

*Sara Daniela Paz Méndez 201814647*

*Brenda Catalina Barahona Pinilla 201812721*

*Karen Dayana Culma Ramírez 201817546*

## **LA COMPUERTA SOLUCIONES – FASE 2**

### **1. INFORME EJECUTIVO**

#### *a. Resumen ejecutivo*

En el sector de la construcción es un problema recurrente y de alta importancia el manejo del tiempo. Es común que las empresas pacten un tiempo de finalización con el cliente y al final no puedan cumplirlo por diversos factores, entre ellos, el manejo no eficiente de los recursos con los que se dispone. Este es el caso de La Compuerta Soluciones S.A.S una empresa que en los últimos años ha incurrido en costos no planeados como consecuencia del retraso en la terminación de obras. Junto con la empresa se pudo establecer que uno de los puntos débiles era la disposición de maquinaria, pues alguna no se estaba usando del todo o no estaba siendo usada eficientemente de acuerdo con las obras que se tenían. A raíz de esto se construyó esta herramienta, la cual le permite al cliente planear mensualmente el orden o la distribución optima que debe seguir con la maquinaria que necesite usar durante ese mes, dependiendo del número de obras que debe hacer y de los días que se vaya a trabajar. Además de dar esta distribución, la herramienta le permite a saber a la empresa cual es el costo de retraso en el que incurrirá dicho mes, teniendo en cuenta que con el uso de la herramienta este costo se minimiza. Esta herramienta es muy útil para el cliente pues le permite hacer múltiples intentos para encontrar la mejor distribución que idealmente le reduzca los costos a ceros y que le permita darle a los clientes un tiempo de finalización de obra mucho que van a poder cumplir.

#### *b. Introducción*

La Compuerta Soluciones SAS es una microempresa enfocada en la construcción de obras civiles ubicada en la ciudad de Villavicencio. La empresa lleva aproximadamente 15 años en el mercado ejerciendo principalmente dos actividades:

1. Comercialización y distribución de productos para construcción
2. **Construcción, adecuación y reparación de obras civiles.**

A raíz de la actividad 2, la cual es la más importante para la empresa, surge la necesidad de mejorar el proceso de construcción de obras civiles teniendo en cuenta una visión general partiendo principalmente de factores como: tiempo en obra, costos, maquinaria y utilidad. A pesar de que la empresa cuenta con la experiencia necesaria para realizar múltiples obras en un mismo momento de tiempo, el gerente ha podido identificar que no están aprovechando de manera eficiente todos los recursos que tienen a su alcance. Lo anterior los lleva a incurrir en más tiempo y, por consiguiente, en más costos de los que deberían ser necesarios.

Lo que se busca entonces, dada las necesidades de la empresa y la preocupación expresada frente a esta actividad, es estructurar un problema de optimización que le permita a la empresa saber cuál es el mejor uso o distribución que le puede dar a las maquinas que tiene

disponibles, de manera que se reduzcan los tiempos de retraso que se están presentando. Esto le permitirá a La Compuerta Soluciones saber de qué manera debe operar para ser más efectiva en su actividad de construcción. Logrando así disminuir los tiempos de terminación de una obra, consiguiendo realizar una mayor cantidad de obras en menos tiempo, lo cual a su vez reduce los costos y aumenta la utilidad de la empresa.

En el contexto de las obras civiles y en el sector de la construcción, entre más tiempo tarde una obra en terminarse se necesitará mayor cantidad de recursos monetarios. Entonces, en la medida en que la empresa demora mayor tiempo realizando una obra, sin importar el motivo de la demora, se incurre en más gastos que la mayoría de las veces no están presupuestados y se traducen en menos ganancia de la esperada. Sin mencionar además que dicha situación genera malestar entre los clientes. Es por ello, que en este sector de la industria es importante cumplir con los tiempos estipulados. Para ello, hay múltiples soluciones a las que una empresa puede acudir, en el caso de La Compuerta Soluciones, la empresa considera que puede disminuir su tiempo en obra dándole una distribución óptima a la maquinaria con la que cuentan, de manera que se completen más rápido ciertas actividades que suelen tardar más si son hechas por un obrero. Para ello cuenta con unas máquinas específicas, un número de obras que cumplir, un costo por retrasarse, unas fechas estipuladas y el objetivo de disminuir ese tiempo de retraso.

El impacto que se espera al implementar este problema es que la empresa pueda saber cuál es la mejor planeación para las máquinas de acuerdo a la cantidad de obras que tenga y a las máquinas que disponga en un horizonte de tiempo laboral de 25 días. De esta manera, La Compuerta Soluciones podrá implementar esta herramienta cada mes dependiendo de las obras con las que necesite cumplir, asegurando que con la distribución de maquinaria que se asignará se minimiza el tiempo de retraso en las obras. Con esta solución, la empresa logrará cumplir con los tiempos estipulados, teniendo repercusiones positivas en las ganancias por obra y finalmente en la utilidad.

### *c. Definición del problema*

El problema a resolver está enfocado en encontrar la distribución óptima de la maquinaria de la que dispone La Compuerta Soluciones S.A.S, para que, de esa manera, la empresa pueda aprovechar mejor el tiempo y disminuir el retraso en las obras. Actualmente, la empresa dispone de 7 máquinas con las que puede trabajar y se sabe que complementando el mejor rendimiento de las máquinas con la actual distribución que manejan de los obreros, se podrán terminar las obras en un tiempo mucho menor. De esta manera, se reducen problemas importantes para la empresa tanto en términos económicos como en servicio al cliente.

El problema concisamente radica en que la empresa tiene una maquinaria pero no está logrando la mejor distribución y coordinación, teniendo en cuenta que maneja varias obras al tiempo, lo cual está generando retrasos en el tiempo estipulado de finalización de las mismas. El objetivo que se pretende alcanzar es el de generar la mejor distribución posible para la maquinaria, es decir, poder darle a La Compuerta Soluciones una distribución personalizada y mensual (dependiendo tanto de la cantidad de máquinas como de obras), en donde se le indique en qué día del mes y en cual obra debe utilizar qué máquina. Con esta planeación, La Compuerta contará con una especie de formato calendario al que podrá ceñirse mensualmente distribuyendo sus máquinas y logrando sacar el mejor uso de las

mismas, lo cual a su vez disminuirá los costos por retraso en obra y aumentará la utilidad. La decisión que se tomará entonces es que máquinas se deben ubicar en cada obra para cada día del mes.

El principal stakeholder de este problema es la empresa La Compuerta Soluciones SAS, así mismo, se ven beneficiados los clientes de las obras que se realizan, al igual que los obreros pues se les reducirá o facilitará el trabajo al incluir maquinaria en las obras. Este problema busca principalmente brindarle una solución al problema de tiempos que se maneja en la empresa en cuestión y que afecta directamente la estructura de costos, pero al implementar esta solución, se podrán ver notables mejoras en las relaciones empresa-cliente y también empleado-empleador.

Por último, es importante mencionar que la métrica de este problema son los tiempos de retraso pues es en estos en los que se desea ver una reducción y al final de la implementación se espera poder comparar y comentar la mejora. Esta métrica permitirá evidenciar la mejora de la situación problema, pues por cada día que la empresa logre reducir en cada obra, incurre en menos gastos.

#### *d. Descripción de la información*

Para realizar este proyecto se hizo el contacto directo con el gerente comercial de La Compuerta Soluciones S.A.S, Jair Paz, quien amablemente nos brindó la siguiente información: primero, los costos que representan un día de retraso en la entrega de la obra ya que son necesarios para identificar en qué medida puedo exceder los días de entrega de proyecto frente a las máquinas que puedo operar para terminar más rápido la obra, es decir, en el proyecto se utilizará esta información para estimar en qué obra es preferible retrasarse teniendo en cuenta el costo que representa esto.

Segundo, el número de máquinas que se encuentran disponibles para operar pues de esto depende cuantas máquinas puedo operar en cada obra, en este punto es importante notar que la empresa en este momento ya tiene disponible 7 máquinas que realizan diferentes tareas, pero cada vez que ejecuten nuestra herramienta, ellos serán libres de decidir si utilizar todas las máquinas o menos, teniendo en cuenta que la máquina 7 se utilizará en todas las obras gracias a la función que realiza.

Tercero, dependiendo de lo anterior, la empresa indica qué máquinas necesita en qué obra y por cuántos días pues se sabe que las necesidades de cada obra son independientes entre sí y que se cuenta con un número limitado de máquinas. Por último, dentro de la contratación de la empresa con las obras, se establece un número de días dentro de los que se estima que termine la obra, esto será de utilidad para mitigar el costo que se incurrirá de llegar a pasarse de los días establecidos anteriormente.

En cuanto a la información que debe ser estimada, para brindarle una solución que sea de utilidad para la empresa, se desea calcular el día en que determinada máquina debe operar en cada obra, esto con el fin de conocer el día en que verdaderamente terminará la obra y de esta forma, hallar los días de retraso que implica una distribución.

#### *e. Formulación del modelo*

### Conjuntos:

M: Conjunto de maquinas

O: Conjunto de obras

D: Conjunto de días

$N_o$ : Subconjunto de máquinas que se deben utilizar antes de operar la máquina 7 en la obra o en O.

### Parámetros:

$t_o$ : duración estimada de finalización de la obra  $o \in O$

$p_{mo}$ : Numero de dias en que se necesita la maquina  $m \in M$  en la obra  $o \in O$

$c_o$ : costo por retraso de la obra  $o \in O$

### Variables de decisión:

$x_{mod}$ :  $\begin{cases} 1, \text{ si se asigna la máquina } m \in M \text{ para la obra } o \in O \text{ en el día } d \in D \\ 0, \text{ dlc.} \end{cases}$

$y_o$ : numero de dias de retraso de la obra  $o \in O$

$z_{mod}$ :  $\begin{cases} 1, \text{ si la maquina } m \in M \text{ empieza a operar en la obra } o \in O \text{ en el día } d \in D \\ 0, \text{ dlc.} \end{cases}$

### Restricciones:

- Se debe utilizar cierta cantidad de días cada máquina en cada obra.

$$\sum_{d \in D} x_{mod} = p_{mo} \quad \forall o \in O, m \in M$$

- En un día no se puede usar la misma maquina más de una vez

$$\sum_{o \in O} x_{mod} \leq 1 \quad \forall m \in M, d \in D$$

- La máquina 7 debe ser la última en asignarse en cada obra pues indica la finalización de la misma, por consiguiente, solo puede asignarse una vez.

$$|N_o| * z_{7od} \leq \sum_{r=1}^{d-1} \sum_{k \in N_o} z_{kor}, \quad \forall d \in D, o \in O.$$

- Las maquinas deben usarse continuamente (deben durar en la obra los días que se necesitan)

$$\sum_{h=d}^{d+p_{mo}-1} x_{moh} \geq p_{mo} * z_{mod}, \quad \forall o \in O, \forall m \in M, \forall d \in D | d \leq |D| - p_{mo} + 1$$

- Definir la variable de retrasos

$$y_o = \sum_{d \in D} z_{7od}(d + p_{7o}) - t_o \quad \forall o \in O.$$

- Solo puede trabajar una maquina a la vez en cada obra

$$\sum_{m \in M} x_{mod} \leq 1 \quad \forall o \in O, d \in D$$

- Todas las obras deben hacerse

$$\sum_{d \in D} z_{7od} = 1, \forall o \in O$$

- Naturaleza de las variables

$$x_{mod} \in \{0,1\} \quad \forall m \in M, o \in O, d \in D$$

$$z_{mod} \in \{0,1\} \quad \forall m \in M, o \in O, d \in D$$

$$y_o \geq 0 \quad \forall o \in O$$

**Función objetivo:**

$$\min \sum_{o \in O} y_o$$

*f. Resultados*

Para obtener los siguientes resultados se introdujo como parámetros la información de la que se disponía en este momento, la cual indicaba que se debían hacer 5 obras y se decidió operar las siete máquinas, luego, se realizó la implementación del modelo de optimización en Xpress-MP y se obtuvo la tabla 1 donde se puede apreciar la distribución de las máquinas en un periodo de 25 días.

		DÍAS																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
O B R A	O1	M3	M3	M3		M4	M4	M6	M6	M6	M7																	
	O2	M4	M4	M6	M6	M6	M6	M5	M5	M5	M2	M2	M1	M1	M3	M7												
	O3	M1	M1	M4	M4	M3	M3	M3	M3		M6	M6	M2	M2	M2	M5	M7											
	O4	M6	M6		M2	M2	M2	M2	M1	M1	M5	M5	M5	M7														
	O5		M2	M2		M1	M1	M1		M3	M3	M3	M7															
																											Costo por retraso en obras	
																											\$0	

*Tabla1. Solución del problema de optimización.*

Como se puede ver en la solución, todas las obras se cumplen en el tiempo establecido inicialmente en el contrato, por lo cual, se muestra que los costos por retrasos son igual a cero, es decir, no existieron días de retraso. Por otro lado, se hizo una prueba reduciendo los días en los que se planeaba entregar cada obra lo que tuvo como respuesta un aumento en los días de retraso, lo que representa un costo, esto quiere decir, que entre más pronto la empresa concuerde en entregar la obra, estará más expuesta a presentar días de retraso. Por tal motivo, se le recomienda a La Compuerta

S.A.S añadir a su estudio preliminar el uso de nuestra herramienta y a partir de ello establecer en cuántos días puede entregar cada obra sin tener que entrar en un costo adicional por retraso en la entrega.

*g. Conclusiones*

Luego de realizar el proyecto con La Compuerta S.A.S fue posible crear una herramienta que satisface las necesidades de la empresa. Ya que, al presentársela al Gerente se obtuvo una respuesta de agrado por nuestro trabajo debido a que les permitió poder interactuar de forma dinámica con lo creado personalmente para ellos. Esta herramienta les permite planear mensualmente sus construcciones por lo que tendrá una vida útil muy larga y está siempre disponible a ser mejorada.

Otra conclusión importante es que se pudo traducir una situación compleja con diversas restricciones que presentan las compañías a un modelo matemático que nos permitió aplicar los conceptos de optimización para responder los problemas de las empresas en la vida real.

*h. Referencias*

*La Compuerta Soluciones S.A.S (2020). Página Web. Tomado de: [http://www.lacompuerta.com.co/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=100&Itemid=237](http://www.lacompuerta.com.co/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=100&Itemid=237)*

*Paz, J. (22 de febrero de 2020). Entrevista con el Gerente Comercial de la Compuerta S.A.S*