

Aplicación web para graficar la planificación de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance.

Web application to graph the planning of the work Hotel Albatros Guardalavaca through lines of balance.

Osmanys Perez Peña¹, Ivan Escalona Morín².

¹Asociación Económica Internacional ARCOS-Bouygues Bâtiment International, Cuba, operez@gecvbybat.co.cu, ²Asociación Económica Internacional ARCOS-Bouygues Bâtiment International, iescalona@gecvbybat.co.cu.

RESUMEN

Las técnicas de redes para programación de proyectos pueden ser utilizadas en la mayoría de proyectos de ingeniería y construcción, sin embargo, para los llamados proyectos lineales, caracterizados por la numerosa repetición de las tareas, tales como proyectos de carreteras, vías férreas, túneles o edificios de muchos pisos, se aplica ventajosamente la técnica conocida como Líneas de Balance. Esta técnica representa gráficamente las tareas de un proyecto como una secuencia de líneas que representan la tasa o ritmo de producción de cada una. En el hotel Albatros Guardalavaca, se usa esta técnica para representar las tareas en un documento que se conoce como IMMA Plan. Pero este proceso se hace de manera manual, lo que trae consigo muchos inconvenientes. Razón por la cual, en la presente investigación se propone resolver esta problemática mediante el desarrollo de un sistema informático que permita automatizar este proceso y de esta manera contribuir a mejorar el análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca. A lo largo de la investigación, se emplearon diversos métodos, tales como: análisis y síntesis, hipotético-deductivo, causa-efecto y entrevista. Para desarrollar la aplicación web se usaron técnicas y herramientas de software libre. La aplicación es rápida, permite almacenar datos históricos, filtrar información y generar diversos reportes o vistas que la convierten en una valiosa herramienta en la de toma de decisiones. Por lo que se puede afirmar que con este sistema informático queda resuelto el problema y cumplido el objetivo de esta investigación.

Palabras clave: aplicación web; planificación; líneas de balance.

ABSTRACT

Network techniques for project programming can be used in most engineering and construction projects, however, for the so-called linear projects, characterized by the numerous repetition of its tasks, such as road, railroads, tunnels or in many-story buildings projects, the technique known as Lines of Balance is advantageously applied. This technique graphically represents the tasks of a project as a sequence of lines that represent the rate or rhythm of production of each one of them. At the Albatros Guardalavaca hotel, this technique is used to represent tasks in a document known as the IMMA Plan. But this process is done manually, which causes many inconveniences. That's the reason why, in the present investigation it is proposed to solve this problem through the development of a computer system that allows to automate this process and in this way contribute to improve the analysis of the schedule of the work Hotel Albatros Guardalavaca. Throughout the investigation, different methods were used, such as: analysis and synthesis, hypothetical-deductive, cause-effect and interview. In order to develop the web application, free software tools and techniques were used. The application is fast, allows to store historical data, filter information and

generate various reports or views which make it a valuable tool in decision making. So it can be said that with this computer system the stated problem is solved and the objective of this investigation has been fulfilled.

Keywords: web application; planning; lines of balance.

1. INTRODUCCIÓN

La programación de obra es una actividad de suma importancia en la planeación, seguimiento y control de proyectos constructivos. La mayoría de las empresas constructoras utilizan métodos de programación como el Método de la Ruta Crítica (conocido como CPM, por su siglas en inglés), PERT (Program Evaluation and Review Technique) o GANTT; independiente del tipo de obra que están ejecutando, estas metodologías son de gran utilidad; nos dan una visión global de las actividades críticas de las cuales no podemos retrasarnos, pues se retrasaría la fecha final del proyecto (Vera Gómez, 2015).

Sin embargo, estas técnicas tienen varios inconvenientes al aplicarse a proyectos de tipo repetitivo, tales como carreteras, edificios de oficinas, hoteles, o desarrollos de vivienda de interés social; los cuales pueden considerarse como procesos de fabricación continua de muchas unidades iguales, en el que se requiere un cierto periodo de tiempo para terminar cada unidad. Por otra parte, existen suficientes evidencias que indican que el método de la Línea de Balance – LDB (Line of Balance, - LOB) es la técnica de programación más adecuada para este tipo de proyectos, tal como lo demuestran no sólo investigadores sino, principalmente, casos de éxito de empresas constructoras (Loría Arcila, 2016). Además, la información mostrada en los cronogramas típicos (diagramas de barras) es limitada. No muestran, por ejemplo, la tasa de producción o velocidad de proceso de unidades en los proyectos sino de forma indirecta (Arquitectos, 2019).

La Línea de Balance es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción como una sola línea en una gráfica, en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Esta representación gráfica de la línea de balance nos permite ilustrar mediante una sola línea el ritmo de trabajo que tiene una actividad, compararla con lo programado y con sus actividades subsecuentes.

En la construcción del Hotel Albatros Guardalavaca (HAG), ejecutado por la Asociación Económica Internacional Arcos - Bouygues Bâtiment International (AEI Arcos-BBI), se combinan varias técnicas de programación de obra. Básicamente se utiliza el método de barras de Gantt, generado por el software Primavera, pero además, como se explica a continuación, también se utiliza la técnica de Líneas de Balance.

Para la ejecución de la obra HAG, como parte del constante interés por lograr la eficiencia en la Asociación, y en especial de la parte francesa Bouygues Bâtiment International (BBI), se contrató el servicio de la empresa IMMA Construction, que brinda asesoría en cuanto a la aplicación del método LEAN construcción, el cual, según el equipo de IMMA, es mucho más que una simple caja de herramientas para mejorar el rendimiento, ya que está estructurado como un método de administración de proyectos que permite acortar la duración de un proyecto a través de su administración colaborativa (IMMA Construction, 2019).

Una de las herramientas sugeridas por IMMA Construction, como parte del método LEAN, se conoce como IMMA Plan, el cual consiste en graficar, mediante el método de líneas de balance, las actividades repetitivas de la obra. Esto permite ver de manera más simplificada la secuencia constructiva, para una realización más factible y sencilla de análisis sobre el comportamiento del cumplimiento del cronograma, el avance y el ritmo de las tareas; este último es representado por la pendiente de la recta que traza cada actividad.

El equipo de IMMA Construction propone llevar a cabo el IMMA Plan mediante la impresión en gran formato de una tabla donde las columnas sean las fechas y las filas las unidades de obra, y la utilización de alfileres para papel y ligas de colores para la representación de las actividades, como se muestra en la siguiente figura:

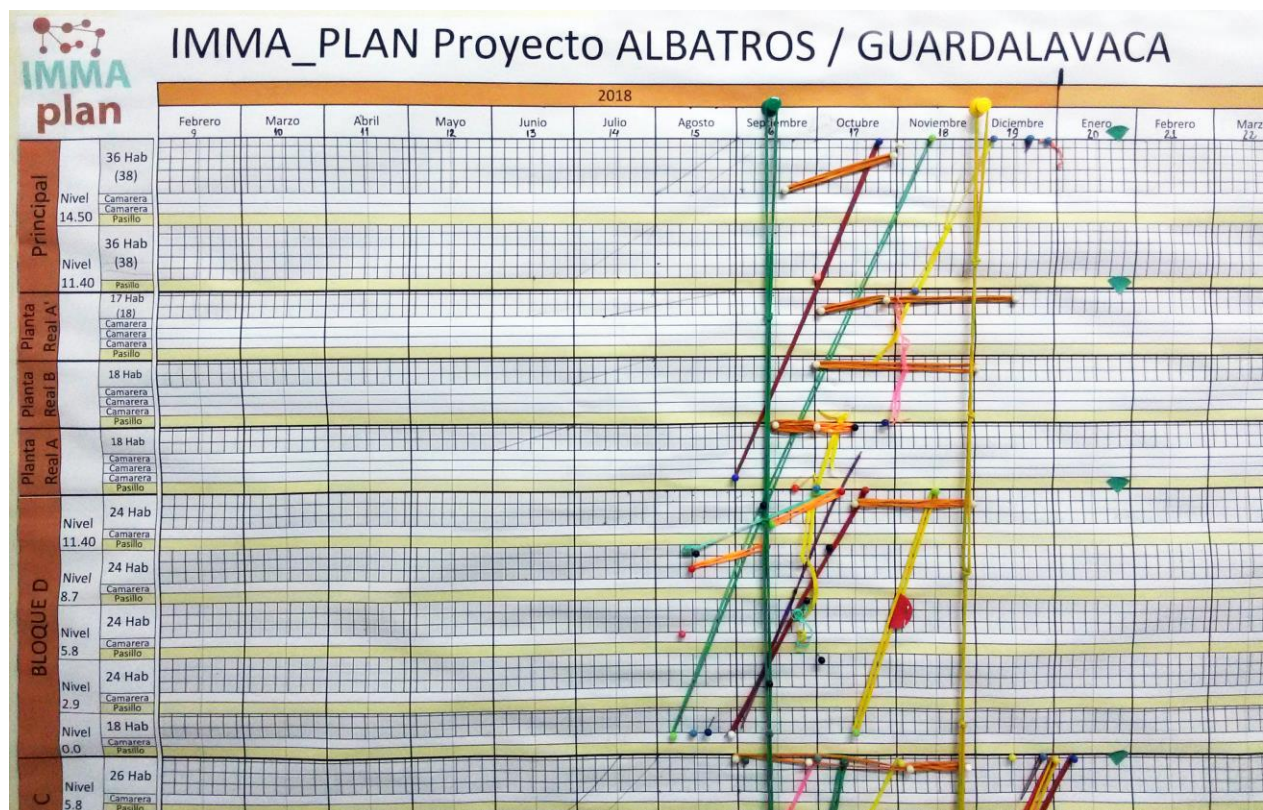


Figura 1. Fragmento del gráfico IMMA Plan.

Hacer esta actividad de manera manual tiene muchos inconvenientes:

- ✓ Es un proceso lento.
- ✓ No quedan guardados datos históricos pues una vez que se actualice se pierde la información anterior.
- ✓ Para consultar esa información es necesario ir al lugar donde está ubicada la pancarta.
- ✓ Es necesario aprenderse una leyenda de colores ya que las actividades solo pueden identificarse por su color.
- ✓ Al no estar digitalizado, es muy difícil de hacer y repartir copias.
- ✓ No se puede variar el rango de fechas graficado, pues habría que reimprimir todo.

De todo lo anterior se deriva el siguiente **problema científico**: ¿Cómo contribuir a mejorar el proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance?

Para dar solución a la problemática anteriormente planteada se propone como **objetivo general** de esta investigación: desarrollar un sistema informático que contribuya a mejorar el proceso de análisis del

cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance, mejorando con esto el proceso de toma de decisiones de los directivos.

Para dar cumplimiento al objetivo general, se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

- 1- Caracterizar el proceso de realización de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance.
- 2- Identificar las funcionalidades que tendrá el sistema informático para mejorar el proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance.
- 3- Implementar el sistema informático para mejorar el proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance.
- 4- Validar el sistema informático.

Para guiar el desarrollo de esta investigación se plantean las siguientes preguntas científicas:

¿Cuáles son las principales funcionalidades que debe tener el sistema informático para mejorar el proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance? ¿Cómo lograr la integración de los diferentes instrumentos empleados por la AEI Arcos-BBI para llevar a cabo el análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca? ¿Qué tipo de solución informática se adapta mejor a las necesidades del proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca en la AEI Arcos-BBI?

Teniendo en cuenta todo lo planteado anteriormente y después de una revisión de la literatura se formula la siguiente hipótesis de investigación: el sistema informático mejora el proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca mediante líneas de balance.

Se espera que el desarrollo del sistema informático y su puesta en funcionamiento sea de gran utilidad para la empresa AEI Arcos-BBI, pues contribuirá a la solución de algunas de las dificultades que existen en el proceso de análisis del cronograma de la obra Hotel Albatros Guardalavaca. Se pretende que el sistema integre los instrumentos que se emplean hoy para este proceso, garantizando que a las personas involucradas se les facilite y agilice el acceso a la información.

2. METODOLOGÍA

Los métodos utilizados para esta investigación fueron los siguientes:

Métodos teóricos:

- ✓ **Histórico-lógico**: este método fue utilizado para comprender el antecedente del objeto de estudio, así como la necesidad de su desarrollo en una forma superior.
- ✓ **Análisis y síntesis**: empleado en el proceso de caracterización del objeto de estudio de la presente investigación.
- ✓ **Hipotético-deductivo**: permitió realizar el análisis para el posterior desarrollo del sistema informático que dará solución al problema existente.
- ✓ **Causa-efecto**: utilizado en la formulación del problema científico y la situación problemática que desencadena la investigación.

Métodos empíricos:

- ✓ **Entrevista**: necesaria en la recopilación de la información para el conocimiento del problema en general y la incorporación de las funcionalidades del sistema que se desea desarrollar, así como del alcance de la investigación.
- ✓ **Observación**: empleada para determinar el comportamiento durante la gestión de la información requerida.

Para dar solución al problema planteado se desarrolló una aplicación web combinando los lenguajes de programación PHP y JavaScript, aprovechando las virtudes del HTML5 (sobre todo el elemento Canvas), CSS3, Bootstrap 4 y el uso de la librería gráfica paperjs, todo esto corriendo sobre un servidor en el cual se instaló el paquete XAMPP (Apache, MySQL y PHP).

Se decidió utilizar Paper.js, ya que uno de los requerimientos más importantes del sistema es la representación gráfica de actividades y este es un framework de gráficos vectoriales, de código abierto, escrito en JavaScript y que corre sobre el Canvas de HTML5. El Cual ofrece una gran cantidad de funciones potentes para crear y trabajar con gráficos vectoriales y curvas de bezier, todo ello perfectamente envuelto en una interfaz de programación bien diseñada, consistente y limpia (PaperJS, 2019).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación desarrollada cumple con todos los requerimientos detectados en la etapa de ingeniería de software y la misma tiene un el aspecto visual que se muestra en la siguiente figura:

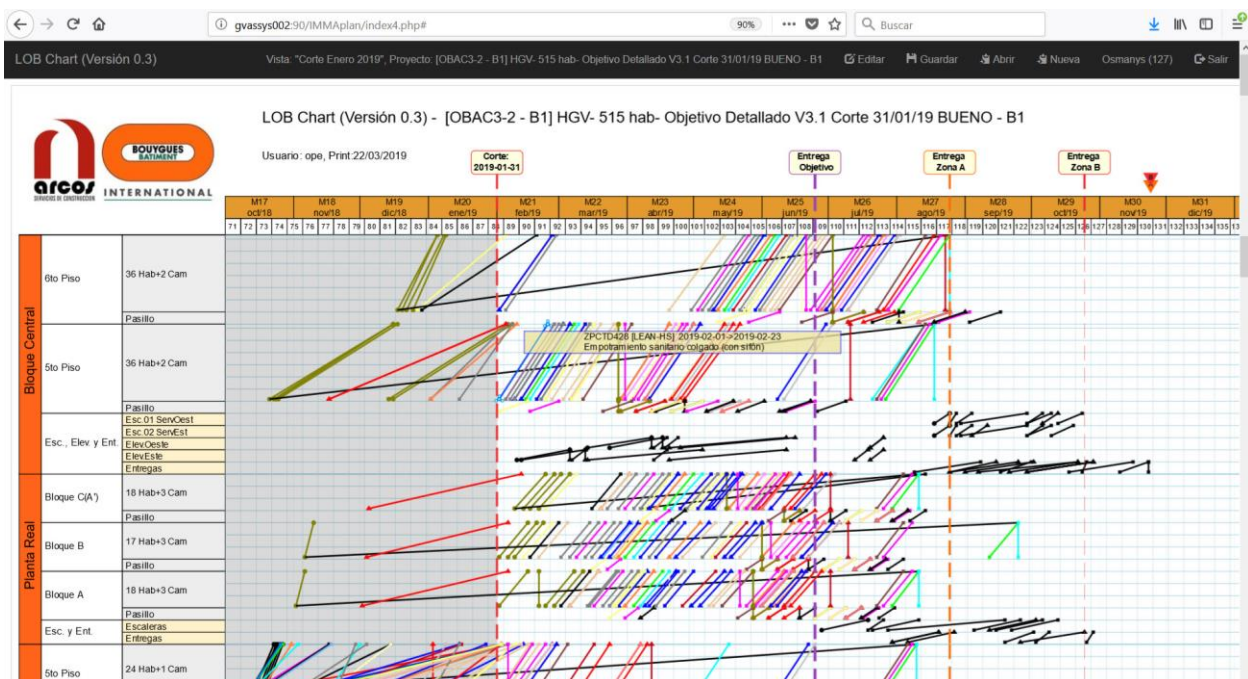


Figura 2. Vista de la aplicación.

Como ventajas de la aplicación podemos enunciar las siguientes:

- ✓ Se grafica todo de manera automática y muy rápido.
- ✓ Se almacena en base de datos la información histórica cada vez que se hace un nuevo corte de proyecto y además se puede consultar esta posteriormente.
- ✓ El sistema es accesible desde cualquier computadora de la red de la empresa.
- ✓ Se controla el acceso al sistema mediante usuario y contraseña.
- ✓ Permite comparar distintos cortes del proyecto a través de Vistas (las vistas definen el proyecto que se analiza, el zoom y rango de fecha que se desea visualizar)
- ✓ Al hacer clic sobre una actividad se muestra el nombre, código y la fecha de inicio y fin (por lo que no es necesario aprenderse un código de colores para identificar las actividades).

- ✓ Permite ocultar actividades para simplificar y reducir la información mostrada solamente a lo esencial.
- ✓ Se puede imprimir la vista.
- ✓ Que se muestre las actividades cuya ejecución se puede atrasar por demora en la llegada de los suministros (compras) y además visualice cuales son las OC que afectan directamente.
- ✓ Se puede enviar por correo una vista, para que otra persona la analice.

La herramienta desarrollada está siendo utilizada desde octubre de 2018 con muy buenos resultados hasta la fecha, validados por el grupo de especialistas que la están utilizando y reflejado esto en una mejora en el análisis del cumplimiento del cronograma, sobre todo en la disminución del tiempo requerido para llevar a cabo esta tarea. Además fue presentada en un taller desarrollado en Cayo Coco en noviembre de 2018, donde se pudo contar con la valoración muy positiva del experto que impartía el taller, el cual pertenece a la empresa de consultoría sobre LEAN construcción IMMA, al cual le causó muy buena impresión la presentación de la aplicación.

4. CONCLUSIONES

- 1- El sistema informático desarrollado logra facilitar, humanizar y simplificar proceso de análisis del cumplimiento del cronograma de ejecución de la obra Hotel Albatros Guardalavaca.
- 2- Esta herramienta pudiera aplicarse en otras obras de la asociación AEI Arcos-BBI en Cuba con similares características.
- 3- El sistema informático propuesto constituye una potente herramienta de apoyo a la toma de decisiones por parte de los directivos de la Asociación.

5. CONFLICTO DE INTERESES

No hay conflicto de intereses con otras investigaciones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arquitectos, I. &. (2019). *Técnicas De Programación Lineal: Líneas De Balance (Lines Of Balance Lob)*.
Obtenido de <https://www.e-zigurat.com/blog/es/lineas-balance-lines-of-balance-lob/>
- BIM, M. (2018). *Cronogramas con la metodología de líneas de balance*. Obtenido de
<https://mundobim.com/2017/08/cronogramas-metodologia-lineas-de-balance-construccion/>
- Gómez Cabrera, A., Quintana Pulido, N., & Ávila Díaz, J. (2015). *Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de un edificio*. Obtenido de
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4993784.pdf>
- IMMA Construction. (2019). Obtenido de Why LEAN Construction: <https://www.imma-construction.com/en/why-lean-construction.html>
- Loría Arcila, J. H. (2016). *Academia de Ingeniería México*. Obtenido de <http://www.ai.org.mx>
- Monterrey, I. T. (2017). *Aplicación de líneas de balance al método de last planner en proyectos de construcción horizontal*. Obtenido de
<https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/629750/TESIS%20MAURICIO%20SEPULVEDA.pdf?sequence=1>

PaperJS. (2019). *About Paper.js*. Obtenido de The Swiss Army Knife of Vector Graphics Scripting:
<http://paperjs.org/about/>

Vera Gómez, M. (2015). *Revista Digital Apuntes de Investigación*. Recuperado el 2019, de
<http://apuntesdeinvestigacion.upbbga.edu.co/>

SOBRE LOS AUTORES

Osmanys Pérez Peña, graduado de Ingeniería Informática, actualmente se desempeña en el cargo de Especialista C en Ciencias Informáticas en la Asociación Económica Internacional Arcos – BBI, Polo Guardalavaca. Miembro de la ANEC, CTC y CDR.

Ivan Escalona Morín, graduado de Ingeniería Industrial, actualmente ocupa el cargo de Programador de Obra en la Asociación Económica Internacional Arcos – BBI, Polo Guardalavaca. Miembro de la CTC y CDR.