA BURRA ORDINARIO 0.30M	ML	\$ 5,513.00	15/Jun/2017	
M005	MAT.	PUNTILLA C/ CABEZA 2"	LB	\$ 2,100.00	15/Jun/2017	
M008	MAT.	CASETÓN	M2	\$ 7,500.00	15/Jun/2017	
R001	MAT.	RECEBO COMUN	M3	\$ 22,789.00	15/Jun/2017	
T0010	MAT.	TRANSPORTE DE RETROEXCAVADORA	VJ	\$ 200,000.00	15/Jun/2017	

Opus permite tener un catálogo de materiales de la obra donde se identifica unidad, costos y se referencia por claves para fácil ubicación y fecha de creación

Figura 16. Pantallazo para programación uso de equipos en OPUS

Clave	Tipo	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Fecha	Familia
E0001	EQUI	EXCAVADORA	HR	90,000.00	15/Jun/2017	
E0002	EQUI	MINICARGADOR	hora	60,000.00	15/Jun/2017	
E0003	EQUI	VOLQUETA 7 M3	hora	50,000.00	15/Jun/2017	
E0004	EQUI	RAÑA	hora	50,000.00	15/Jun/2017	
E0005	EQUI	AUTOBOMBA	M3	41,509.00	15/Jun/2017	
E0006	EQUI	VIBRADOR A GASOLINA	DD	40,000.00	15/Jun/2017	
E0008	EQUI	FORMALETA PARA COLUMNA	ML	6,552.00	15/Jun/2017	
E0009	EQUI	PARAL TELESCÓPICO	UND	303.00	15/Jun/2017	
E0010	EQUI	FORMALETA PARA PANTALLA	M2	14,768.00	15/Jun/2017	
E0012	EQUI	ANDAMIO TUBULAR	DD	2,000.00	15/Jun/2017	
E0013	EQUI	MALACATE DE 250 KG	DD	100,000.00	15/Jun/2017	
E0014	EQUI	FORMALETA ENTREPISO	MS	7,000.00	15/Jun/2017	

Al igual que los materiales se tiene un catálogo para equipos donde se idéntica su valor unidad y se referencia por medio de claves

Figura 17. Pantallazo Programación de mano de obra en OPUS

Clave	Descripción	Unidad	Salario Nominal	Sal. Base M.N.	%IMSS	FSR	Salario Real	Salario	Fecha	Familia
MO0006	OFICIAL GENERAL	jor	0.00000	0.00		1.220000	\$0.00	0.00	15/Jun/2017	
MO0007	OFICIAL INSTALACIONES	jor	0.00000	0.00		1.220000	\$0.00	0.00	15/Jun/2017	
MO0001	MANO DE OBRA AA	HC	274.29169	14,425.00	0.017460	1.347230	\$19,433.79	19,433.79	15/Jun/2017	
MO0012	OFICIAL PINTURA	jor	0.00000	0.00		1.220000	\$0.00	0.00	15/Jun/2017	
MO0046	OFICIAL ELECTRICO	jor	0.00000	0.00		1.220000	\$0.00	0.00	15/Jun/2017	
MO0049	OFICIAL HIDROSANITARIO	jor	0.00000	0.00		1.220000	\$0.00	0.00	15/Jun/2017	

Figura 18. Pantallazo Programación de auxiliares en OPUS

Clave	Tipo	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Fecha	Familia
AUX0005	AUX	SEGURIDAD SOCIAL		0.00	15/Jun/2017	
AUX007	AUX	TRANSPORTES	VJ	90,000.00	15/Jun/2017	
HE001	AUX	HERRAMIENTA MENOR	%	133,118.00	15/Jun/2017	

Figura 19. Pantallazo Programación de CONCEPTOS – ACTIVIDADES

Clave	Tipo	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Fecha	Familia
01.01	CON	Excavación mecánica	M3	9,387.26	15/Jun/2017	
01.02	CON	Excavación manual	M3	27,250.67	15/Jun/2017	
01.03	CON	Cargue y retiro de material	M3	14,801.19	15/Jun/2017	
01.04	CON	Recebo compactado (No incluye llenos de	M3	53,756.37	15/Jun/2017	
02.01	CON	Solado de limpieza de 2500 psi	M3	518,465.12	15/Jun/2017	
02.02	CON	Zapatas en concreto de 3000 psi	M3	667,537.41	15/Jun/2017	
02.03	CON	Vigas de amarre en concreto de 3000 psi	M3	733,953.28	15/Jun/2017	
02.04	CON	Placa de contrapiso e=0.08m, en concret	M2	49,593.43	15/Jun/2017	
02.06	CON	Pantallas concreto de 3000 psi	M3	848,892.22	15/Jun/2017	
02.07	CON	Columnas concreto de 3000 psi	m3	824,996.87	15/Jun/2017	
02.08	CON	Placa aligerada h=40cm, en concreto de 3	M2	142,809.69	15/Jun/2017	

El Concepto contiene la cantidad a desarrollar del mismo en un presupuesto determinado y está analizado a nivel de Precio Unitario; es decir, además del Costo Directo un concepto puede contener los Sobrecostos: Indirecto, Financiamiento, Utilidad y otros cargos adicionales.

Los conceptos están analizado únicamente a Costo Directo. El Costo Directo es la suma de los cargos analizados de los recursos tipo: Material, Mano de Obra, Herramienta y Equipo. En determinadas ocasiones se integra al detalle del análisis, otro tipo de recursos como pueden ser los Fletes. Los Auxiliares (también llamados "Básicos") son una combinación de cualquiera de los anteriores y otras Matrices también se pueden utilizar como parte de la composición del Costo Directo.

Figura 20. Pantallazo Programación de asignación de actividades al contrato

OPUS Control - [Asignación de actividades a contrato]

Control Editar Vista Elemento Herramientas Formato Ventana ?

08/Jun/2017 Programa de obra REC

Asignación de actividades a contrato

Programa de obra:

Actividad	S	Concepto	Descripción	Inicio	Duración	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	2018
0	-	00	FBA	15/Jun/2017	0								
20	-	01	MOVIMIENTOS DE TIERRA - E	15/Jun/2017	0								
30	01.01		Excavación mecánica	15/Jun/2017	80d								
40	01.02		Excavación manual	15/Jun/2017	80d								
50	01.03		Cargue y retiro de material	15/Jun/2017	0								
70	01.04		Recebo compactado (No incl.	15/Jun/2017	0								

Contrato: MO001 Nuevo Datos Generales Pasar activ. sel. al contrato

Actividades del contrato: Costo del contrato: \$ 43941,115.68

ID	Concepto	Inicio	Término	Descripción	Unidad	Cantidad tope	Cantidad contratada	Precio tope	Precio pactado	Importe
40	01.02	15/Jun/2017	21/Jul/2017	Excavación manual	M3	88.800000	88.800000	\$ 31,919.83	\$ 31,919.83	\$ 2834,480.90
100	02.02	15/Jun/2017	07/Jul/2017	Zapatas en concreto de 300c	M3	9.500000	9.500000	\$ 641,763.56	\$ 641,763.56	\$ 6096,753.82
110	02.03	15/Jun/2017	19/Jul/2017	Vigas de amarre en concreto	M3	21.000000	21.000000	\$ 709,286.38	\$ 709,286.38	\$ 14895,013.98
120	02.04	15/Jun/2017	28/Jul/2017	Placa de contrapiso e=0.08n	M2	366.200000	366.200000	\$ 47,674.29	\$ 47,674.29	\$ 17458,325.00
140	02.06	15/Jun/2017	06/Jul/2017	Pantallas concreto de 3000 g	M3	3.200000	3.200000	\$ 830,169.37	\$ 830,169.37	\$ 2656,541.98

En opus control encontramos la opción de realizar corte de obra donde permite integrar y vincular estructuras u organigramas de los responsables de obra, de los trabajos que se tienen planeados con los contratistas y al avanzar los trabajos, reporta directo a una estructura de costos (Centro de Costos). Esta liga genera un verdadero control de obra sobre el tiempo y el dinero.

Figura 21. Pantallazo Programación de contratos

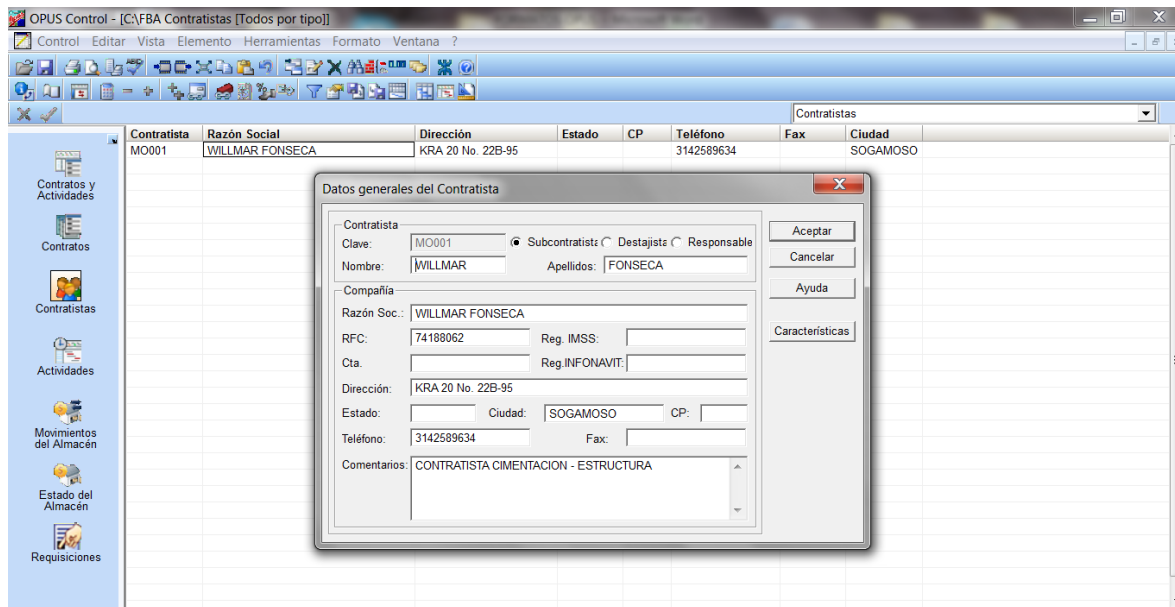
OPUS Control - [CAFA Contratos [Todos por contrato]]

Control Editar Vista Elemento Herramientas Formato Ventana ?

Contratos REC

Contrato	Contratista	Tipo	Descripción	Fecha	Costo
MO001	MO001	Subcontrato	CONTRATISTA MANO DE OBRA CIMENTACION - ESTRUCTURA	15/Jun/2017	\$ 43941,115.68

Figura 22. Pantallazo Programación de contratista



La subcontratación para delegar la ejecución de ciertas actividades de un proyecto, es altamente frecuente en el control de obras y proyectos, por tal motivo **OPUS** cuenta con las herramientas necesarias para integrar fácilmente los contratos que establezcan las condiciones de contratación con subcontratistas

En los contratos se establecen fechas, anticipos, fondo de garantía y manejo de insumos, este último es sumamente importante, ya que desde el contrato se determina cuáles son los insumos y cantidades a suministrar a los subcontratistas (insumos perseguidos).

Los pagos de la obra juegan un papel primordial en el éxito en la administración de la obra, con **OPUS** llevará un correcto registro y gestión del pago de estimaciones de avance de contratos, pago de anticipos de contrato, pagos total de contratos de servicios o rentas.

El proceso de pagos en **OPUS** brinda la opción de validar la ejecución del pago, es decir, es posible establecer un usuario que cuente con los permisos de liberar un pago a realizar.

El manejo y administración de insumos es de suma importancia para la correcta ejecución de una obra y **OPUS** ofrece un seguimiento inmejorable, los insumos de administración directa y sus cantidades se establecen desde el contrato, con ello solo se concentrará en los insumos importantes.

El proceso de suministro viene ligado desde las ordenes de trabajo que genere para los contratos, a partir de las cantidades de obra que se van a ejecutar. Adicionalmente puede generar requisiciones "abiertas", es decir sin relación con una orden de trabajo, esto con el fin de poder solicitar insumos de forma libre.

El control de bodega muestra las entradas de insumos en cantidades y costos, lo cual genera un histórico que determina el valor de lo que se tenga a costo promedio o valor de última entrada.

El tratamiento de las salidas de bodega es tan versátil que se adapta a modelos donde se registren las cantidades de insumos que salen para cada contrato y actividad, o salidas por contratistas que tengan asignados varios contratos de manera simultánea.

Valoración de software: como herramienta de planificación, control y seguimiento OPUS, es una excelente opción para que las empresas constructoras opten por tenerlo para el control de obras en ejecución ya que desde un center la organización supervisa y controla la ejecución, presupuesto, programación, costos de obra.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la estrategia de implementación de técnicas basadas en los principios de Lean Construction en el proyecto construcción nueva sede Fundación Baudilio Acero produjeron buenos resultados, la estrategia implicó el desarrollo de las mediciones y acciones de investigación generando una interacción entre la dirección del proyecto, contratista y colaboradores.

Medir los tiempos de ejecución de actividades es una herramienta que garantiza el mejoramiento continuo en cuanto a la optimización de la programación de obra para el cumplimiento de los términos inicialmente pactados.

Identificar las actividades que contenían mayores pérdidas en tiempo y que presentaban porcentajes de pérdida de acuerdo al análisis de Pareto para optimizar los tiempos y garantizar cumplimiento.

Se evidenció que la rotación de personal genera pérdidas durante el tiempo que el trabajador requiere para adaptarse al proceso.

El no cumplimiento de las especificaciones también generó reproceso en actividades de cimentación por lo cual se implementó un sistema donde se identifican las normas y criterios en el cual se controla e inspecciona cada actividad garantizando que antes de iniciar actividades de cimentación y estructura sean verificadas y aprobadas.

La implementación de un software en este caso OPUS, permitió controlar presupuesto, pagos de contratista, estado de almacén, mano de obra, equipos, programación aportando al proyecto un control integral de gestión con el cual se optimiza los recursos.

Es de gran importancia que los proyectos tengan un sistema de control integral para medir los riesgos y posibles pérdidas por falta de planeación estratégica. Muchos empresarios de la industria de la construcción han manifestado su preocupación y también desconocimiento sobre la dificultad y el costo de implantar Lean Construction.

Lean no está basado en inversiones caras de tecnología ni software. Las primeras etapas de implantación de Lean Construction se pueden llevar a cabo con los recursos propios que dispone la empresa

No obstante, Lean abraza también la tecnología, pero la inversión debe venir acompañada de los resultados y beneficios obtenidos durante las primeras fases de implantación, y una vez se tome la decisión de adoptar una nueva tecnología, se debe asegurar de que sea fiable, que esté absolutamente probada y que dé servicio a los empleados y a sus procesos.

Por otra parte, el sector de la construcción necesita también un cambio de actitud, sobre todo a nivel de cultura, en cuanto a la gestión de la empresa, ya que históricamente ha sido un sector muy tradicional. Invertir una parte de los beneficios en formación e innovación es una herramienta que impulsa a nuevas expectativas con excelentes resultados.

Saber adaptarse a los cambios rápidamente y ser flexible es uno de los aspectos que marcan la diferencia entre aquellas empresas que sobreviven y crecen, incluso durante las épocas de crisis, y aquellas que desaparecen.

RECOMENDACIONES

Diseños: Se debe estimar un tiempo donde se estudien los diseños y se aclaren dudas ya que improvisar en obra acarrea perdidas en tiempo, recursos humanos y economicos

Selección de proveedores: Realizar el adecuado proceso de selección de proveedores es de gran aporte para el desarrollo del proyecto ya que optimiza el recurso económico buscando calidad en los materiales y buenos precios

Selección de personal: Esta etapa es muy importante ya que la rotación de personal por falta de conocimiento, compromiso y ética profesional de los colaboradores provoca reprocesos afectando el rendimiento y calidad en la ejecución de las actividades

Tiempos descanso de personal y tiempos para la ejecución de actividades: Se debe controlar estrictamente el horario en lo que respecta a tiempo de descanso, entrada y salida de obra, por que el no cumplimiento del horario prolonga los tiempos de la programación y el desconocimiento del tiempo para el desarrollo de las actividades da lugar a que se presenten atrasos de obra afectando de igualmanera el presupuesto por que se aumentaria el valor de mano de obra.

Tiempo lluvias: Tener una proyección del tiempo es una herramienta ideal para optimizar el desarrollo de actividades por ejemplo de concretos ya que se puede ajustar tiempos de vaciado sin que se pueda afectar por posibles lluvias de gran intensidad.

REFERENCIAS

Introducción a Lean Construcción. Juan Felipe Pons Achell. Marzo de 2014.

Koskela (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction

ALARCÓN, Luis F. and DIETHELM, Sven. Organizing to introduce lean practices in construction companies. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction (2001).

Generalidades software OPUS, <http://opuscolombia.com/generalidades-del-software-opus/>

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/censo-de-edificaciones>

McCAFFER, Ronald y HARRIS, Frank (1999) Construction Management. Manual de gestión de proyecto y dirección de obra, p.40

ANEXOS

Control e inspección de actividades

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Pedestales en concreto	Plomos Alineamientos Dimensiones Recubrimiento Resistencia Asentamiento de concreto Hidratación Curado	ICONTEC 396 Prueba Slump NTC 454: Hormigón fresco. Toma de Muestras. ICONTEC 550 Y 673 I.N.V. E – 410 – 07 Cilindros de concreto a la compresión	Todos los concretos que se instalen en la obra deberán cumplir con los requerimientos de resistencia, acabado y capacidad de servicio que definan los diseños, planos, especificaciones particulares, normas técnicas y/o la Interventoría y además deberán contar con muestras representativas que serán obtenidas, curadas, transportadas y ensayadas	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Acero de refuerzo vigas canal	Refuerzos Longitudes Diámetros Traslapos Cantidades de barras y flejes	Diseños Ensayo de Tensión, tracción, doblado NTC 3355 Ensayo de Ductilidad NSR - 10	Refuerzo: Cumplimiento de: diámetros, longitudes, traslapos, ganchos, ubicación, cantidad, separación entre varillas, amarres, nudos, figuración, figurado de barras, distribución de flejes y separación entre ellos, ganchos y doblez de flejes	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Zapatillas en concreto	Plomos Alineamientos Dimensiones Recubrimiento Resistencia Asentamiento de concreto Hidratación Curado	<p>ICONTEC 396 Prueba Slump</p> <p>NTC 454: Hormigón fresco. Toma de Muestras.</p> <p>ICONTEC 550 Y 673 I.N.V. E – 410 – 07</p> <p>Cilindros de concreto a la compresión</p>	<p>La ubicación debe estar como indica los planos estructurales</p> <p>Asentamiento: Las pruebas de asentamiento se harán para supervisión de la mezcla y que estén dentro de los 3.5 - 4.0 cm de aceptación</p> <p>Testigos de la resistencia del concreto: Las muestras serán ensayadas de acuerdo con el método de rotura a la compresión para cilindros según la norma ICONTEC 550 y 673. Cada ensayo debe constar de la toma de seis elementos de prueba. La edad normal de ensayos de rotura será dos a 7 días, dos a 28 días y dos para testigos en caso de ser necesario. Para efectos de confrontación, se llevará un registro indicador de los sitios de la obra donde se usaron los concretos probados, la fecha de vaciado y el asentamiento. Se deben solicitar las certificaciones de calidad a la empresa concretera.</p>	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Vigas de amarre	Refuerzos Traslapos Recubrimientos Confinamiento Apuntalamiento	<p>Diseños</p> <p>Ensayo de Tensión, tracción, doblado NTC 3355</p> <p>Ensayo de Ductilidad NSR -10</p> <p>ICONTEC 550 Y 673 I.N.V. E – 410 – 07</p> <p>Cilindros de concreto a la compresión</p>	<p>Ubicación de acuerdo a los planos estructurales</p> <p>Refuerzo: Cumplimiento de: diámetros, longitudes, traslapos, ganchos, ubicación, cantidad, separación entre varillas, amarres, nudos, figuración, figurado de barras, distribución de flejes y separación entre ellos, ganchos y doblez de flejes</p> <p>Se debe tener en cuenta la correcta instalación y apuntalamiento de formaleta para garantizar el buen terminado y calidad del concreto.</p> <p>Antes de vaciar el concreto se debe humedecer las caras laterales de la formaleta y el fondo de la misma</p> <p>El concreto debe vaciarse y vibrarse con un vibrador de concreto eléctrico, para homogenizarlo.</p> <p>La superficie debe enrasarse para darle un acabado parejo.</p>	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Columnas	<p>Ubicación, diámetros, distribución, amarres, traslapes de las barras</p> <p>testeros, alineación, plomos, apuntalamientos</p> <p>Recubrimiento, vaciado, vibrado, curado de concreto</p>	<p>Diseños</p> <p>Ensayo de Tensión, tracción, doblado NTC 3355</p> <p>Ensayo de Ductilidad NSR -10</p> <p>ICONTEC 550 Y 673 I.N.V. E – 410 – 07</p> <p>Cilindros de concreto a la compresión</p>	<p>Las columnas de concreto tienen como tarea fundamental transmitir las cargas de las losas hacia los cimientos, la principal carga que recibe es la de compresión, pero en conjunto estructural la columna soporta esfuerzos flexionantes también, por lo que estos elementos deberán contar con un refuerzo de acero que le ayuden a soportar estos esfuerzos.</p> <p>Refuerzo: Cumplimiento de: diámetros, longitudes, traslapes, ganchos, ubicación, cantidad, separación entre varillas, amarres, nudos, figuración, figurado de barras, distribución de flejes y separación entre ellos, ganchos y doblado de flejes</p> <p>La instalación de formaleta es fundamental para un perfecto acabado y alineación, se debe revisar que la formaleta este en buen estado, los pines para apuntalamiento, lubricación, alturas y plomos.</p> <p>En el vaciado de concreto se debe tener especial cuidado en el vibrado para que la mezcla sea uniforme sin porosidades.</p> <p>El curado es de gran importancia para evitar fisuramiento de los elementos</p>	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Pantallas	<p>Ubicación, diámetros, distribución, amarres, traslapes de las barras</p> <p>Testerios: apuntalamientos, calidad de formaleta (textura, cortes), alineación, plomos</p> <p>Recubrimiento, vaciado, vibrado, curado de concreto</p>	<p>ICONTEC 396 Prueba Slump</p> <p>NTC 454: Hormigón fresco. Toma de Muestras.</p> <p>ICONTEC 550 Y 673 I.N.V. E – 410 – 07</p> <p>Cilindros de concreto a la compresión</p>	<p>Refuerzo: Cumplimiento de: diámetros, longitudes, traslapes, ganchos, ubicación, cantidad, separación entre varillas, amarres, nudos, figuración, figurado de barras, distribución de flejes y separación entre ellos, ganchos y doblez de flejes</p> <p>Se requiere que la formaleta tenga una textura lisa y en excelente estado, ya que el concreto es a la vista</p>	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

ACTIVIDAD	VARIABLE A MEDIR (CARACTERÍSTICAS DE CONTROL)	REQUISITO/ENSAYO	CRITERIO DE CONFORMIDAD/ACEPTACIÓN	TIPO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Placa de entrepiso	<p>Amarre de hierro y malla electrosoldada (diámetros, longitudes, traslapos, amarres, nudos)</p> <p>Armado de formaleta (refuerzos)</p> <p>Instalación de casetón, testeros, recubrimientos)</p> <p>Redes hidráulicas, sanitarias, eléctricas (ubicación de redes y puntos, pegue de tubería y accesorios)</p> <p>Concreto (vaciado, vibrado, hidratación y curado)</p>	<p>ICONTEC 396 Prueba Slump</p> <p>NTC 454: Hormigón fresco. Toma de Muestras.</p> <p>ICONTEC 550 Y 673 I.N.V. E – 410 – 07</p> <p>Cilindros de concreto a la compresión</p>	<p>Se debe revisar el recubrimiento del concreto con panelas entre el hierro y camillas, entre malla electrosoldada y casetón.</p> <p>Se debe instalar de acuerdo al diseño la instalación de red y puntos hidráulicos, sanitarios y eléctricos, revisando la distribución, pegue y se debe realizar prueba hidráulica a la tubería de agua potable y a la tubería sanitaria</p> <p>Asentamiento: Las pruebas de asentamiento se harán para supervisión de la mezcla y que estén dentro de los 3.5 - 4.0 cm de aceptación.</p> <p>Testigos de la resistencia del concreto: Las muestras serán ensayadas de acuerdo con el método de rotura a la compresión para cilindros según la norma ICONTEC 550 y 673. Cada ensayo debe constar de la toma de seis elementos de prueba. La edad normal de ensayos de rotura será dos a 7 días, dos a 28 días y dos para testigos en caso de ser necesario. Para efectos de confrontación, se llevará un registro indicador de los sitios de la obra donde se usaron los concretos probados, la fecha de vaciado y el asentamiento. Se deben solicitar las</p>	Ensayos	Cada vez que se realice la actividad

Descripción de actividades

ACTIVIDAD	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS	ACOPIO DE MATERIALES	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	DESARROLLO ACTIVIDAD	REGISTRO FOTOGRAFICO
CAPITULO					

Toma de tiempos empleados en el desarrollo de actividades

REGISTRO FOTOGRAFICO DE ACTIVIDADES DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

CIMENTACIÓN



Zapatas en concreto



Viga de cimentación

INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y ELECTRICAS



Red sanitaria de 3"

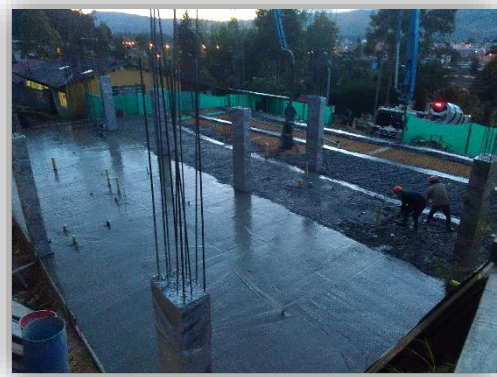


Red hidráulica y eléctrica

PLACA DE CONTRAPISO



Recebo compactado e instalación de malla electrosoldada



Concreto de 3000 psi

ARMADO PLACA ENTREPISO



Armado de formaleta



Instalación de camillas

PLACA ENTREPISO – COLUMNAS PISO 2



Armado de hierro, instalación red Sanitaria, instalación de casetón



Placa de entrepiso en concreto de 3000 psi