



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de una instalación de Llenado Formato Big Bags de  
Exportación para una empresa productora y comercializadora de  
cemento y sus derivados.”

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentado por:**

**Cristina Emely Briones Fuentes**

**Guayaquil - Ecuador**

**Año: 2021**

# AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi director de proyecto, Oscar Calero y a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y especialmente a mi familia por darme la oportunidad de poder continuar mis estudios.

Por último, agradezco no haberme rendido a pesar de la demanda laboral y los diversos proyectos bajo mi cargo y haber podido culminar mi trabajo de graduación.

# DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mi madre María Lola por su incansable apoyo diario; a mi abuela Leonor que desde el cielo me cuida, a mi abuelo Luis que siempre es y será mi figura paterna y apoyo incondicional, a mis hermanos y amigos. A mi novio y futuro esposo Alex Pacheco, con quien tenemos muchos proyectos juntos más por cumplir.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**Óscar Calero M., Msc.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Cinthia Pérez S., Ph.D.**  
**VOCAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Cristina Emely Briones Fuentes

## RESUMEN

El proyecto es realizado en una empresa radicada en Ecuador cuyo giro de negocio es la producción de cemento y agregados para la construcción. En el área de Logística y Despacho, encargada del empaque y carga de los diferentes tipos de cemento, se incrementó una nueva operación como proyecto piloto para identificar capacidades de exportación, como lo es el proyecto de exportación de big bags de cemento a granel, de diferentes tipos de formatos y pesos.

Sin embargo, el método actual de llenado de big bags es manual, lo que genera que los pedidos que se despachan se deban realizar con semanas de anticipación para cumplir los planes de embarque de cada buque. Adicionalmente en el área actual, no hay un espacio adecuado para su almacenamiento, debido a que el material requiere de una cubierta la mitad del año por la estación invernal, lo que genera que cuando hay presencia de lluvia se tenga que parar la operación y retrasa aún más los pedidos. Como plan a mediano plazo se prevé la implementación de una línea de llenado de big bags con mayor capacidad, dado a las oportunidades en la exportación de cemento que se prevé a largo plazo con los países vecinos.

Por lo que el propósito del presente proyecto es diseñar una instalación de llenado de cemento en formato de big bags utilizando la metodología SLP Systematic Layout Planning y posteriormente evaluando diferentes escenarios de producción con un software de simulación Flexsim.

En la primera fase del proyecto, se realizará el análisis de capacidades de la instalación actual, basado en datos de tiempos de ciclo de llenado de big bags de las producciones actuales para posteriormente compararlo con la propuesta de la nueva instalación. Se analizará procesos actuales en comparación con la propuesta con diagrama OTIDA y de recorridos. Esta información parte como condicionantes de diseño para el SLP.

En las siguientes fases del proyecto, se desarrollará la metodología SLP, para identificar propuestas de layout eficientes con el fin de considerar los requerimientos de la operación y evaluar cercanía de áreas involucradas en el proyecto.

Finalmente, en la fase de simulación se desarrollará, bajo el esquema del layout propuesto, los recursos necesarios para el cumplimiento o el correcto uso de la capacidad de producción nominal instalada, en dos fases, la primera cubriendo una parte del proyecto con una capacidad limitada de espacio de almacenamiento y en la segunda fase con una capacidad de almacenamiento mayor y espacio de maniobras para montacargas y vehículos para mejorar el flujo de despacho. Con esta operación propuesta se realizó la evaluación financiera del proyecto, identificando recursos adicionales para la puesta en marcha y correcto manejo de inventarios, donde se identificó que el proyecto es rentable.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	XI
INDICE DE PLANOS .....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1.    GENERALIDADES .....	1
1.1.    ANTECEDENTES .....	1
1.2.    Descripción del problema.....	3
1.3.    Justificación .....	7
1.4.    Objetivo General .....	7
1.5.    Objetivos Específicos.....	8
CAPÍTULO 2.....	9
2.    MARCO TEÓRICO .....	9
2.1.    Análisis de procesos .....	9
2.2.    Diagrama de procesos OTIDA.....	9
2.3.    Diagrama analítico de operaciones de procesos.....	11
2.4.    Diagrama de recorrido.....	12
2.5.    Gráficas de función tiempo.....	13
2.6.    Análisis de Capacidad.....	14
2.7.    SLP Systematic Layout Planning .....	15
2.8.    Análisis financiero.....	18
CAPÍTULO 3.....	19
3.    METODOLOGÍA.....	19
3.1.    Desarrollo del SLP.....	19
3.1.1.    Plan de recolección de datos.....	19
3.1.2.    Fase de análisis (SLP).....	19
3.1.3.    Fase de búsqueda (SLP).....	37
3.1.4.    Evaluación de alternativas (SLP).....	37
3.1.5.    Layout de instalación.....	42
3.2.    Simulación del proceso .....	44
CAPÍTULO 4.....	50
4.    ANÁLISIS FINANCIERO.....	50

CAPÍTULO 5.....	52
5.    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
5.1.    Conclusiones.....	52
5.2.    Recomendaciones.....	53
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Accesorio tipo mini tolva para montacargas .....	2
Figura 1.2 Método actual de llenado de big bags con accesorio tipo mini tolva para montacargas.....	2
Figura 2.1 Significados de símbolos de diagrama de flujo. ....	9
Figura 2.2 Ejemplo de diagrama de procesos. Proceso llenado de big bags con un operario. ....	10
Figura 2.3 Ejemplo de diagrama analítico de operaciones de procesos. Fuente: Libro Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. [1].....	11
Figura 2.4 Ejemplo de diagrama de recorrido. ....	12
Figura 2.5 Gráfica en función al tiempo.....	13
Figura 2.6 Ejemplo de capacidades y centrado de un proceso .....	14
Figura 2.7 Esquema del Systematic Layout Planning .....	15
Figura 2.8 Tabla relacional de actividades. Elaboración de vigas estructurales. ....	16
Figura 2.9 Diagrama nodal de relaciones de las actividades.....	17
Figura 2.10 Diagrama relacional de espacios .....	18
Figura 3.1 Gráfico de desempeño de proceso actual.....	20
Figura 3.2 Diagrama de procesos- Proceso actual de llenado de big bags .....	21
Figura 3.3 Diagrama de recorrido proceso actual de llenado de big bags .....	23
Figura 3.4 Características de los tipos de distribución en planta de los procesos. ....	25
Figura 3.5 Ficha técnica de empaque de big bags de 1.5-1.7 toneladas.....	26
Figura 3.6 Diagrama de flujo del proceso de procesamiento de pedidos .....	28
Figura 3.7 Esquema de abastecimiento de cemento a instalación de big bags.....	29
Figura 3.8 Prototipo de línea de llenado de big bags .....	30
Figura 3.9 indicador de control de silo de instalación de big bags.....	31
Figura 3.10 Diagrama de procesos- Proceso propuesto de llenado de big bags.....	32
Figura 3.11 Diagrama de relaciones entre áreas .....	35
Figura 3.12 Diagrama nodal de relación entre áreas .....	36
Figura 3.13 Diagrama de recorrido con layout propuesto primera fase .....	45
Figura 3.14 Diagrama de recorrido con layout propuesto segunda fase .....	45
Figura 3.15 Diseño general de simulación .....	47
Figura 3.16 Resultado de simulación primera fase .....	48
Figura 3.17 Resultado de simulación segunda fase.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidades actuales y requeridas de producción. ....	7
Tabla 2. Plan de recolección de datos .....	19
Tabla 3. Diagrama OTIDA de materiales .....	22
Tabla 4. Demanda mensual de exportación de big bags en toneladas .....	27
Tabla 5. Capacidad mensual de exportación de big bags en toneladas.....	27
Tabla 6. Diagrama OTIDA proceso propuesto enfocado en materiales.....	33
Tabla 7. Procesos/ Áreas requeridas para la instalación de big bags .....	33
Tabla 8. Niveles de importancia de cercanía entre áreas.....	34
Tabla 9. Razones de cercanía entre áreas .....	34
Tabla 10. Flow between chart entre áreas .....	34
Tabla 11. Importancia de la cercanía .....	36
Tabla 12. Requerimiento de espacio.....	37
Tabla 13. Requerimiento de espacio de área de producción de big bags .....	37
Tabla 14. Evaluación de alternativa #1 .....	38
Tabla 15. Evaluación de alternativa #2 .....	39
Tabla 16. Evaluación de alternativa #3 .....	39
Tabla 17. Evaluación de alternativa #4 .....	40
Tabla 18. Evaluación de alternativa #5 .....	41
Tabla 19. Evaluación de alternativa #6 .....	41
Tabla 20. Muestra de tiempos de actividades de instalación de big bags .....	46
Tabla 21. Evaluación de proyecto de instalación de big bags .....	50
Tabla 22. Costos de capital de trabajo.....	51

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No 1.1 Comparativa de pedidos de big bags de días plan versus ejecución.....	3
Gráfica No 1.2 Comparativa de desempeño de producción promedio diario y por hora por cada buque.....	4
Gráfica No 1.3 Producción de big bags por día de pedido de julio 2020 - (2 días adicionales) .....	4
Gráfica No 1.4 Producción de big bags por día de pedido de septiembre 2020 - (5 días adicionales) .....	5
Gráfica No 1.5 Producción de big bags por día de pedido de marzo 2021 - (8 días adicionales) .....	5
Gráfica No 1.6 Producción de big bags por día de pedido de mayo 2021 - (4 días adicionales) .....	6
Gráfica 3.1 Demanda anual de exportación de big bags en toneladas.....	27
Gráfica 3.2 Gráfica de función-tiempo proceso actual y mejora .....	28

## INDICE DE PLANOS

Plano 1. Plano vista aérea del área de despacho y áreas contiguas.....	42
Plano 2. Plano vista aérea desde silo de abastecimiento hacia instalación de big bags en fase 1.....	42
Plano 3. Plano vista aérea desde la instalación de big bags y solar de expansión en fase 1.....	43
Plano 4. Plano vista aérea desde la instalación de big bags y solar de expansión en fase 2.....	44

# CAPÍTULO 1

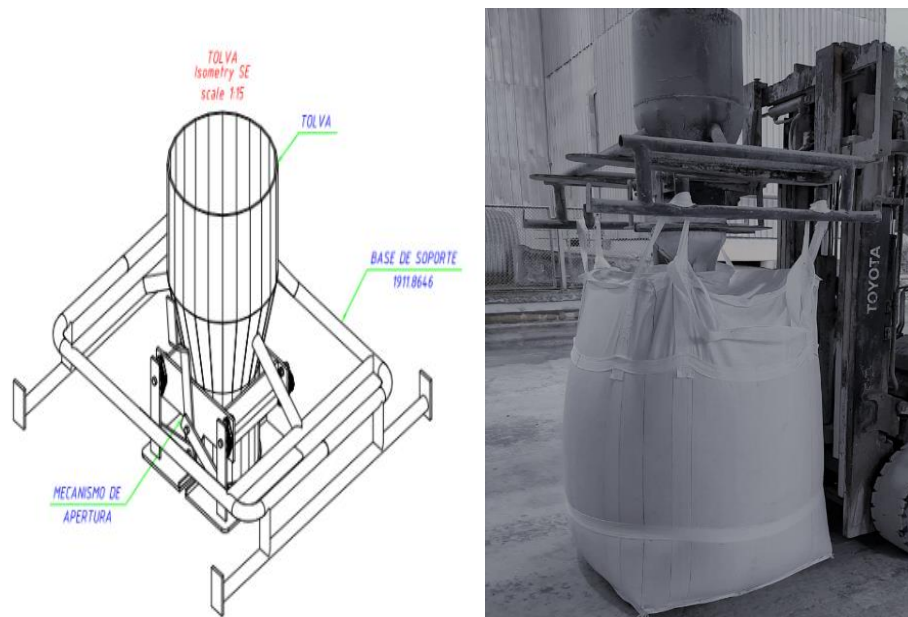
## 1. GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

La empresa de estudio pertenece al sector de la construcción y produce cemento y sus derivados tanto para el mercado local, así como para exportación. La empresa tiene varias plantas alrededor del país en donde produce los diferentes tipos de soluciones de construcción: concreto, hormigón, agregados, cemento, etc. Una de las plantas de cemento está ubicada en Guayaquil y tiene cobertura a nivel nacional a través de su red de franquiciados operada por otra empresa dentro del mismo grupo empresarial. La planta en Guayaquil despacha materia prima como clinker, yeso a clientes internos y externos y cemento en sacos a través de las franquicias. Sobre la referencia de sacos, actualmente genera de manera diaria un despacho de más de 5000 toneladas en sus diferentes presentaciones de cemento en sacos y otras 1000 toneladas en formatos al granel. Cuenta con 4 líneas de envasado y paletizado automático con una capacidad de 130 toneladas por hora, en pallets de 2 toneladas y 40 sacos. Adicional a ello 2 silos de 7000 toneladas abastecen la línea de despacho al granel.

En los últimos 3 años la empresa ha incursionado en el mercado de las exportaciones tanto de cemento en sacos como al granel y materias primas. Inicialmente se inició con exportaciones de Clinker, posteriormente el mercado fue creciendo a exportaciones de cemento en sacos de diferentes presentaciones y al momento lleva ya un año realizando exportaciones de cemento en big bags de diferentes tonelajes.

El inicio de producciones en formato Big Bags data del año 2020, sin embargo, la creciente demanda y la infraestructura de llenado actual de menos de 8 big bags por hora de capacidad, da como resultado un lead time de 6 semanas dependiendo del pedido total. En este año se tuvo 2 exportaciones de las cuales en la primera se alcanzó un máximo de 7.5 big bags por hora y en la segunda la producción en promedio fue de 6.6 big bags por hora. En lo que va del año 2021 el promedio de big bags por hora fue de 5.59 big bags por hora. La instalación actual es una operación adaptada desde el silo donde normalmente se despachan vehículos tipo cisternas. Para proceder a realizar la operación de llenado de big bags, se hace uso de montacargas con una mini tolva que se acerca a la manga del silo de granel para posteriormente llenar cada big bags.



**Figura 1.1 Accesorio tipo mini tolva para montacargas**  
Fuente: Empresa de estudio

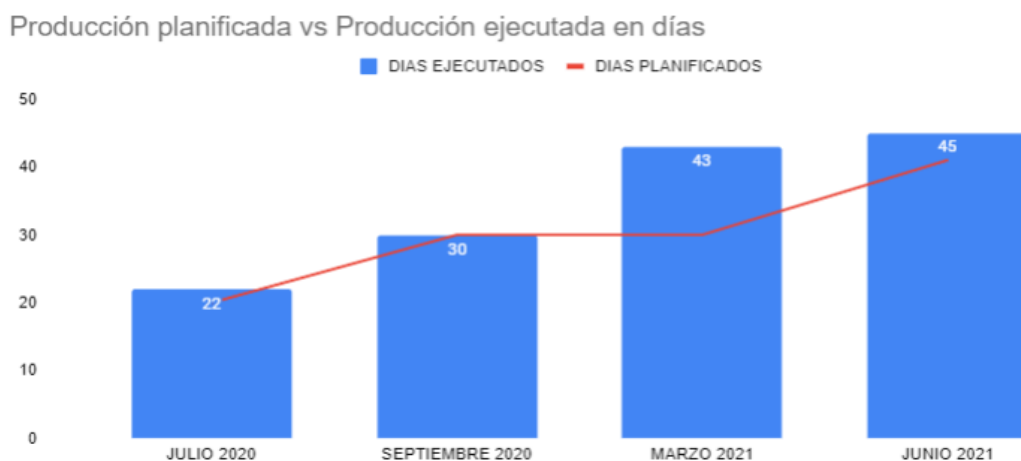


**Figura 1.2 Método actual de llenado de big bags con accesorio tipo mini tolva para montacargas**  
Fuente: Empresa de estudio

Este proceso genera que se reduzca la capacidad de despacho de cemento a granel en cisternas. El bajo ratio de producción genera que no se puedan exportar más pedidos con mayor frecuencia, lo que actualmente implica que la empresa no sea competitiva ni eficiente en el mercado de exportaciones. Otro de los puntos críticos es el consumo de recursos y los costos implicados de almacenaje, montacargas, personal. Esto sin contar con lo ineficiente del mecanismo de carga con procesos manuales y semi-manuales con altos índices de desperdicios. Por lo que es imprescindible evaluar mejoras que ayuden a incrementar la capacidad de producción de la línea de llenado de big bags y reducir los re-trabajos y actividades manuales que generan desperdicio de tiempo y por consiguiente una baja productividad de la línea.

## 1.2. Descripción del problema

En la operación de llenado de cemento en big bags, existen muchas actividades manuales que generan que el proceso sea muy susceptible a factores externos (aumento de tiempo de ciclo por demoras en puerto, clima adverso, etc.) e inclusive internos (desabastecimiento de pallets, tráfico en balanzas de ingreso o salida de planta, falta de personal, daño de montacargas, aumento de despacho de camiones tipo cisternas, etc.) y por ello se produce una alta variabilidad en los tiempos de producción de big bags, con esto generando que los días de producción se extiendan mucho más de lo inicialmente planificado. En la siguiente gráfica se muestran los días planificados por cada producción versus los días ejecutados:



**Gráfica No 1.1 Comparativa de pedidos de big bags de días plan versus ejecución**

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se muestra por cada pedido de producción (identificado por colores y fecha del pedido), el promedio de producción por día y el promedio de producción por hora logrado (círculos pequeños). El pedido de Julio 2020 fue de 5000 toneladas; tuvo un promedio de producción por día de 242.39 toneladas y un promedio de producción por hora de 7.02 big bags. En ninguno de los casos se superan las 300 toneladas por día:

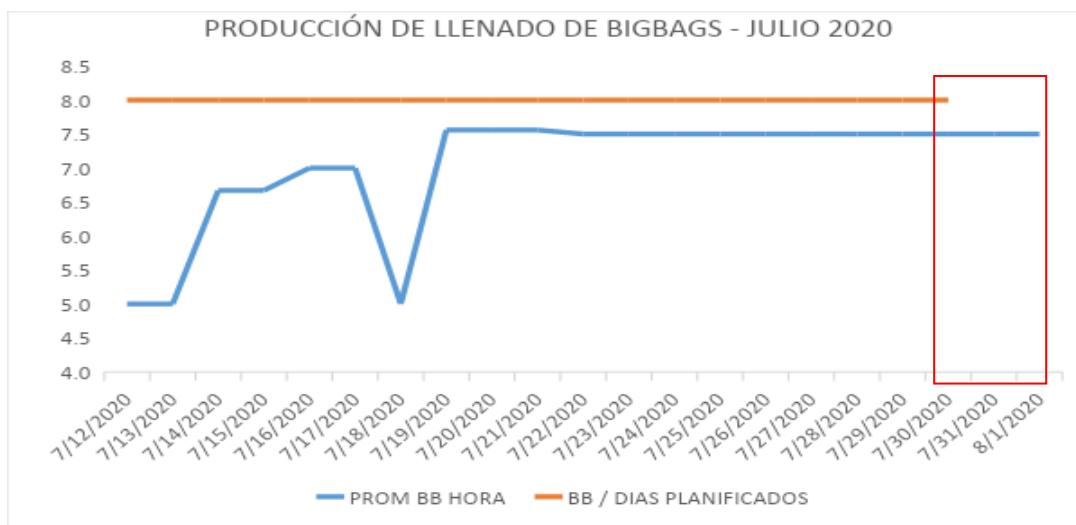
Comparación de producciones de últimos pedidos de exportación de bigbags



**Gráfica No 1.2 Comparativa de desempeño de producción promedio diario y por hora por cada buque.**

Fuente: Elaboración propia

En los siguientes gráficos se muestra la variabilidad de la producción por día, los días planificados y la cantidad de días adicionales que se ha extendido la producción de los últimos pedidos de big bags:

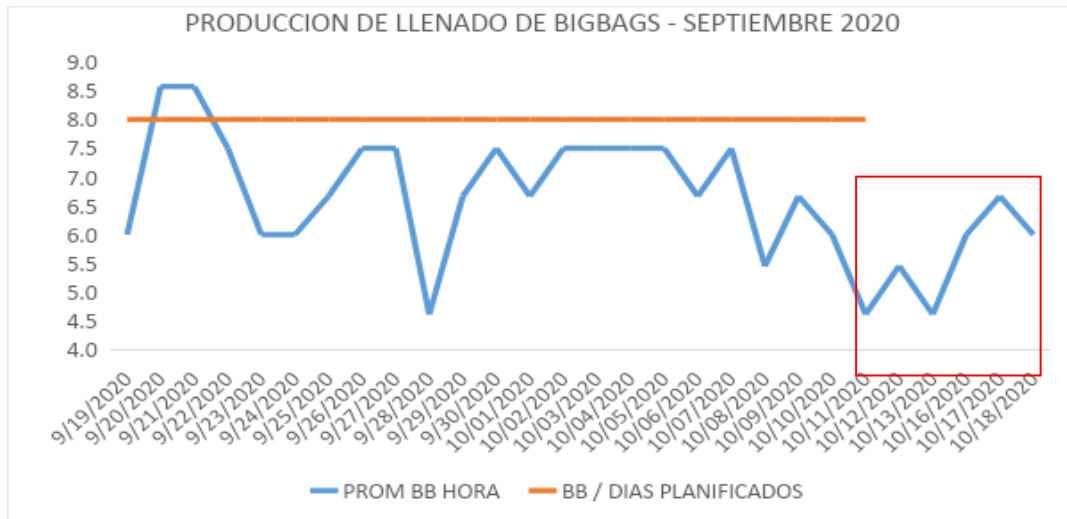


**Gráfica No 1.3 Producción de big bags por día de pedido de julio 2020 - (2 días adicionales)**

Fuente: Elaboración propia

Para este pedido de Julio 2020, se tenía la operación ideal, inicialmente los 5 primeros días de producción el área indica que fue curva de aprendizaje, ya que era la primera producción ejecutada. Para los siguientes días los factores a favor del correcto desempeño fueron: cero tráficos en vías, bodega de almacenamiento a disposición, clima soleado sin lluvias, personal propio dedicado para la operación, Silo 6 dedicado sólo para la operación de llenado de big bags. Sin embargo, la ejecución se extendió 2 días.

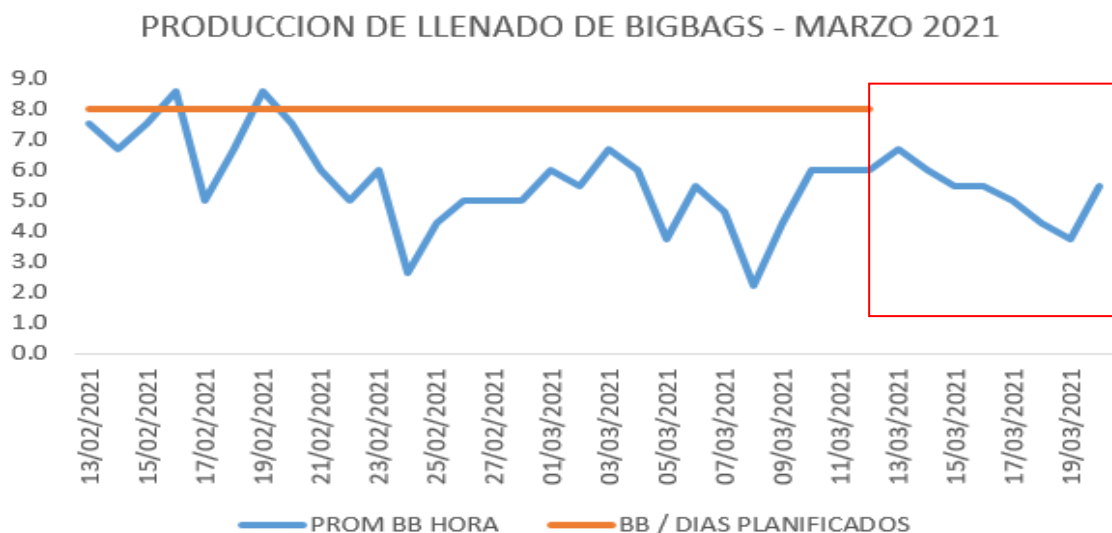




**Gráfica No 1.4 Producción de big bags por día de pedido de septiembre 2020 - (5 días adicionales)**

Fuente: Elaboración propia

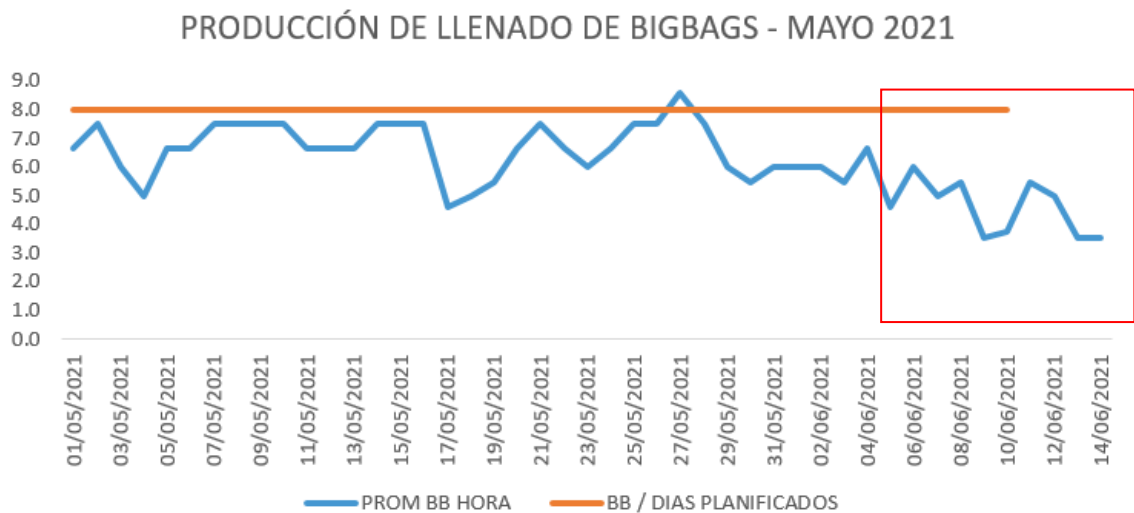
Para el pedido de septiembre de 2020, la operación tenía espacio de almacenamiento limitado, el personal del Silo 6 ya no estaba dedicado a solo la operación de big bags, sino que también debía despachar cisternas de cemento en la manga conjunta y ausencia de personal por enfermedad durante la pandemia. Adicionalmente hubo reducción de espacio de almacenamiento debido a que la bodega recuperó el 100% de ocupación de cemento en sacos. La ejecución se extendió 5 días.



**Gráfica No 1.5 Producción de big bags por día de pedido de marzo 2021 - (8 días adicionales)**

Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica se puede observar que, para el pedido de marzo de 2021, adicional a que el operador ya tenía asignada más actividades, se suman inconvenientes predominantes por el clima (lugar no es techado), falta de espacio de almacenamiento y diversas actividades manuales adicionales (movimientos adicionales de big bags a bodega por factor lluvia). La ejecución de lo planeado se extendió 8 días.



**Gráfica No 1.6 Producción de big bags por día de pedido de mayo 2021 - (4 días adicionales)**

Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica se puede observar que, para el pedido de mayo de 2021, adicional a que el operador ya tenía asignada más actividades, se mantiene una buena producción, sin embargo, el factor predominante de la variación es el clima lluvioso (lugar no es techado) y la falta de espacio para almacenamiento, lo que genera reducción de producción. La operación en este caso se extendió 4 días.

A pesar de que las operaciones de producción de llenado de cemento en big bags se extendieron solo en un rango de 2 a 8 días, no es eficiente por el promedio de toneladas producidas.

En el área existen 2 silos de almacenamiento y despacho de cemento. El Silo 5 está dedicado al cemento tipo Premium. Y el silo #6 es un silo multi cámara, con 6 cámaras cada una de capacidad de 1000 a 1300 toneladas; almacena varios tipos de cementos, dentro de este silo se almacena el cemento a granel para la exportación. La operación de llenado de big bags parte de una adaptación en el silo #6. Debido a que este silo está diseñado solo para despachar cisternas de cemento, la infraestructura en sí no da la facilidad para despachar pequeñas cantidades de cemento. Con ayuda del sistema de automatización de despacho, accesorios para montacargas y del conocimiento del operador se logra el despacho de cada big bags. En la siguiente tabla se muestra un resumen de las capacidades de producción actuales y mínimas requeridas:

	ACTUAL		REQUERIDO	
	CANTIDADES	UNIDADES	CANTIDADES	UNIDADES
<b>Demanda</b>	10000	TON	10000	TON
<b>Lead time</b>	60	DIAS	30	DIAS
<b>Tiempo de cumplimiento de pedido</b>	40-45	DIAS	18	DIAS
<b>Capacidad diaria de producción</b>	263.5	TON	>500	TON
<b>Horas requeridas</b>	960	HORAS	<480	HORAS
<b>Órdenes al año</b>	4	PEDIDOS	>12	PEDIDOS

**Tabla 1. Capacidades actuales y requeridas de producción.**

Fuente: Elaboración propia

### 1.3. Justificación

El proyecto es importante a todo nivel en la empresa, puesto que se ha logrado aprovechar al máximo la capacidad de producción de clinker y cemento desde el inicio del proyecto de exportaciones. Con el fin de diversificar la oferta de valor de nuestras exportaciones se incursiona en el mercado de cemento en sling bags y cemento al granel en formato big bags. La empresa pasó a ser de importadora de clinker (producto esencial para el cemento) a exportadora de clinker y cemento en sus diferentes formatos.

El proyecto es viable puesto que va a generar una eficiencia en tiempos de producción de pedidos completos para un estándar de pedido de 10.000 toneladas se podría reducir de 45 días de producción a un rango de 15 a 20 días de producción, permitiendo que los días de despacho y almacenamiento en puerto sean menores y por ende los costos implicados en estas actividades. Dentro de los costos asociados a la ineficiencia actual, el puerto cobra un valor de \$0.90 por tonelada cuando no se cumple el ratio por hora de vehículos que ellos pueden recibir. En el último despacho de marzo 2021 ese rubro adicional generó una pérdida de \$9000. Otro de los costos adicionales son los de almacenamiento, pasar de 45 días de despacho a menos de 20 días representa un ahorro del 100% en costos de almacenaje, puesto que se puede aprovechar los días libres de almacenamiento en puerto y no incurrir en días adicionales. Un costo indirecto hacia nuestro proveedor de transporte se dará también debido a la reducción de días laborables de conductores, puesto que tendrá conductores y vehículos concentrados en la operación menos tiempo, en lugar de pagar 45 días de operación a conductores, pagaría solo 20 días.

Así mismo se plantea que bajo esta nueva instalación, se modifiquen las especificaciones técnicas de los empaques, lo que conlleva a una reducción de costos basado en las especificaciones actuales.

### 1.4. Objetivo General

Aumentar la capacidad de producción de 8 a 45 big bags, mediante el diseño y simulación del proceso de una nueva línea automática de llenado de cemento en big bags.

### **1.5. Objetivos Específicos**

-Realizar análisis de capacidades de proceso actual, con herramientas estadísticas aplicables, para evidenciar eficiencia actual de la operación de producción de big bags.

-Realizar un layout del área con la distribución de los equipos y máquinas requeridas, utilizando la metodología de Systematic Layout Planning para presentar una propuesta adecuada a las restricciones del proyecto, necesidades de la planta y el cliente.

-Realizar evaluación económica y rentabilidad del proyecto, considerando demandas proyectadas de producción y recursos estimados a utilizar dentro de la operación.

-Simular los escenarios de producción y distribución para la línea de producción de big bags con cemento, para evaluar los recursos óptimos de la operación considerando espacios disponibles y tiempos de ciclo de cada actividad.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Análisis de procesos

En el presente proyecto se utilizaron diferentes técnicas y métodos analíticos y estadísticos para evaluar el proceso actual de llenado de big bags que permita identificar los contribuyentes que impactan el proceso y que deben ser considerados cuando se analice la implementación de una nueva línea de llenado de big bags.

#### Descripción de procesos.

La descripción de procesos surge de la importancia de poder representar la realidad de los procesos. En el caso del proyecto actual, es importante mostrar la fase actual y la fase propuesta con la nueva instalación de big bags. Para esto se utilizarán las siguientes herramientas: Diagrama analítico de operaciones de procesos, diagrama de procesos OTIDA y Diagrama de recorrido, Gráficas función tiempo.

### 2.2. Diagrama de procesos OTIDA.

Es un diagrama gráfico que describe la secuencia de cada actividad del proceso. Se debe definir un alcance, es decir, un inicio y un fin del proceso. El diagrama debe estar enfocado en máquina, material o persona (solo uno). Es importante que finalizado el diagrama éste sea validado por personas que conozcan del proceso. [4]

Durante el registro de la información se deben obtener datos de cada actividad como, tiempos y distancias recorridas, además de observaciones importantes para cada proceso mientras se realiza la toma de datos, por ejemplo, la cantidad de operarios que interactúan en el proceso. Este diagrama agrupa en cinco categorías las operaciones en las que un producto puede asignarse, cada una con su símbolo, el cual se detalla en la siguiente figura:

→	Transporte: cualquier operación que implique el desplazamiento del producto de un lugar a otro.
▽	Almacenaje (o stock): depósito del producto en un lugar fijo durante un periodo de tiempo en general largo
D	Espera (parecido al stock): el producto espera un tiempo (en general no muy largo) entre una operación y otra.
□	Control: el producto sufre una inspección de cualquier tipo. En general se asocia con comprobaciones de calidad.
○	Valor añadido: el producto sufre una transformación que le añade valor.
◻	Operación combinada. Se utilizan símbolos combinados para indicar operaciones simultáneas

**Figura 2.1 Significados de símbolos de diagrama de flujo.**

Fuente: Libro Manual práctico de diseño de sistemas productivos. [2]

**Transporte:** Cuando se debe trasladar un producto de un lado a otro. Por ejemplo, el transporte de un big bag desde el lugar de llenado hasta el lugar del almacenamiento y/o despacho. Esta operación puede combinarse con otras operaciones, tales como: almacenaje, valor añadido y/o control.

**Almacenaje:** Se refiere a un producto o material que se acopia en un lugar fijo y por lo generar por un tiempo de permanencia largo. Generalmente requiere de supervisión y control para que no sea trasladado sin aprobación.

**Espera:** Refleja la demora en una actividad. Son productos o materiales esperando ser procesados. También puede ser el caso de materiales que mientras esperan se está produciendo alguna transformación en el mismo, por lo que puede considerarse como Valor añadido también. El tiempo de espera generalmente no es muy largo.

**Control:** Sirve para comprobar que esté correctamente manufacturado o que no tenga fallas de calidad. No contribuye a algún cambio del producto o material.

**Valor añadido:** Cuando el material o producto tiene alguna transformación como, por ejemplo: modifica, añade, quita elementos que hacen que se adelante en el proceso.

**Operación combinada:** Cuando varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operador en un mismo lugar.

A continuación, se muestra un ejemplo de un diagrama de procesos:

Diagrama No.:	No. 1	Resumen											
		Actual			Propuesto				Ahorros				
Proceso:	Producción y despacho de bigbags con cemento	Actividad:	Símbolo	Cantidad	Tiempo	Distancia	Actividad:	Cantidad	Tiempo	Distancia	Cantidad	Tiempo	Distancia
Actividad:	Llenado de bigbags con cemento	Operación		5	185.00	12	Operación						
Método:	Actual	Transporte		5	215.00	159	Transporte						
Lugar:	Área de despacho - Silo 6	Espera		2	420.00	0	Espera						
Fecha:	15 mayo de 2021	Inspección		1	8.00	0	Inspección						
Elaborado por:	Cristina Briones Fuentes	Almacenamiento		1	30.00	4	Almacenamiento						
Operario:	X	Totales actividad		14	858.00		Totales actividad						
Material:	N/A	Costos	Silon	17.5			Costos						
Máquina:	N/A												

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA EN METROS	TIEMPO EN SEGUNDOS	ACTIVIDAD					OBSERVACIONES	
1	TRASLADO CON MONTACARGAS A ÁREA DE EMPAQUE	35	30							
2	COLOCACIÓN DE PALLETS Y LÁMINAS EN ESPACIO DE PRODUCCION	10	15							
3	ELECCIÓN DE EMPAQUE, REVISIÓN Y COLOCACIÓN DE BIGBAG EN MONTACARGAS	2	55							
4	ESPERA A DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA PARA INGRESO A ÁREA DE LLENADO	0	131							
5	TRASLADO A MANGA 1 DE LLENADO DE CEMENTO Y MANIOBRA DE ESTACIONAMIENTO	28	40							
6	ESPERA DE LLENADO DE BIGBAGS	0	289							
7	RECOLECCION DE ETIQUETA	28	5							
8	TRASLADO DE MANGA 1 A ÁREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE BIGBAGS LLENOS	28	64							
9	RETIRO DE BIGBAGS LLENO DE MONTACARGAS	0	45							
10	CIERRE DE VÁLVULA DE BIGBAGS Y COLOCACION DE ETIQUETA	0	22							
11	LIMPIEZA DE EXCESO DE CEMENTO EXTERNO EN BIGBAGS	0	50							
12	INSPECCIÓN FINAL DE EMPAQUE	0	8							
13	TRANSPORTE DE BIGBAGS A BLOQUE 16	40	75							
14	ALMACENAMIENTO DE BIGBAGS EN BLOQUE 16	4	30							
			859							

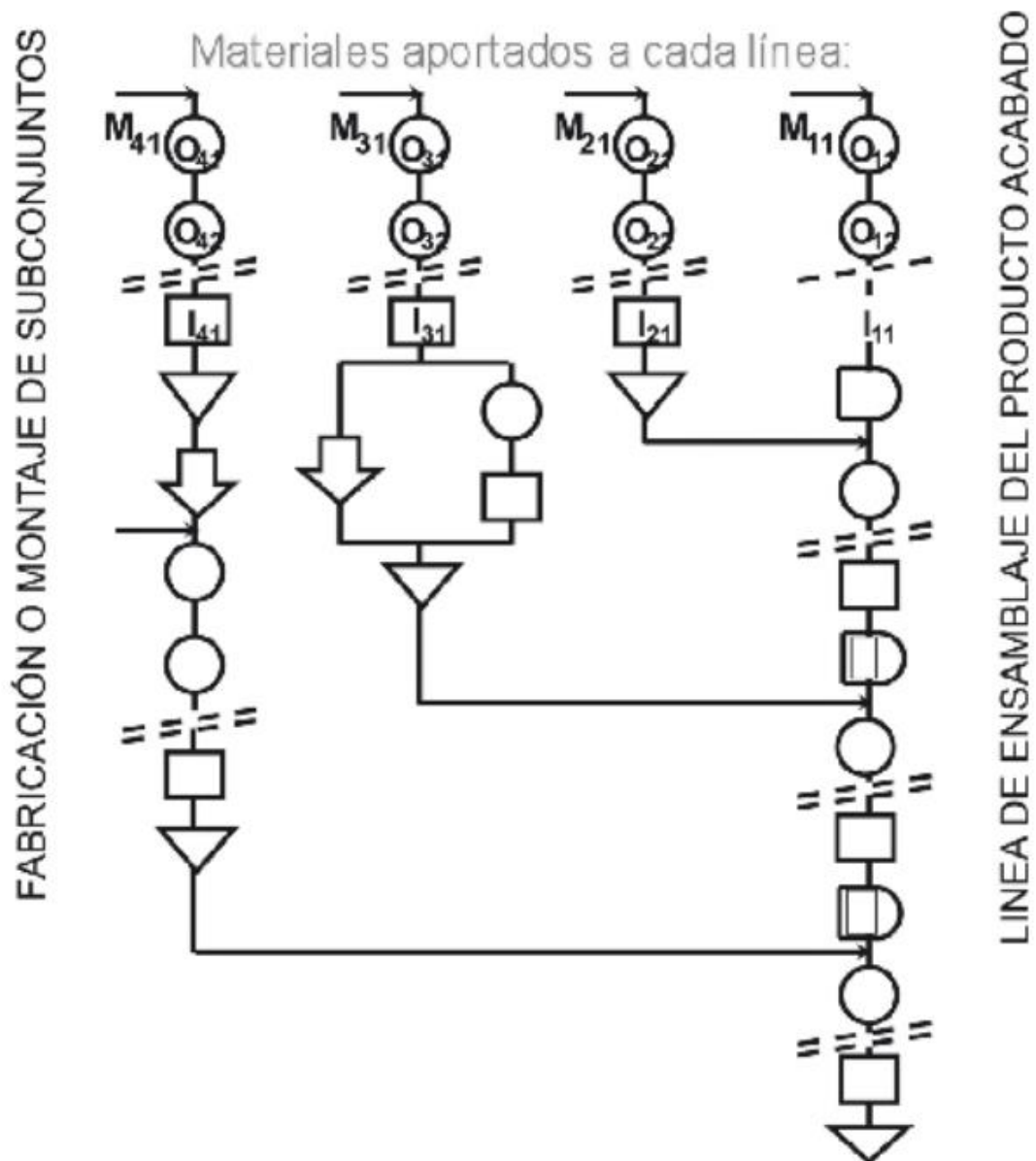
**Figura 2.2 Ejemplo de diagrama de procesos. Proceso llenado de big bags con un operario.**

Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Diagrama analítico de operaciones de procesos.

Es un diagrama utilizado con mayor frecuencia en estudio de distribuciones de plantas. En el cual se utiliza además de los símbolos y líneas que unen una actividad con otra, pero también se incluye información adicional en cada símbolo respecto al tiempo de cada actividad, distancias recorridas, pesos, volumen, etc. Este diagrama se puede elaborar enfocado a varias personas al tiempo realizando diferentes actividades que finalmente derivan a un mismo proceso o generen un mismo resultado. [1]

A continuación, se muestra un ejemplo de un diagrama de analítico de operaciones de procesos:



**Figura 2.3** Ejemplo de diagrama analítico de operaciones de procesos.

Fuente: Libro Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. [1]

## 2.4. Diagrama de recorrido.

El diagrama de recorrido es un diagrama en el plano de la instalación en donde se muestra el paso a paso basado en el diagrama de flujo o proceso y el trayecto realizado por los operarios, materiales o equipos.

La ruta debe de ser identificada mediante flechas que señalen la dirección del recorrido.

A diferencia de los diagramas de flujo en sí, este diagrama muestra gráficamente el flujo de trabajo dentro de las áreas involucradas de la planta. [4]

A continuación, se muestra un ejemplo de un diagrama de recorrido:



**Figura 2.4 Ejemplo de diagrama de recorrido.**

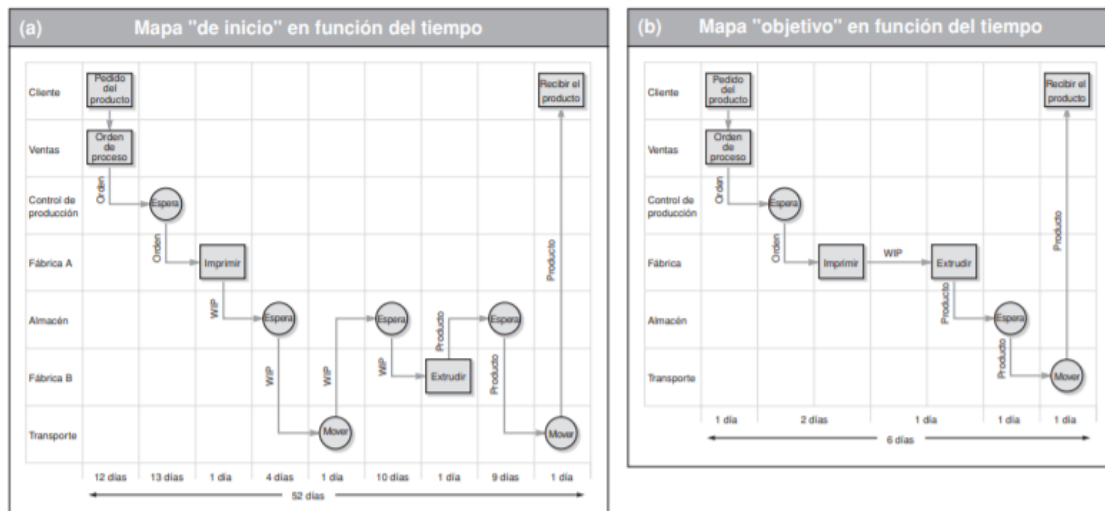
Fuente: Libro Localización, distribución en planta y mantenimiento [4]



## 2.5. Gráficas de función tiempo.

Es un diagrama de flujo con dos ejes, el eje horizontal se describe el tiempo y el eje vertical se describen las áreas involucradas en el proceso. Dentro de este diagrama se incluyen nodos y flechas que indican la secuencia del proceso. Estos diagramas son de gran utilidad al permitir evaluar pasos innecesarios y oportunidades de mejora (Heizer y Render, 2007).

A continuación, se muestra un mapa/ gráfica en función al tiempo de un producto con requerimiento de actividades de extrusión e impresión:



**Figura 2.5 Gráfica en función al tiempo.**

Fuente: Libro Dirección de la producción y operaciones [6]

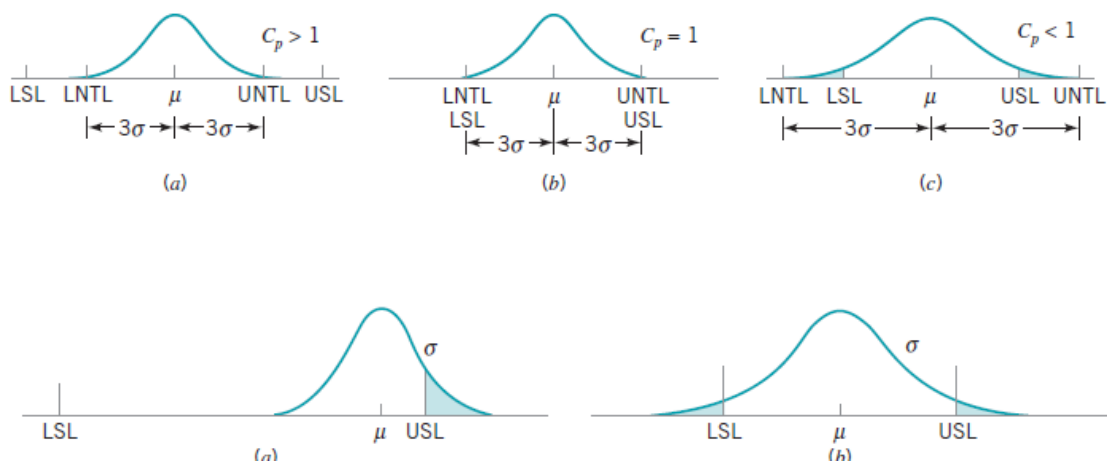
## 2.6. Análisis de Capacidad.

El objetivo del análisis de capacidad es comparar la variación del proceso con respecto a los requerimientos del cliente interno o externo (límites de especificación). Mide la frecuencia con que los productos/servicios que se generan en un proceso cumplen con las especificaciones de ingeniería. Hace referencia a la uniformidad del proceso (Montgomery, 2009).

Este estudio de la capacidad del proceso nos permite:

- Especificar los requisitos básicos de operación de nuevos equipos.
- Herramienta de apoyo para los diseñadores de un producto a elegir, diseñar o rediseñar un proceso.
- Evaluar cuán eficiente es un proceso dentro de ciertas especificaciones dadas.
- Herramienta de apoyo para identificar puntos críticos para reducir la variabilidad en un proceso de manufactura.

Un proceso es incapaz cuando se sale de los límites de especificación. La incapacidad de un proceso se puede presentar de diversas maneras, como, por ejemplo: a) cuando la variación es muy grande que no cabe dentro de los límites de especificación; b) proceso cambiante durante el tiempo, el cual inicialmente cumple con los límites de especificación, pero luego la variación crece y se sale de los límites; c) proceso que cumple con los límites, pero luego por cambios en su promedio se sale de los mismos sin aumentar su variación.



**Figura 2.6 Ejemplo de capacidades y centrado de un proceso**

Fuente: Libro Montgomery [8]

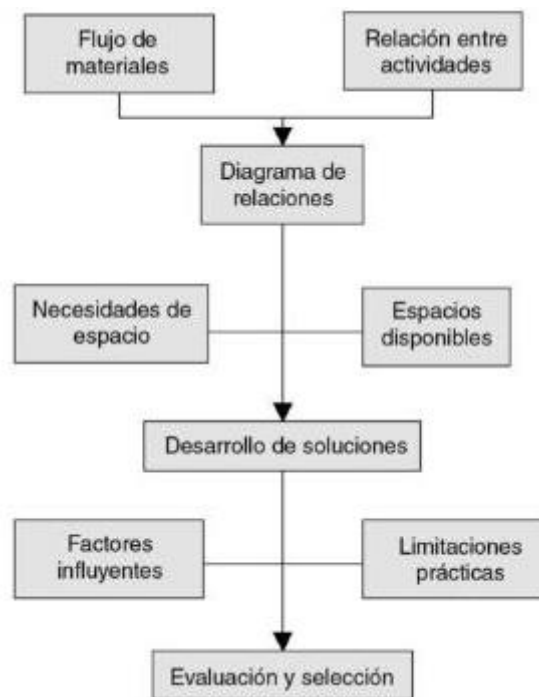
Para poder realizar un análisis de capacidades del proceso, es primordial que se realice bajo condiciones básicas de operación, debido a que se evalúa causas comunes, es decir, inherentes al proceso; generan aproximadamente el 85% de los problemas del proceso. Esta variación, a corto plazo o Cpk, es una parte de la variación total. El análisis de capacidad a largo plazo o desempeño del proceso (Ppk), analizan las causas comunes como las asignables (variaciones por máquina, día, operador, lote, etc.). El software a utilizar para el análisis es Minitab.

## 2.7. SLP Systematic Layout Planning

La Planeación Sistemática del diseño de una planta (SLP, Systematic Layout Planning), es una metodología sistemática y multicriterio, desarrollada por Richard Muther, que sirve de base para el análisis, búsqueda y selección de soluciones de problemas de distribución de planta mediante el uso de criterios cualitativos (Suñé et al., 2004).

El método se divide en fases: análisis, búsqueda, desarrollo y evaluación de soluciones. El método puede ser aplicado a distribuciones nuevas o ya existentes. Las soluciones a obtener, pueden ser varias, pero van a depender de los criterios elegidos.

A continuación, se muestra el esquema general del SLP:



**Figura 2.7 Esquema del Systematic Layout Planning**

Fuente: Manual práctico de diseño de plantas [2]

### Fase Análisis.

#### Análisis de producto y cantidad.

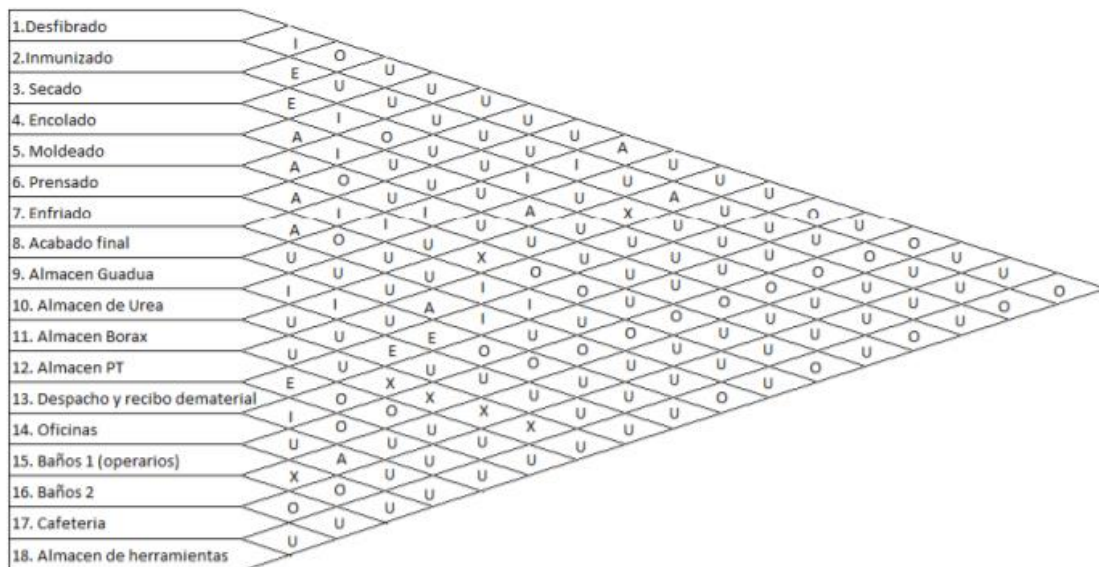
En esta etapa es importante la recopilación de información sobre el tipo de producto, variedad de productos, volúmenes de producción según un horizonte de tiempo establecido para poder realizar un análisis de tipo de distribución adecuado.

#### Análisis del recorrido de los productos

En esta etapa es primordial determinar el flujo de producción del producto dentro de las diferentes operaciones para definir un proceso adecuado, aplicando diagramas descriptivos como el diagrama de recorrido y diagrama OTIDA. Estos aportan información importante como condiciones y posibles restricciones al momento de realizar una distribución de planta. Para recopilar la información requerida se realizó recorridos en el área asignada y mediante reuniones con las áreas involucradas.

## Análisis de las relaciones entre las actividades

En esta etapa con la información del recorrido de los productos se revisa las diferentes interacciones entre las actividades productivas y servicios auxiliares. Las interacciones son descritas con un código de letras de la siguiente manera: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la no deseabilidad se representa generalmente por la letra X.

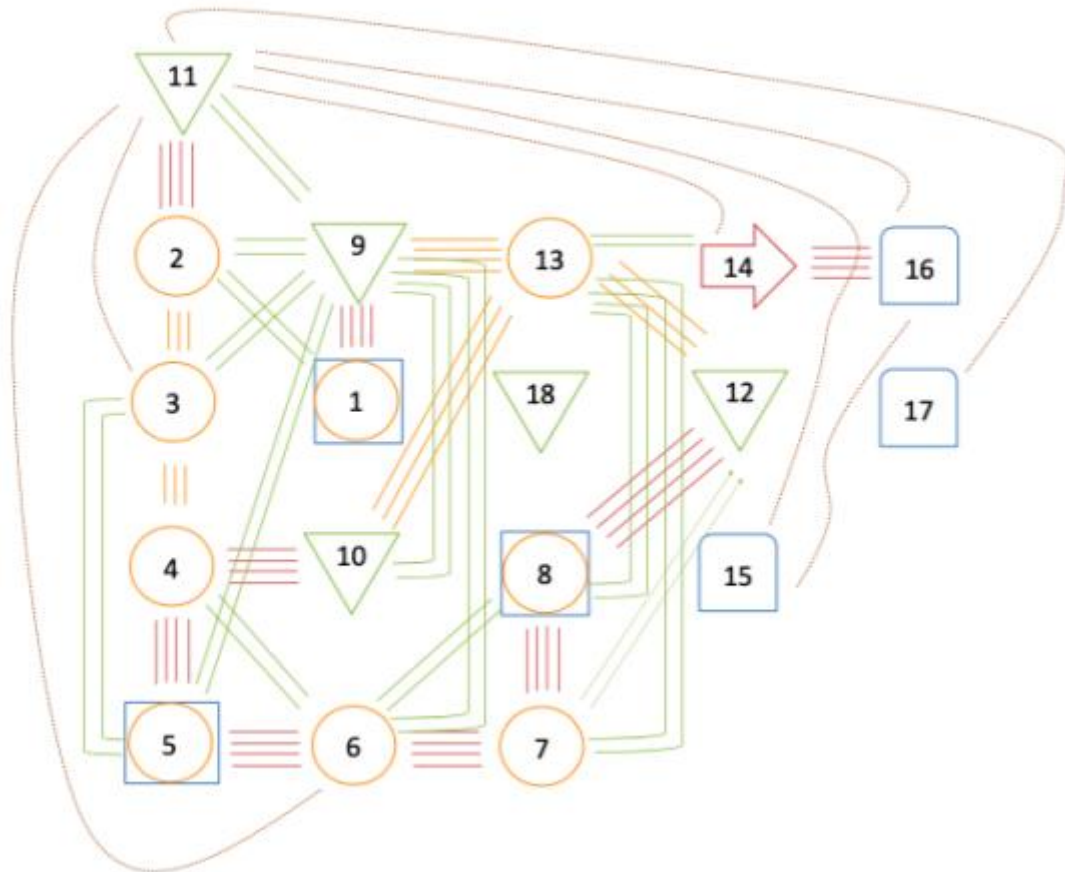


**Figura 2.8** Tabla relacional de actividades. Elaboración de vigas estructurales.

Fuente: Metodología SLP para el diseño de plantas [10]

## Desarrollo de Diagrama de Relaciones de las actividades

En esta etapa con la información de las relaciones entre las actividades y la importancia de la cercanía entre ellas (en torno a distancias), es representada en el Diagrama Relacional de Actividades. Este diagrama tipo grafo se ajusta a prueba y error minimizando el número de cruces de líneas que representan las relaciones entre cada actividad o al menos teniendo en cuenta las que generan una mayor intensidad entre ellas. Con esto se debe cumplir el principio de mínima distancia recorrida y asegurando que la secuencia de las actividades sea similar con el flujo de materiales. Permite analizar que las relaciones tipo A sean adyacentes y las de tipo X no sean adyacentes (Torres et al., 2020).



**Figura 2.9 Diagrama nodal de relaciones de las actividades**

Fuente: Metodología SLP para el diseño de plantas [10]

### **Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios**

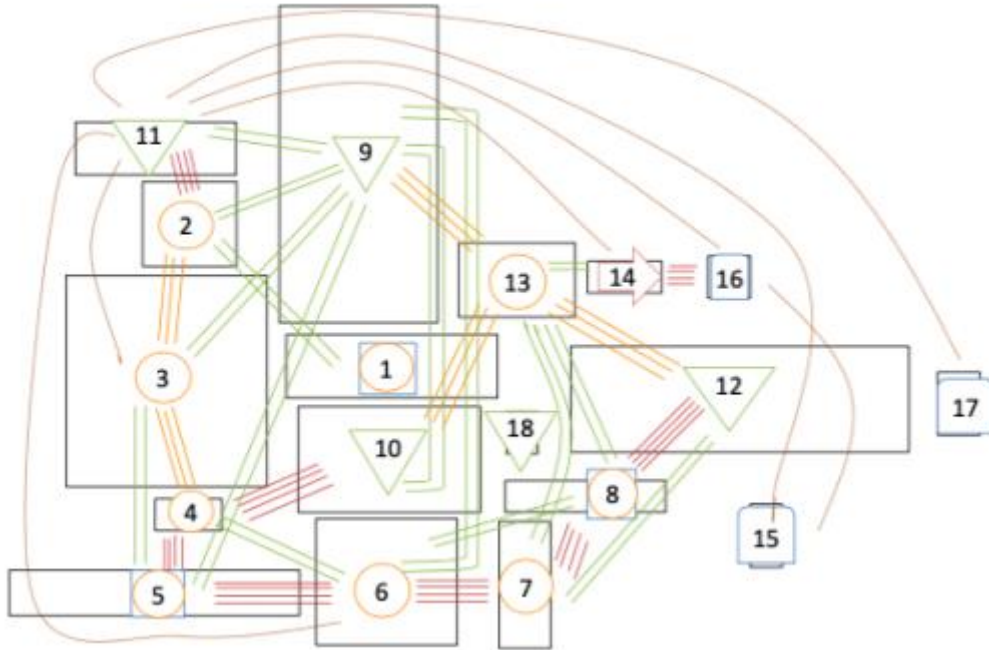
En esta etapa se empieza a identificar la información del área requerida por cada actividad para su normal ejecución y desempeño, se debe evaluar la cantidad en mts<sup>2</sup> de superficie y la forma del área destinada a cada actividad.

El espacio que cada actividad requiere no solo depende de las características propias de la actividad, sino que pueden existir algunas condiciones adicionales dependiendo del proceso macro, su gestión o de la demanda en sí.

### **Fase de búsqueda.**

#### **Desarrollo del diagrama relacional de espacios.**

En este paso se desarrolla el diagrama relacional de espacios, el cual usa el diagrama nodal de relaciones entre actividades y se añaden diagramas de bloques representados a escala, en un tamaño que represente el espacio ocupado de manera proporcional. Dentro del mismo se suele incluir información relacionada a la actividad como, por ejemplo, el número de máquinas o equipos dentro del área. La obtención de soluciones o alternativas se desarrolla evaluando entre dos a cinco propuestas, iterando diversas distribuciones reales considerando todos los condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al proceso.



**Figura 2.10 Diagrama relacional de espacios**  
 Fuente: Metodología SLP para el diseño de plantas [10]

### Fase de evaluación y selección de alternativas.

Por último, en esta etapa del proceso, se debe evaluar las propuestas con la mejor distribución de planta. Para este caso se utilizará el método de análisis de factores ponderados, en el cual se califica la importancia de cada factor definido versus un puntaje del 1 al 10. Con esto se selecciona a la opción que haya obtenido el mayor puntaje.

### 2.8. Análisis financiero.

Este análisis es prioritario como herramienta de soporte para la toma de decisiones sobre rechazar o aceptar proyectos, evaluando rendimientos basados en un presupuesto de capital en un determinado período de tiempo. [5]

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Desarrollo del SLP.

#### 3.1.1. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos para este proyecto se realiza en colaboración con las diferentes áreas de la empresa que están involucradas en cada parte del mismo:

¿Qué medir?	Unidad	Tipo de datos	¿Cómo se mide?	Registros	¿Dónde se va a usar?	Responsable de recolección de datos
DIMENSIONES DE LA INSTALACIÓN DE BIGBAGS	METROS CUADRADOS	CONTINUOS	PLANOS DE PROYECTOS	REGISTROS DE ÁREA RESPONSABLE	LAYOUT PROPUESTO	ÁREA PROYECTOS
INVENTARIO DE BIGBAGS PRODUCIDOS	UNIDADES POR DÍA	DISCRETOS	ENTREVISTA CON COORDINADOR DE S&OP	REGISTROS DE PRODUCCIÓN	METODOLOGÍA SLP	CRISTINA BRIONES
INVENTARIO DE BIGBAGS VACIOS	UNIDADES POR DÍA	DISCRETOS	ENTREVISTA CON COORDINADOR DE S&OP	REGISTROS DE PRODUCCIÓN	METODOLOGÍA SLP	CRISTINA BRIONES
INVENTARIO DE PALLETS	UNIDADES POR DÍA	DISCRETOS	ENTREVISTA CON COORDINADOR DE S&OP	REGISTROS DE PRODUCCIÓN	METODOLOGÍA SLP	CRISTINA BRIONES
DIMENSIÓN DE GALPÓN DE ALMACENAMIENTO	METROS CUADRADOS	CONTINUOS	PLANOS DE PROYECTOS	REGISTROS DE ÁREA RESPONSABLE	METODOLOGÍA SLP	ÁREA PROYECTOS
CAPACIDAD DE ABASTECIMIENTO DE BIGBAGS VACIOS	UNIDADES POR DÍA	DISCRETOS	ENTREVISTA A PROVEEDOR	CORREOS ELECTRONICOS	METODOLOGÍA SLP	CRISTINA BRIONES
DIMENSIONES DE BIGBAGS	METROS (ANCHO, ALTURA, PROFUNDIDAD)	CONTINUOS	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PROVEEDOR	FICHA TÉCNICA	METODOLOGÍA SLP	CRISTINA BRIONES
PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIGBAGS	UNIDADES POR DÍAS/MES	DISCRETOS	DIGITALMENTE	REGISTROS DE PRODUCCIÓN	METODOLOGÍA SLP/ SIMULACIÓN FLEXSIM	CRISTINA BRIONES
DEMANDA DE BIGBAGS	UNIDADES POR MES/PEDIDO	DISCRETOS	ENTREVISTA CON COORDINADOR DE S&OP	CORREOS ELECTRONICOS	METODOLOGÍA SLP/ SIMULACIÓN FLEXSIM	CRISTINA BRIONES
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE BIGBAGS DE INSTALACIÓN	BIGBAGS POR HORA	DISCRETOS	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PROVEEDOR	FICHA TÉCNICA	SIMULACIÓN FLEXSIM	CRISTINA BRIONES
TIEMPO DE RECORRIDO DE RECURSOS	METROS SOBRE SEGUNDOS	CONTINUOS	FÍSICAMENTE	REGISTRO	SIMULACIÓN FLEXSIM	CRISTINA BRIONES

**Tabla 2. Plan de recolección de datos**

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de la metodología SLP (Systematic Layout Planning) para el proyecto planteado, se aplicó el esquema sugerido por Richard Murther de fases para un mejor desempeño del mismo: Fase de análisis, fase de búsqueda y fase de evaluación y selección.

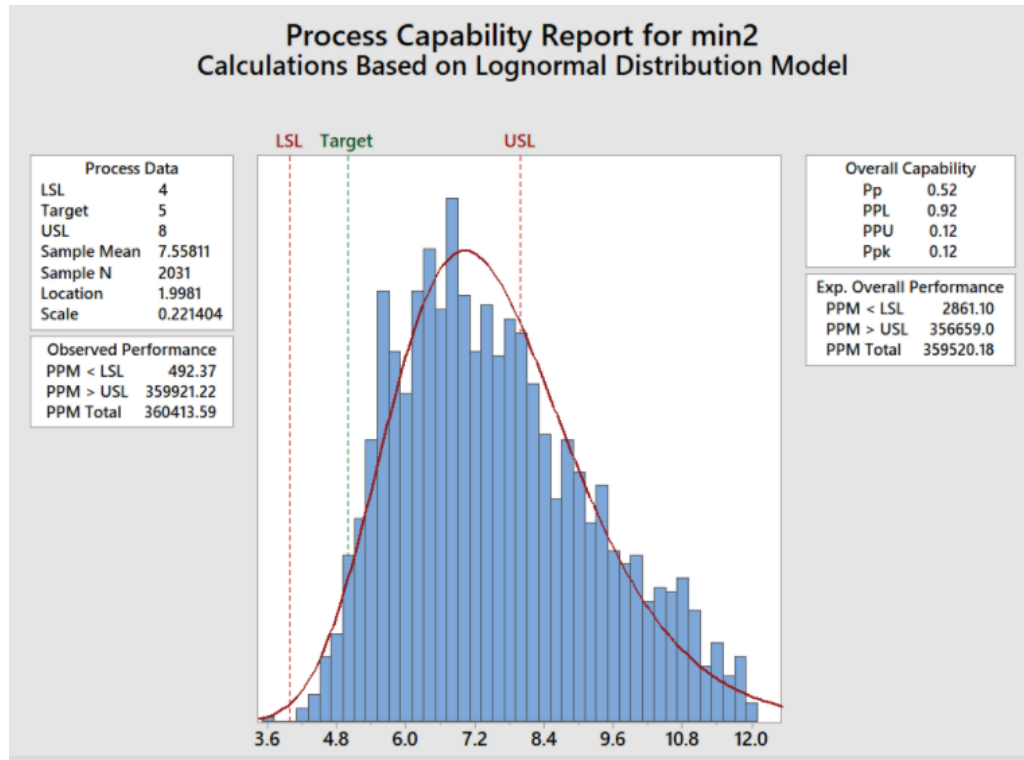
#### 3.1.2. Fase de análisis (SLP)

##### Análisis del proceso actual.

El proceso actual de llenado de big bags es una operación adaptada de despacho de cemento a granel desde un silo diseñado para solamente despachar cisternas de 35 toneladas de capacidad. Esta propuesta de llenado de big bags se diseñó como prueba piloto para abrir exportaciones al mercado internacional y para identificar y dimensionar capacidades de producción requeridas y capacidades de despacho y embarque vía marítima.

Desde el 2020 a junio 2021 se han despachado 4 pedidos de entre 5500 toneladas a 10000 toneladas. Sin embargo, esta operación tiene un bajo desempeño de producción de big bags por hora, que ha variado desde los 7.5 hasta los 5.5 bb/hr en los últimos meses. Dando un costo de distribución por tonelada mayor al objetivo establecido de \$25.

Se realizó un análisis de capacidad de los tiempos ciclo de llenado de big bags con la información del último pedido de exportación, el cual tiene una muestra de tamaño  $n=2031$  datos registrados. Se definió como valores límite Lower Specification Limit,  $LSL=4$  min y Upper Specification Limit,  $USL= 8$  min y un objetivo= 5 min, según requerimiento de área.



**Figura 3.1 Gráfico de desempeño de proceso actual**

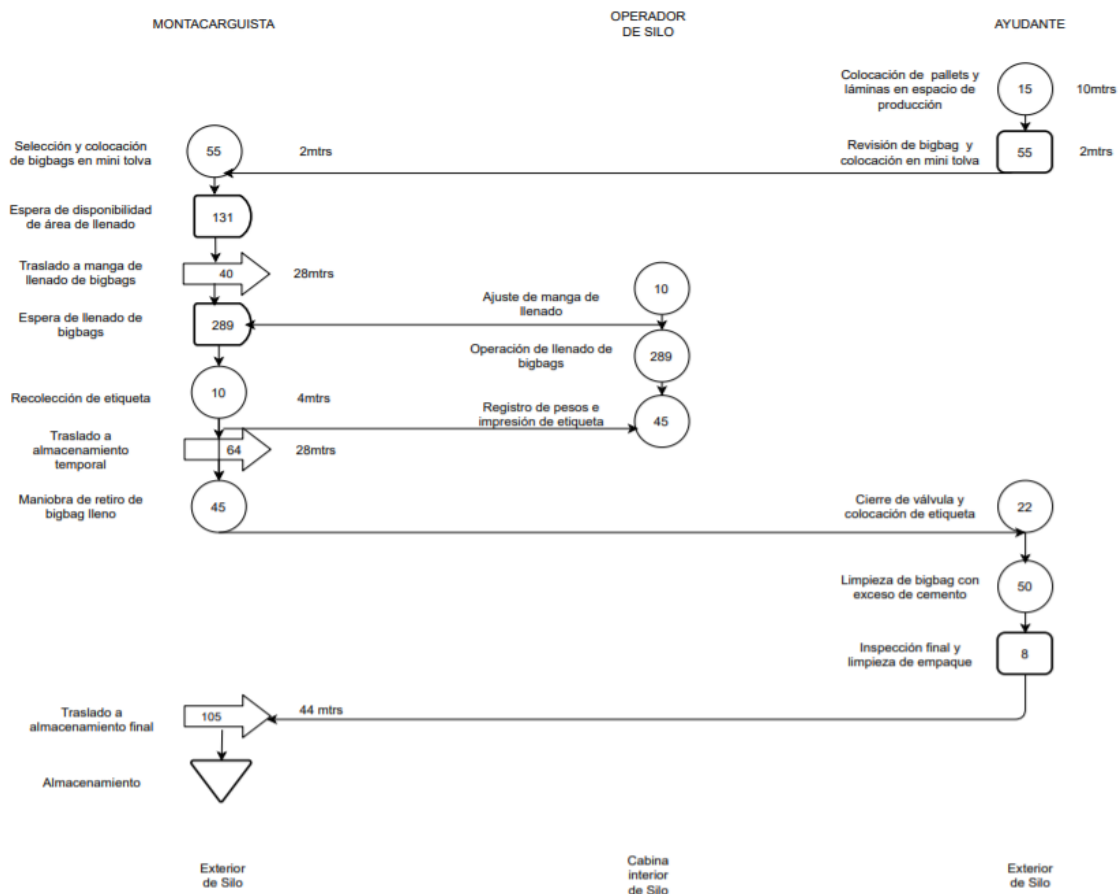
Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar que el proceso actual tiene un valor de Pp de 0.52 (menor que el benchmark de 1.33) se requiere una mejora del proceso, basada en su variabilidad. El valor del índice PPL de 0.92 y un valor PPU de 0.12, refleja que el proceso más probable de producir unidades que estén cerca del límite superior (8min), es decir 7.5 big bags por hora. Sin embargo, con un Ppk de 0.12 el proceso cumple mínimamente las especificaciones.

Adicionalmente en la gráfica se muestra, que la actividad tiene pocos valores bajo el límite inferior de especificación. Lo cual indica que actualmente no puede cumplir con un tiempo de ciclo de 5 minutos, la gran mayoría de datos reales registrados no cumplen dicho objetivo, por lo que superan el target e inclusive el límite superior de especificación.

El siguiente diagrama de procesos indica la secuencia que realiza el personal asignado (montacarguista, ayudante, operador de silo), para poder producir un big bag. Para esto se tomó como ejemplo el recorrido más largo que actualmente hace hasta el lugar de almacenamiento final previo a su despacho. En el diagrama se muestran tiempos en segundos (en los símbolos del diagrama) y metros (junto a símbolos) de distancia recorrida en función a los operarios:





**Figura 3.2 Diagrama de procesos- Proceso actual de llenado de big bags**






Fuente: Elaboración propia

Actualmente desde el silo solo se puede cargar un big bag a la vez. Por lo que el mayor recorrido de un montacargas lo realizaría en 859 segundos, descrito en diagrama de procesos, según los datos obtenidos en campo. Se evidencia un total de cinco actividades de transporte sólo durante el proceso de llenado y almacenamiento de big bags. Esto debido a la infraestructura actual la cual requiere que el montacarguista se traslade 124 metros con un solo big bag para poder completar un ciclo completo. El costo logístico de esta producción representa \$17.5 por tonelada, lo que implica un total de 64% del costo logístico total actual.






La operación actual no es una operación eficiente y tiene algunas restricciones:

- Fuga de cemento en el llenado desde la manga a la mini tolva y tiempos muertos en inspección y limpieza posterior de cada big bag
- Falta de espacio cubierto para almacenamiento y despacho, por lo que se tiene que parar la producción cuando garúa o llueve por la condición del material
- Impacto en el despacho de cemento a granel debido al cierre de una manga de despacho para uso exclusivo para big bags
- Tiempos altos de traslado para almacenamiento por cada big bag, lo que implica el uso de más recursos para poder cumplir meta por hora de producción
- Proceso susceptible a factores externos como clima lluvioso, tráfico vehicular interno, etc.

A continuación, se muestra el diagrama OTIDA enfocado en el movimiento de materiales de empaque:

Diagrama No.:	No. 1	Resumen											
		Actual				Propuesto				Ahorros			
Proceso:	Producción y despacho de bigbags con cemento	Actividad:	Símbolo	Cantidad	Tiempo	Distancia	Actividad:	Cantidad	Tiempo	Distancia	Cantidad	Tiempo	Distancia
Actividad:	Llenado de bigbags con cemento	Operación		5	185.00	12	Operación						
Método:	Actual	Transporte		5	215.00	159	Transporte						
Lugar:	Área de despacho - Silo 6	Espera		2	420.00	0	Espera						
Fecha:	15 mayo de 2021	Inspección		1	8.00	0	Inspección						
Elaborado por:	Cristina Briones Fuentes	Almacenamiento		1	30.00	4	Almacenamiento						
Operario:	N/A	Totales actividad		14	858.00		Totales actividad						
Material:	X	Costos	\$/ton	17.5			Costos						
Máquina:	N/A												

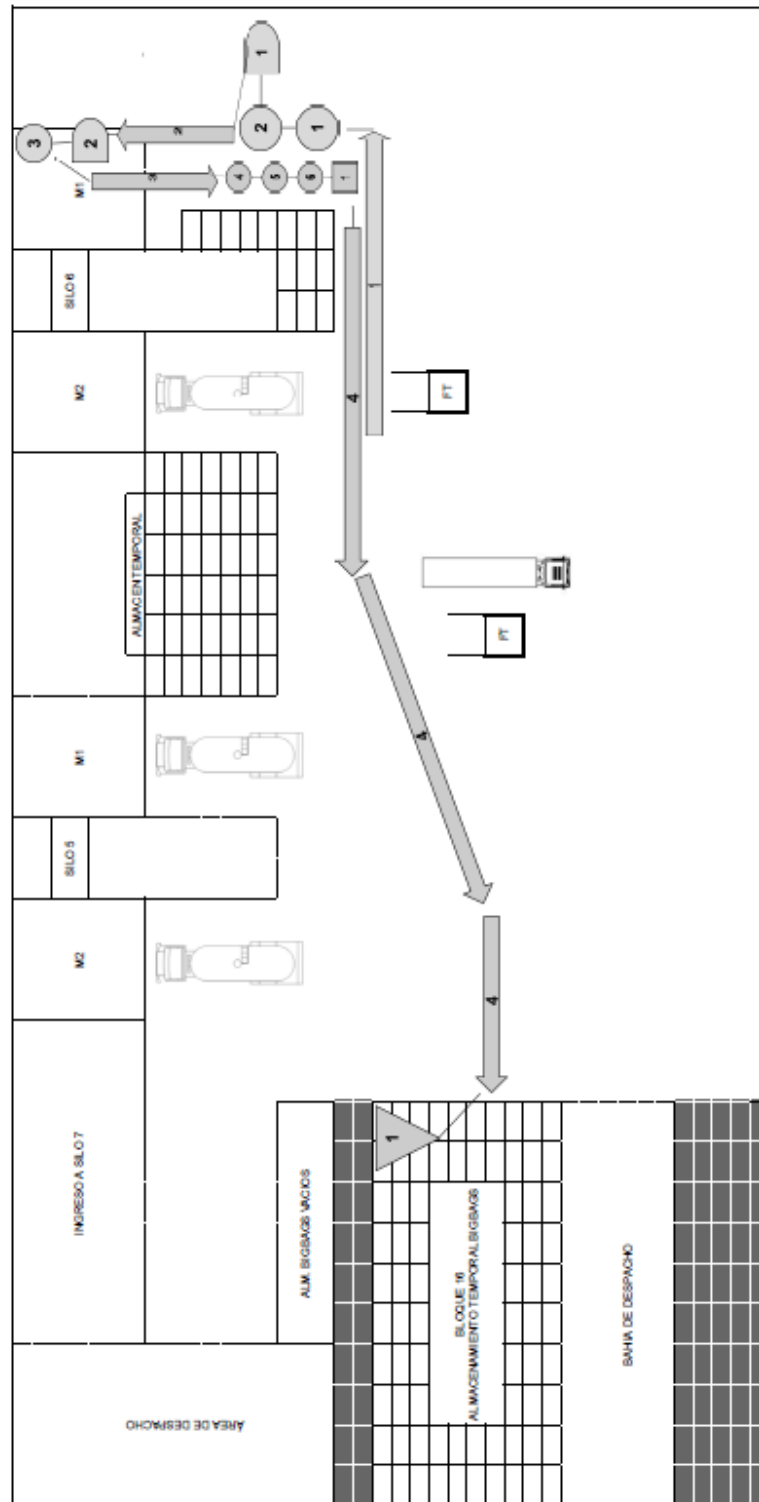
  

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA EN METROS	TIEMPO EN SEGUNDOS	ACTIVIDAD					OBSERVACIONES	
										
1	TRASLADO CON MONTACARGAS A ÁREA DE EMPAQUE	35	30							TRASLADO DE EMPAQUES VACIOS
2	COLOCACIÓN DE PALLETS Y LÁMINAS EN ESPACIO DE PRODUCCION	10	15							ORGANIZACION DE MATERIAL DE EMPAQUE
3	ELECCIÓN DE EMPAQUE, REVISIÓN Y COLOCACIÓN DE BIGBAG EN MONTACARGAS	2	55							
4	ESPERA A DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA PARA INGRESO A ÁREA DE LLENADO	0	131							
5	TRASLADO A MANGA 1 DE LLENADO DE CEMENTO Y MANIOBRA DE ESTACIONAMIENTO	28	40							
6	ESPERA DE LLENADO DE BIGBAGS	0	289							
7	RECOLECCION DE ETIQUETA	28	5							ADECUACIÓN DE MATERIAL DE EMPAQUE
8	TRASLADO DE MANGA 1 A ÁREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE BIGBAGS LLENOS	28	64							
9	RETIRO DE BIGBAGS LLENO DE MONTACARGAS	0	45							
10	CIERRE DE VÁLVULA DE BIGBAGS Y COLOCACION DE ETIQUETA	0	22							
11	LIMPIEZA DE EXCESO DE CEMENTO EXTERNO EN BIGBAGS	0	50							
12	INSPECCIÓN FINAL DE EMPAQUE	0	8							
13	TRANSPORTE DE BIGBAGS A BLOQUE 16	40	75							
14	ALMACENAMIENTO DE BIGBAGS EN BLOQUE 16	4	30							
			859							

**Tabla 3. Diagrama OTIDA de materiales**

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el diagrama de recorrido actual que realizan los materiales desde que se coloca el empaque hasta que almacena el big bag, según la secuencia de actividades del diagrama OTIDA mostrado anteriormente:



**Figura 3.3 Diagrama de recorrido proceso actual de llenado de big bags**  
Fuente: Elaboración propia

## **Análisis del proceso propuesto.**

### **Condicionantes.**

#### **Condicionantes del proyecto.**

- Para el diseño de la instalación se usarán equipos e infraestructura nueva. Dentro de la misma planta en un espacio que deberá ser adecuado para maniobras de montacargas, almacenamiento y producción de big bags.
- El abastecimiento de cemento se realizará con una conexión aérea hacia el silo más cercano de almacenamiento de cemento.
- El proyecto de construcción se realizará en dos fases:
- La primera parte, plantea construir la infraestructura de producción de big bags, una parte del área de almacenamiento y maniobra de los montacargas en conjunto con el espacio de carga de camiones.
- La segunda parte, plantea la expansión del área de almacenamiento junto al espacio de la primera fase.
- El espacio actual de despacho de plataformas contemplaría el uso de una vía unidireccional, la cual no es muy frecuentada. Esta condicionante es debido a que no hay mayor espacio de ampliación hacia un lado de la vía, porque existe estructura de otras máquinas, las cuales no pueden ser removidas.
- El área disponible está lejana a diferentes áreas de servicios generales como, por ejemplo: baños, comedor, etc. La empresa hace uso de camionetas para trasladar a personal cuando las distancias son muy largas.

#### **Condicionantes del diseño del proceso.**

- El almacenamiento en planta sólo está considerado a un solo nivel, debido a las normativas de seguridad que en caso de apilar a 2 niveles se requieren rampas móviles o restrictores de movimiento y plataformas para evitar caídas a diferente nivel.
- La línea propuesta dispone de 3 boquillas, basado en la capacidad que el área requiere para el cumplimiento de producción y en el notable crecimiento de toneladas por pedido que se están negociando para el 2022. La tasa nominal de producción de cada boquilla es de 15 big bags por hora. En total serían 45 por hora considerando una capacidad de cada big bags de 2 toneladas.
- En la movilización de cada big bag, al retirarlo de la línea se realiza sin pallets, luego al almacenarlo o cargar al camión se debe cargar con pallets. Esto se moviliza con montacargas de 3 o 5 toneladas.

#### **Condicionantes de la planificación**

- El almacenamiento de material de empaque de big bags, según disponibilidad de espacio y basado en un análisis de inventario de la empresa, está limitado a 20 pallets de 200 big bags, un total de 4000 big bags.
- El almacenamiento de pallets de madera, según disponibilidad de espacio y basado en un análisis de inventario de la empresa, está limitado a 300 pallets.
- El proveedor de material de empaque, puede entregar 400 big bags por día, considerando una notificación de producción con 15 días de anticipación.
- Cada big bags tiene capacidad de 2 toneladas de carga
- La tolva de la instalación de big bags tiene capacidad de almacenamiento de 300 toneladas. El silo de alimentación, multicámara, tiene asignada 1 cámara con capacidad de 1300 toneladas.



### Análisis del producto y empaque.

El cemento que actualmente se exporta a países como Perú y Chile es el cemento tipo Premium. Es un cemento hidráulico de alta resistencia fabricado bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2380, que equivale a la Norma ASTM (1157). Esta directriz permite fabricar cementos con adiciones basados en su desempeño, que minimizan el impacto ambiental y dan como resultado un uso muy eficiente de las materias primas. Más usado para construcción de viviendas en masa al igual que el cemento de uso general.

Los cementos de alta resistencia temprana tipo Premium cuyos requisitos de desempeño están contemplados en la Norma NTE INEN 2380, son aptos para todo tipo de estructuras, sobre todo donde se requiera ser puestas en servicio rápidamente. También se aplican en la construcción de estructuras masivas, obras portuarias, pavimentos, puentes, etc.

Se han realizado diversas pruebas de empaque y resistencia de big bags para las exportaciones actuales y el diseño (mostrado en la Figura no. 14) es el empaque que actualmente se usa para exportaciones de hasta 7000 toneladas por buque a un nivel de apilamiento de no más de 8 big bags de manera vertical.

Cliente			
HOLCIM			
Producto			
BIG BAGS U PANEL 95X95X1.40 220 GM2 VCRC			
Código	0000-066		
Fecha	Lunes, 13 de julio de 2020		
Muestra Numero	0000-0010		
SWL	1.500 KG Hasta 1.700 KG		
NIVELES DE APILAMIENTO EN VERTICAL	8		
Factor de seguridad	6-1		
Tipo de costura	Overlock		
Características	Unidad de medida	Especificación	Tolerancia
Ancho Útil	cm	95	+/-5
Largo Útil	cm	95	+/-5
Altura Útil	cm	1.40	+/-5
Peso de la Tela	g/m <sup>2</sup>	220	+/-5%
REGATAS DE CARGA			
Largo libre	cm	35	+/-5
Largo costurado	cm	100	+/-5
Válvula de Carga o Solapa			
Características	Unidad de medida	Especificación	Tolerancia
Tipo de Válvula	MORRAL CON AMARRE		
Altura Útil	cm	50	+/-5
Diámetro Útil	cm	28	+/-5
Altura de la Solapa	N/A	N/A	
Válvula de Descarga			
Características	Unidad de medida	Especificación	Tolerancia
Tipo de Válvula	N/A		
Altura Útil			
Diámetro Útil			
Medida de Cuerda PP			
OBSERVACIONES			
Porta Documentos	SI	Etiqueta	N/A

Figura 3.5 Ficha técnica de empaque de big bags de 1.5-1.7 toneladas

Fuente: Empresa de estudio

El diseño actual de la tela es porosa, no es impermeable, ni tiene capas ni films internos impermeables. Lo que genera que el cemento no deba tener contacto con humedad y se deberán tener consideraciones especiales durante su manipulación, transporte y almacenamiento, para evitar que se moje y se fragüe.

### Demanda de producto.

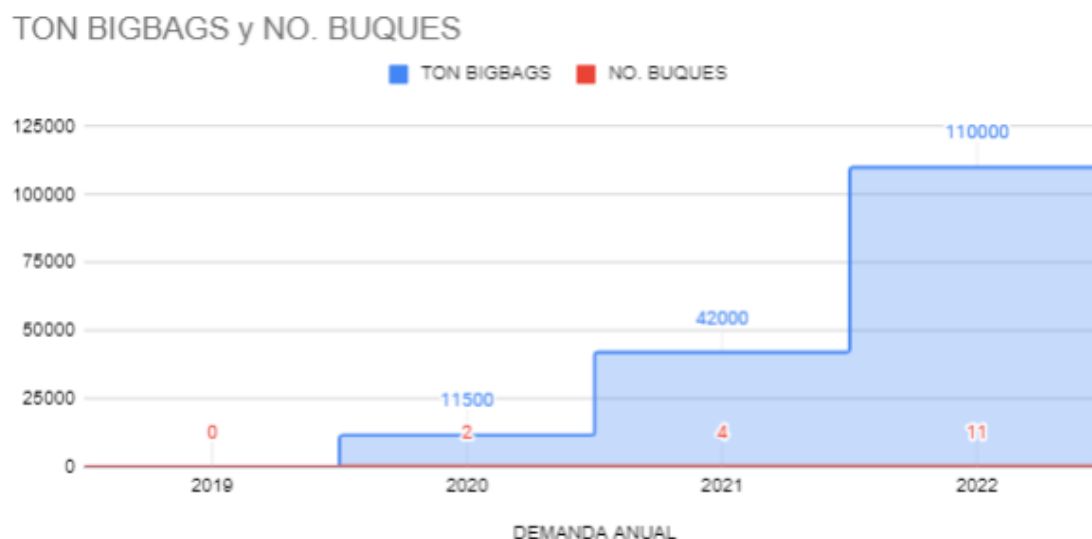
El mercado de exportación de cemento actual se mantiene entre Perú y Chile. Sin embargo, se están abriendo mercados en más países de Sudamérica, así como de Centro América.

En la siguiente tabla se muestra el crecimiento y la proyección de exportación marítima de cemento en big bags hasta el año 2022 de un solo tipo de cemento (Premium). Sin embargo, el plan anual podría cambiar respecto a tipo de cemento o aumento de toneladas. Esto implicaría un tiempo de setups de limpieza de cámara de Silo y de tolva de almacenamiento, los cuales se deben considerar dentro de los tiempos de negociación de Laycans (fecha estimada de arribo de buques), para no tener problemas en la producción. Al ser un producto con un gran volumen de producción, la cantidad de setups es mínima.

DEMANDA MENSUAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2020	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON	0 TON
2021	0 TON	0 TON	7.000TON	0 TON	7.000TON	0 TON	0 TON	0 TON	7.000TON	0 TON	7.000TON	0 TON
2022	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON	10.000 TON

**Tabla 4. Demanda mensual de exportación de big bags en toneladas**

Fuente: Elaboración propia



**Gráfica 3.1 Demanda anual de exportación de big bags en toneladas**

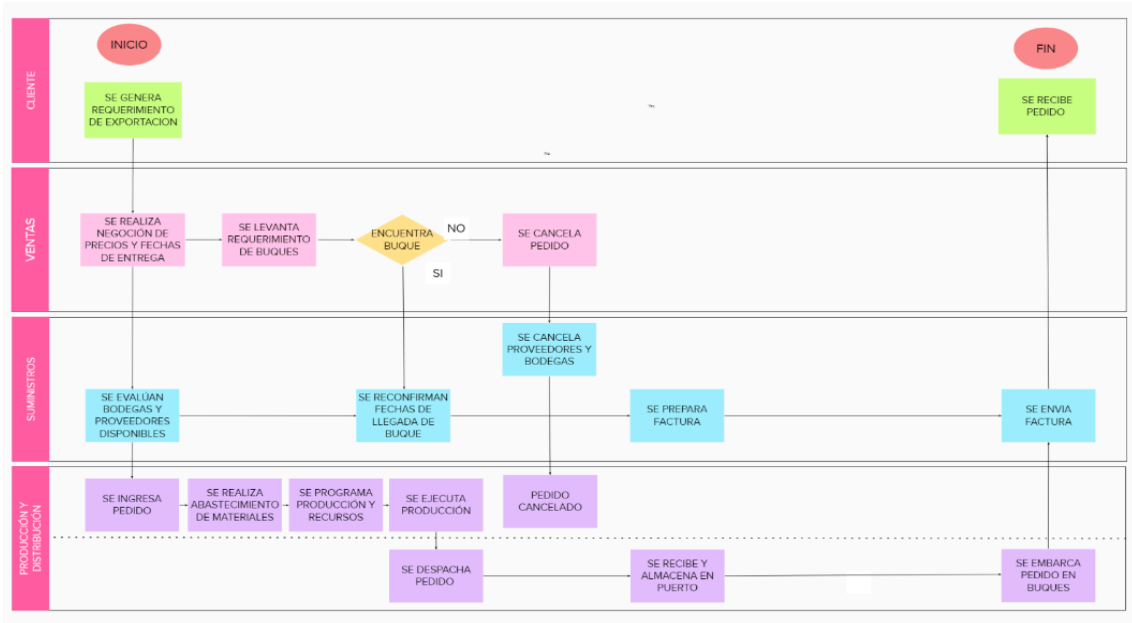
Fuente: Elaboración propia

CAPACIDAD MENSUAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2021	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	13500	13500	13500	13500
2022	13500	13500	13500	13500	13500	13500	13500	13500	13500	13500	13500	13500

**Tabla 5. Capacidad mensual de exportación de big bags en toneladas**

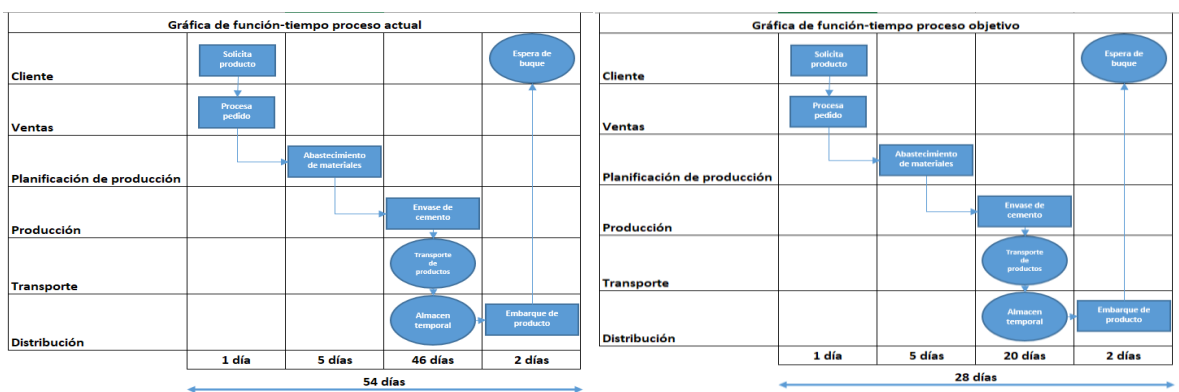
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se muestra el proceso desde la generación del pedido hasta su entrega y las áreas involucradas en la operación:



**Figura 3.6 Diagrama de flujo del proceso de procesamiento de pedidos**  
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se detallan los tiempos de interacción de cada área en el proceso actual y el propuesto:



**Gráfica 3.2 Gráfica de función-tiempo proceso actual y mejora**  
Fuente: Elaboración propia

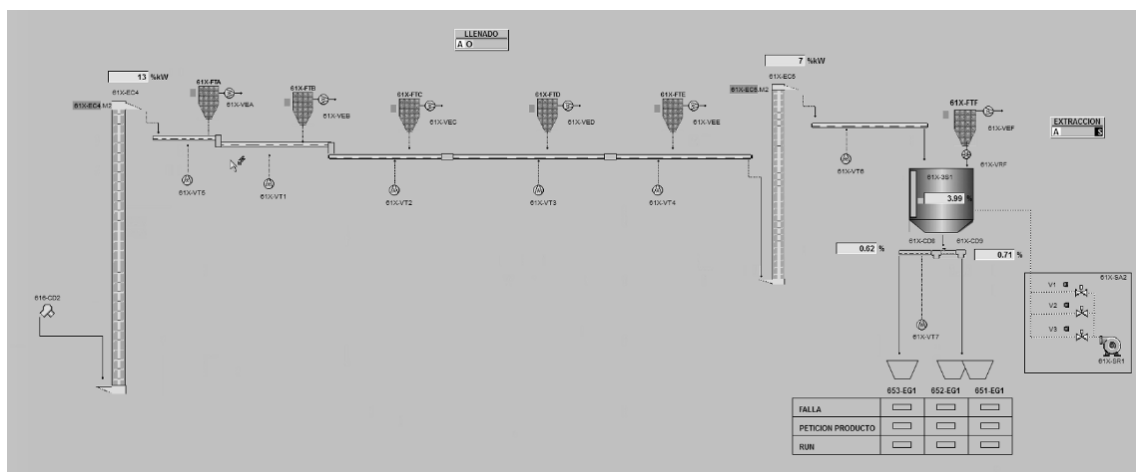


## Proceso de producción

En el proyecto actual de la instalación de big bags se plantea el siguiente proceso de producción a partir de las restricciones mencionadas:

### Abastecimiento:

Una vez que el cemento se encuentra almacenado en la cámara asignada para el abastecimiento de la instalación de big bags, el operador del Silo multicámara activa el llenado que pasará por el canalón vertical 61X-EC4M2, el cual posteriormente avanzará por el canalón aéreo, horizontal con caída al suelo y con ayuda de cinco filtros tipo 61X-FTA (B,C,D,E) y de cinco ventiladores tipo 61X-VT5 (1,2,3,4). Luego el cemento avanzará por el canalón vertical 61X-EC5 hacia un nuevo canalón horizontal directo a la tolva 61X-3S1 de la instalación de big bags con capacidad de 200 toneladas. Posteriormente se activa el sistema de llenado para que dicha tolva abastezca a las tolvas pequeñas que posteriormente alimentan a cada boquilla de llenado. Esto en conjunto con filtros tipo 61X-FTF, dos ventiladores 61X-VEF y 61X-VRF, dos sopladores 61X-SA2 y 61X-SR1 y dos canalones que direccionan al cemento a las tolvas de las boquillas 1-2 y 3. En la siguiente figura se muestra una pantalla de la propuesta del área de automatización y proyectos de abastecimiento hacia la instalación de big bags:



**Figura 3.7 Esquema de abastecimiento de cemento a instalación de big bags**

Fuente: Empresa de estudio

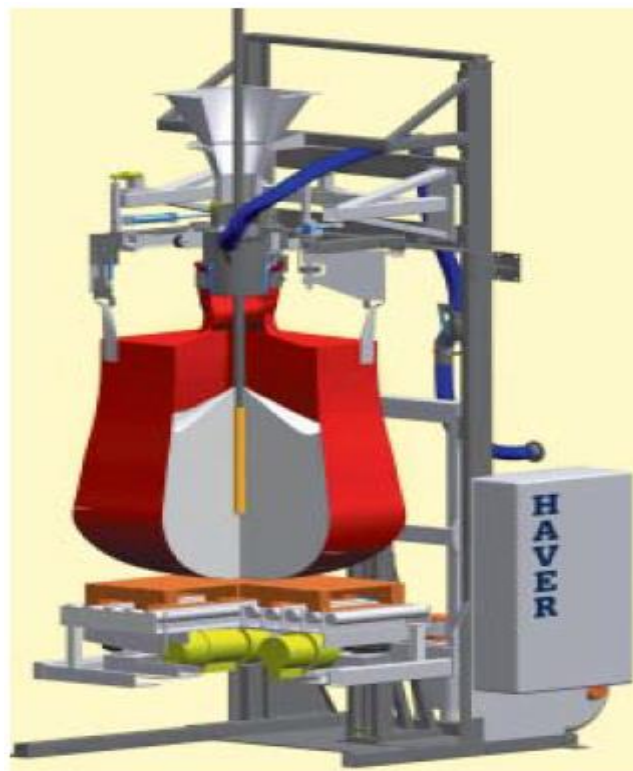
### Producción:

Para la producción de big bags con 2 toneladas de cemento, el operador deberá proceder a activar el proceso de llenado posterior a haber colocado el empaque en los ganchos de cada boquilla. Cada línea tiene mesas vibratoras que, junto con el flujo de aireación, el cemento se amolde correctamente al empaque diseñado para dicho proceso. El sistema es automático y realiza la parada de llenado cuando llega a la capacidad máxima de 2 toneladas. Posteriormente cuando el big bag se ha terminado de llenar se debe proceder a retirar de los ganchos y por una banda transportadora avanza de manera automática hasta donde el montacarguista debe recoger cada big bag. La capacidad de cada banda transportadora es de 4 big bags en espera. El tiempo propuesto en la operación de llenado del big bags desde que el operador coloca el empaque, activa el proceso y avanza a la banda transportadora es de 4 a 5 minutos nominalmente.

## Máquinas

La línea de producción propuesta es una línea Haver Semi-bulk filling con 3 boquillas (líneas) que tiene la capacidad para llenado de big bags de dos (2) toneladas. La infraestructura de llenado está compuesta por un silo de capacidad máxima de 200 toneladas y 3 mini tolvas con capacidad de 1.8 toneladas cada una. Cada silo y mini tolva tiene sensores de nivel que automáticamente evalúan si tanto las mini tolvas o el mini silo requieren más material, los cuales se mostrarán en las pantallas de cada módulo de control físico.

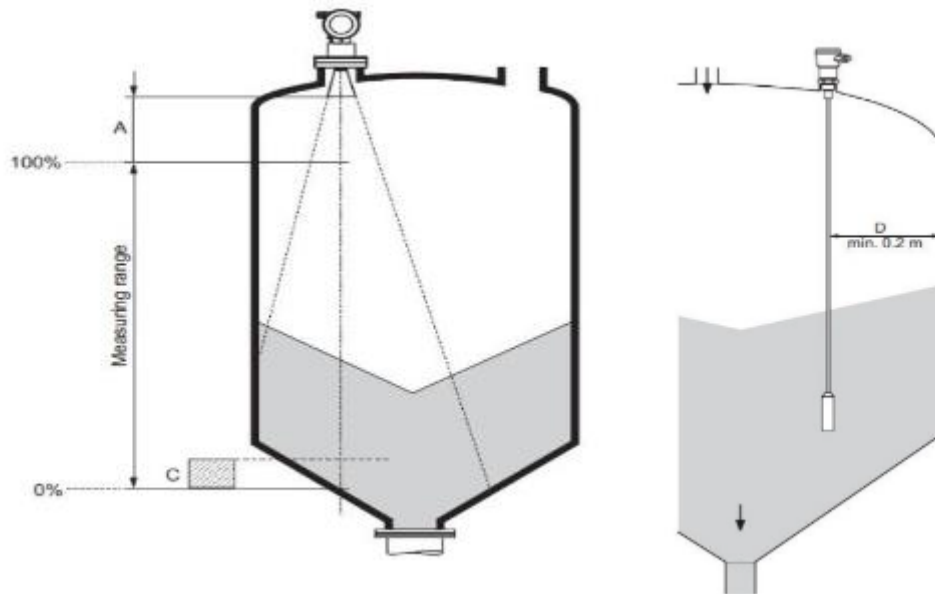
En la siguiente figura se puede ver un esquema visual del tipo de máquina llenadora. En este caso es una línea con una mini tolva, boquilla de llenado, sistema de aireación automático, ganchos sujetos big bags de apertura y cerrado manuales, celdas de pesaje, mesa vibratoria y bandas transportadoras.



**Figura 3.8 Prototipo de línea de llenado de big bags**

Fuente: Empresa de estudio

En la siguiente figura se describe gráficamente el indicador de control del silo de la instalación de big bags, el cual es monitoreado constantemente por un sistema de medición tipo radar, con un rango de medición del 0% al 100% según la Figura. Para prevenir el sobrellenado, hay un indicador máximo de nivel.



**Figura 3.9 indicador de control de silo de instalación de big bags.**

Fuente: Empresa de estudio

### **Abastecimiento de Producto.**

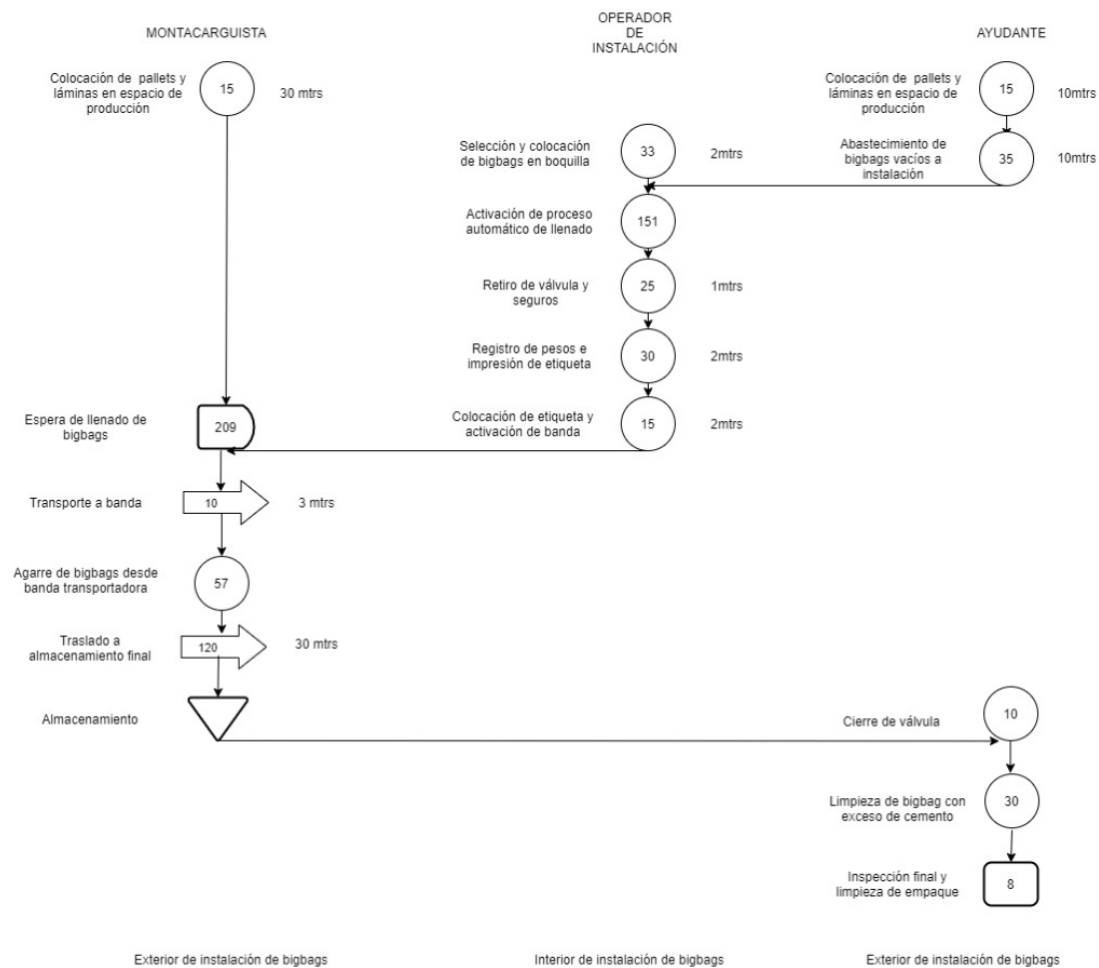
Actualmente la planta cuenta con un solo proveedor de empaques tipo big bags para abastecimiento. El proveedor actualmente tiene una capacidad de producción de 400 big bags por día dependiendo de la personalización de cada empaque según características solicitadas por el cliente. El proveedor se encuentra a 3 kilómetros de la planta de cementos por lo que los abastecimientos son rápidos. El proveedor trabaja 6 días a la semana en turnos de 24 horas o según el plan de entregas solicitado. El proveedor tiene telares que confeccionan la tela para cada big bag por lo que no dependen del abastecimiento de telas en su cadena de abastecimiento. Las entregas se realizan 24 horas si el cliente lo requiere.

### **Planificación de producción.**

La planificación de la producción de big bags actualmente se realiza basado en las fechas iniciales de llegada del buque, esta fecha es considerada como el último día de producción. Posteriormente según la capacidad de la línea de producción y la capacidad de retiro de producto terminado y asignación de recursos, se realiza una estimación de la fecha de inicio de producción. Con esto se solicita mediante un plan de requerimiento de materiales el abastecimiento del cemento al área de producción.

## Flujo de proceso propuesto

Se evalúan las opciones del área de llenado del big bag en comparación con la actividad inicial adaptada desde el Silo 6. La cual presenta una propuesta de grandes ahorros con respecto al tiempo de llenado y la reducción de espacios de tránsito de montacargas, tanto para el retiro, almacenamiento y despacho de big bags. En el siguiente diagrama se muestra las actividades que se realizan en este proceso y los tiempos estimados en segundos de cada una de las actividades y as distancias en metros que cada operador recorre:



**Figura 3.10 Diagrama de procesos- Proceso propuesto de llenado de big bags**

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el diagrama OTIDA del proceso propuesto, enfocado en el movimiento de los materiales de empaque:

Diagrama No.:	No. 1	Resumen											
		Actual				Propuesto				Ahorros			
Proceso:	Producción y despacho de bigbags con cemento	Actividad:	Símbolo	Cantidad	Tiempo	Distancia	Actividad:	Cantidad	Tiempo	Distancia	Cantidad	Tiempo	Distancia
Actividad:	Llenado de bigbags con cemento	Operación		5	185.00	12	Operación	7	310	0.5	0	-125.00	11.5
Método:	Propuesto	Transporte		5	215.00	159	Transporte	2	45	27	3	170.00	132
Lugar:	Área de despacho - Silo 6	Espera		2	420.00	0	Espera	0	0	0	2	420.00	0
Fecha:	23 de junio de 2021	Inspección		1	8.00	0	Inspección	1	5	0	0	3.00	0
Elaborado por:	Cristina Briones Fuentes	Almacenamiento		1	30.00	4	Almacenamiento	0	0	0	1	30.00	4
Operario:	N/A	Totales actividad		14	858.00	175	Totales actividad	10	360	27.5		498.00	147.5
Material:	X	Costos			17.5		Costos		17.5				
Máquina:	N/A												

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA EN METROS	TIEMPO EN SEGUNDOS	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
1	RETIRO DE BIGBAG DE PILA TEMPORAL DE ALMACENAMIENTO	0.5	10		
2	COLOCACIÓN DE BIGBAG EN GANCHOS DE LÍNEA Y AJUSTAR VÁLVULA A BOQUILLA	0	30		
3	LLENADO AUTOMÁTICO DE BIGBAG DESDE EQUIPO	0	180		
4	COLOCAR ETIQUETA EN BIGBAG LLENO	0	40		ADECUACIÓN DE EMPAQUE
5	RETIRO DE GANCHOS DE BIGBAGS Y VÁLVULA DE BOQUILLA	0	30		
6	TRASLADO POR BANDA TRANSPORTADORA HASTA ZONA DE RECOLECCIÓN	2	15		
7	COLOCAR ESLINGAS DE BIGBAG A UÑA DE MONTACARGAS	0	5		
8	TRASLADO DE BIGBAG A ZONA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y COLOCARLO EN PALLET	25	30		
9	CIERRE DE VÁLVULA DE BIGBAG	0	15		
10	REALIZAR INSPECCIÓN DE LLENADO DE BIGBAG	0	5		
			360		

**Tabla 6. Diagrama OTIDA proceso propuesto enfocado en materiales**

Fuente: Elaboración propia

### Análisis macro de relaciones entre actividades.

El proyecto propone una infraestructura de llenado de big bags dentro de la misma planta. Con un solar vacío asignado para el desarrollo del mismo. Se desarrolla la herramienta Flow Between Chart con los siguientes procesos que están involucrados dentro de la ejecución de todo el flujo de producción y despacho. En la siguiente tabla se muestran los procesos/áreas y las abreviaturas asignadas:

ABREVI	AREAS
AC	ABASTECIMIENTO DE CEMENTO
ATC	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE CEMENTO
PBB	PRODUCCIÓN/LLENADO DE BIGBAGS
RME	RECEPCIÓN DE MATERIAL DE EMPAQUE
BME	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL DE EMPAQUE
BP	ALMACENAMIENTO DE PALLETS
BPT	ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO
EM	ESTACIONAMIENTO DE MONTACARGAS
D	DESPACHO DE PLATAFORMAS
AEP	AREA DE ENLONADO DE PLATAFORMAS

**Tabla 7. Procesos/ Áreas requeridas para la instalación de big bags**

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra los niveles de importancia y cercanía con los que se va a calificar las interacciones entre áreas:

LETRA	IMPORTANCIA DE LA CERCANIA	#
A	ABSOLUTAMENTE NECESARIO	4
E	ESPECIALMENTE IMPORTANTE	3
I	IMPORTANTE	2
O	ORDINARIA O NORMAL	1
U	SIN IMPORTANCIA	0
X	INDESEABLE	-1

**Tabla 8. Niveles de importancia de cercanía entre áreas**

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra las razones de cercanía entre áreas:

CODIGO	RAZON DE CERCANIA
6	FLUJO DE MATERIAL
5	SEGURIDAD
4	PROCESO
3	CONTROL
2	FLUJO DE PERSONAS
1	CONVENIENCIA

**Tabla 9. Razones de cercanía entre áreas**

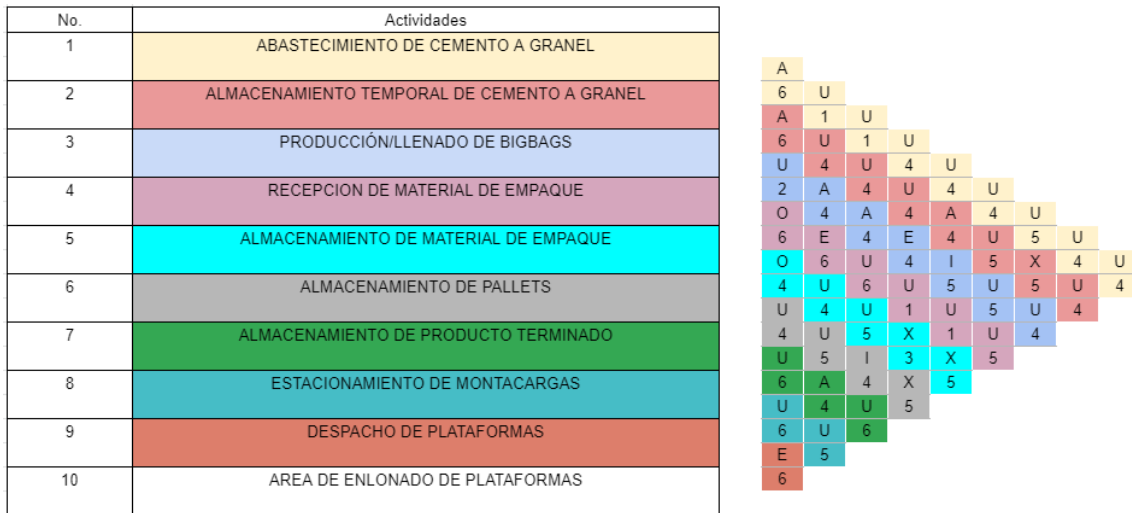
Fuente: Elaboración propia

El análisis cualitativo de interacción entre áreas, enfocado en los niveles y razones de cercanía entre cada uno es mostrado a continuación:

NODOS	AC	ATC	PBB	RME	BME	BP	BPT	EM	D	AEP
AC		4	0	0	0	0	0	0	0	0
ATC			4	0	0	0	0	0	-1	0
PBB				0	4	4	3	2	0	0
RME					1	3	0	0	0	0
BME						1	0	0	-1	-1
BP							0	0	2	-1
BPT								0	4	0
EM									0	0
D										3
AEP										

**Tabla 10. Flow between chart entre áreas**

Fuente: Elaboración propia

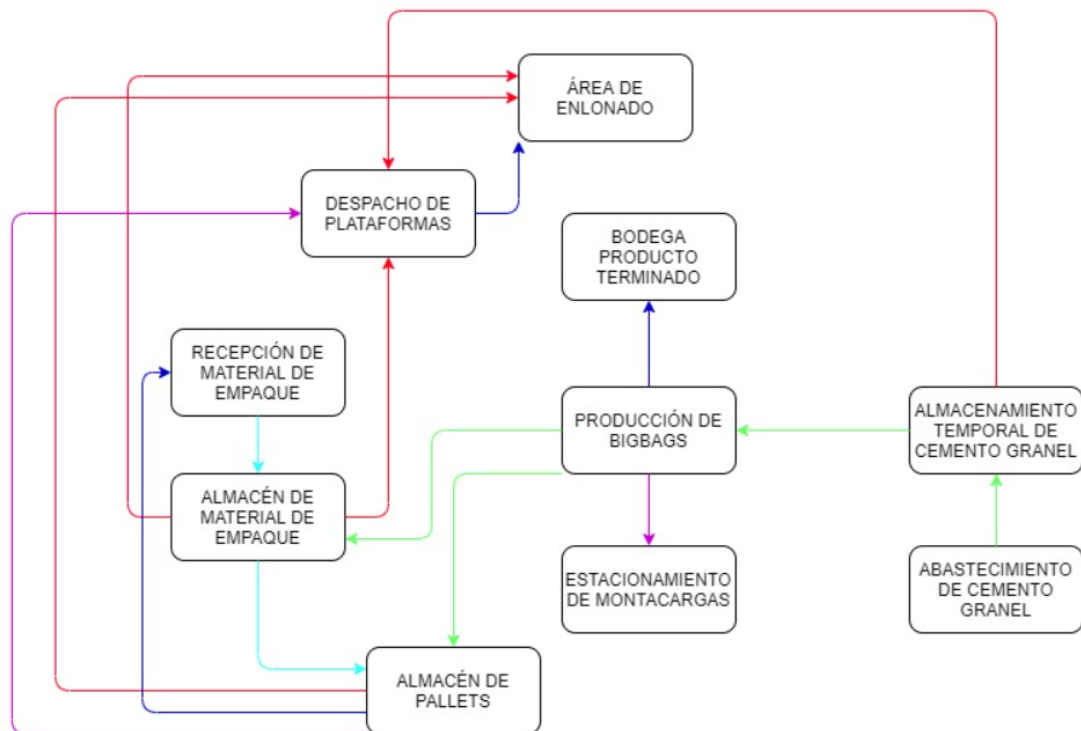


**Figura 3.11 Diagrama de relaciones entre áreas**

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis se puede observar que el departamento o área central debe de ser el área de producción o llenado de big bags.

La representación nodal de la mejor opción sería la siguiente:



**Figura 3.12 Diagrama nodal de relación entre áreas**

Fuente: Elaboración propia

LETRA	IMPORTANCIA DE LA CERCANÍA	#	COLOR
A	ABSOLUTAMENTE NECESARIO	4	Verde
E	ESPECIALMENTE IMPORTANTE	3	Azul
I	IMPORTANTE	2	Magenta
O	ORDINARIA O NORMAL	1	Cian
U	SIN IMPORTANCIA	0	Blanco
X	INDESEABLE	-1	Rojo

**Tabla 11. Importancia de la cercanía**

Fuente: Elaboración propia

Las áreas con línea roja se describen como indeseables o prohibida su ubicación de manera conjunta, debido a temas de proceso como el control de inventario de empaques. Según lo evaluado con el área de proyectos existe la propuesta para ahorrar espacio horizontal en diferentes áreas y se puede optar por construirlas verticales o aéreas.



### 3.1.3. Fase de búsqueda (SLP)

#### Requerimiento de espacios.

Considerando cada bloque como 4 metros de cada lado, se requieren actualmente los siguientes espacios para la implementación del área, considerando un espacio disponible de 1800 metros cuadrados:

ABREVIATURA	AREAS	ÁREA (MTRS2)	BLOQUES
AC	ABASTECIMIENTO DE CEMENTO	212.53	13
ATC	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE CEMENTO	216.00	14
PBB	PRODUCCIÓN/LLENADO DE BIGBAGS	600.00	38
RME	RECEPCION DE MATERIAL DE EMPAQUE	28.27	2
BME	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL DE EMPAQUE	28.27	2
BP	ALMACENAMIENTO DE PALLETS	18.33	1
BPT	ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO	388.38	24
EM	ESTACIONAMIENTO DE MONTACARGAS	8.28	1
D	DESPACHO DE PLATAFORMAS	99.12	6
AEP	AREA DE ENLONADO DE PLATAFORMAS	99.12	6

**Tabla 12. Requerimiento de espacio**

Fuente: Elaboración propia

Considerando los espacios requeridos, se hace un uso eficiente del espacio de las áreas, implementando líneas aéreas de abastecimiento y de almacenamiento temporal de cemento. Los equipos contra incendios a utilizar son los que tienen alcance cerca del área. Se cuentan con 3 monitores de agua con conexión de espuma adicional. El cuarto eléctrico está incluido dentro del área de producción y llenado de big bags, así como el espacio de maniobras de los montacargas, según se detalla a continuación:

Estación de trabajo o equipos	Ancho	Largo	Área (m2)	Observaciones
Instalación de bigbags	20	12	240	Construcción vertical de 4 pisos
Cuarto eléctrico	4.8	5.8	27.84	Junto a instalación
Espacio de maniobra de montacargas	18	8	144	
Almacenamiento temporal de bigbags	10	12	120	
Muelle de carga	5	18	90	Uso parcial de vía
Total			621.84	

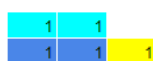
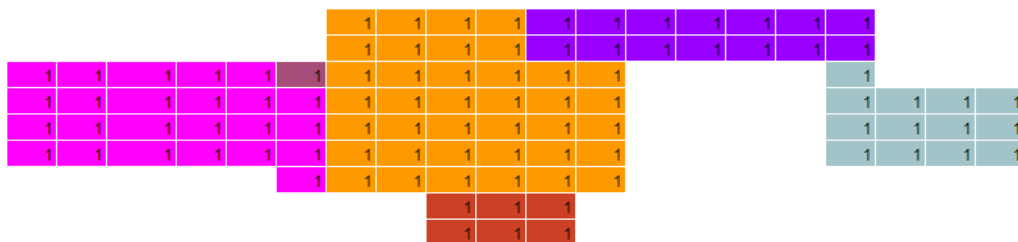
**Tabla 13. Requerimiento de espacio de área de producción de big bags**

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4. Evaluación de alternativas (SLP)

Se evalúan las alternativas de espacio para la propuesta de layout de la instalación de big bags cuyo objetivo es elegir la más adecuada y efectiva. El método a utilizar será el de efectividad cuyo objetivo es minimizar la distancia entre áreas y se evaluó 6 alternativas, de las cuales se elige la de menor calificación.

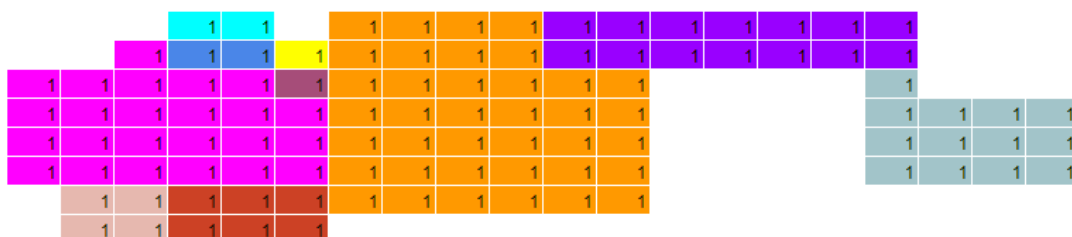
En este método se asume una distancia rectilínea entre ellos. La distancia entre dos áreas es la cantidad de bloques que atraviesan, en caso de que las áreas sean conjuntas, la distancia sería cero. Como input principal se utiliza la tabla Flow between chart, a la cual, se le multiplica la distancia por el valor de relación entre actividades.



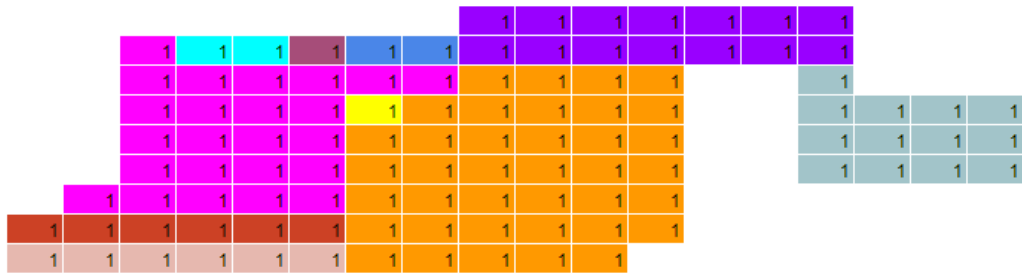
NODOS	AC	ATC	PBB	RME	BME	BP	BPT	EM	D	AEP	TOTAL	
AC		0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	
ATC			0	0	0	0	20	0	-1	0	19	
PBB				0	4	4	3	0	0	0	11	
RME					4	3	0	0	0	0	7	
BME						3	2	0	-1	-1	3	
BP							0	0	4	-1	3	
BPT								0	16	3	19	
EM									12	0	12	
D										4	4	
AEP											0	
											TOTAL	84

Tabla 14. Evaluación de alternativa #1

Fuente: Elaboración propia



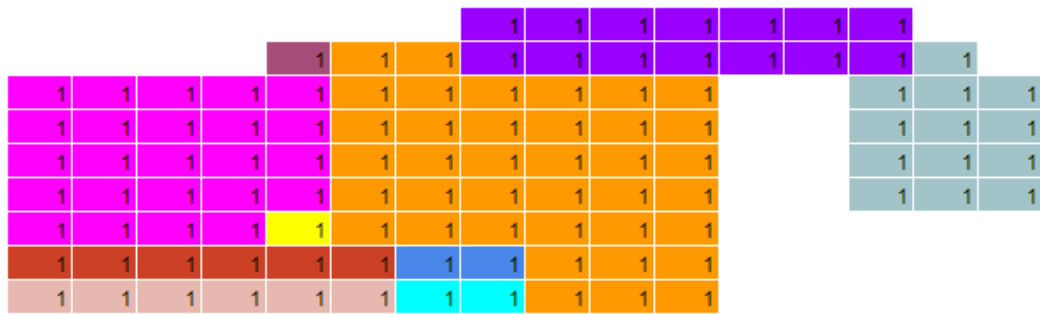




NODO:	AC	ATC	PBB	RME	BME	BP	BPT	EM	D	AEP	TOTAL	
AC		0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	
ATC			0	0	0	0	4	0	-8	0	-4	
PBB				0	4	0	0	0	0	0	4	
RME					4	9	0	0	0	0	13	
BME						3	0	0	-5	-6	-8	
BP							0	0	16	-5	11	
BPT								0	0	3	3	
EM									10	0	10	
D										0	0	
AEP											0	
												TOTAL
												33

**Tabla 17. Evaluación de alternativa #4**

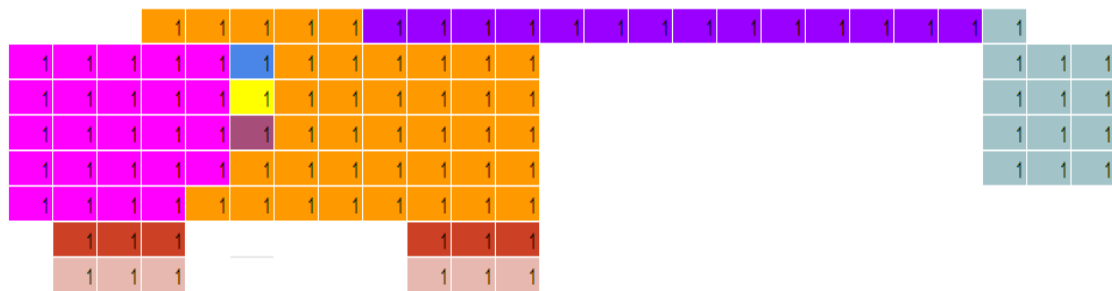
Fuente: Elaboración propia



NODO:	AC	ATC	PBB	RME	BME	BP	BPT	EM	D	AEP	TOTAL
AC		0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
ATC			0	0	0	0	12	0	-7	0	5
PBB				0	0	0	0	0	0	0	0
RME					0	9	0	0	0	0	9
BME						6	6	0	0	-1	11
BP							0	0	0	-1	-1
BPT								0	0	3	3
EM									0	0	0
D										0	0
AEP											0
TOTAL											31

**Tabla 18. Evaluación de alternativa #5**

Fuente: Elaboración propia



NODOS	AC	ATC	PBB	RME	BME	BP	BPT	EM	D	AEP	TOTAL
AC		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATC			0	0	0	0	0	0	-5	0	-5
PBB				0	0	0	0	0	0	0	0
RME					0	21	0	0	0	0	21
BME						0	0	0	-5	-4	-9
BP							0	0	10	-8	2
BPT								0	0	0	0
EM									0	0	0
D										0	0
AEP											0
TOTAL											9

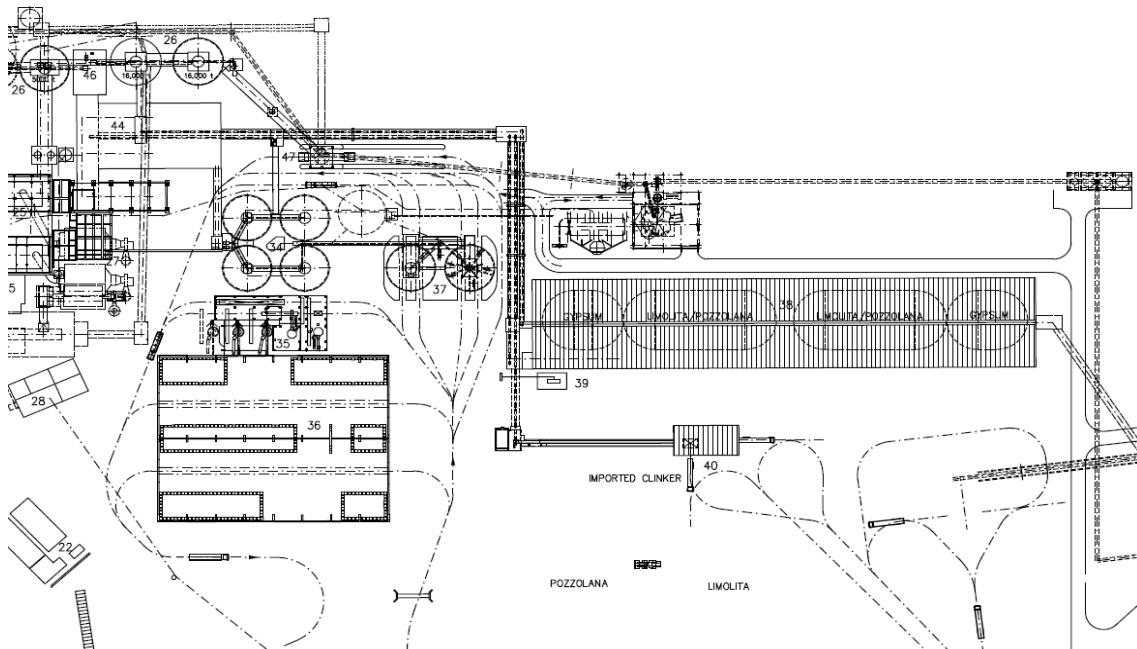
**Tabla 19. Evaluación de alternativa #6**

Fuente: Elaboración propia

La alternativa #6 obtuvo una buena calificación como la distribución más efectiva, considerando criterios de cercanía entre áreas, con un total de 9 puntos.

### 3.1.5. Layout de instalación

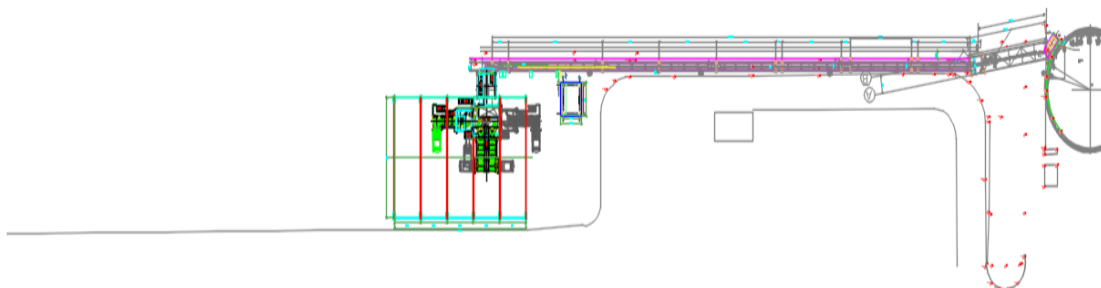
En el siguiente plano se muestra el layout de la operación actual, adaptada desde el silo de despacho de cemento granel, en donde se evidencia en el dibujo con numeral 37 los silos de granel desde donde se realizaba la operación y el almacenamiento se realiza en el dibujo con numeral 36. Frente a la zona 38 se encuentra el solar vacío en donde se propone la nueva instalación de big bags. El plano se encuentra detallado también en el anexo 1.



**Plano 1. Plano vista aérea del área de despacho y áreas contiguas**

Fuente: Empresa de estudio

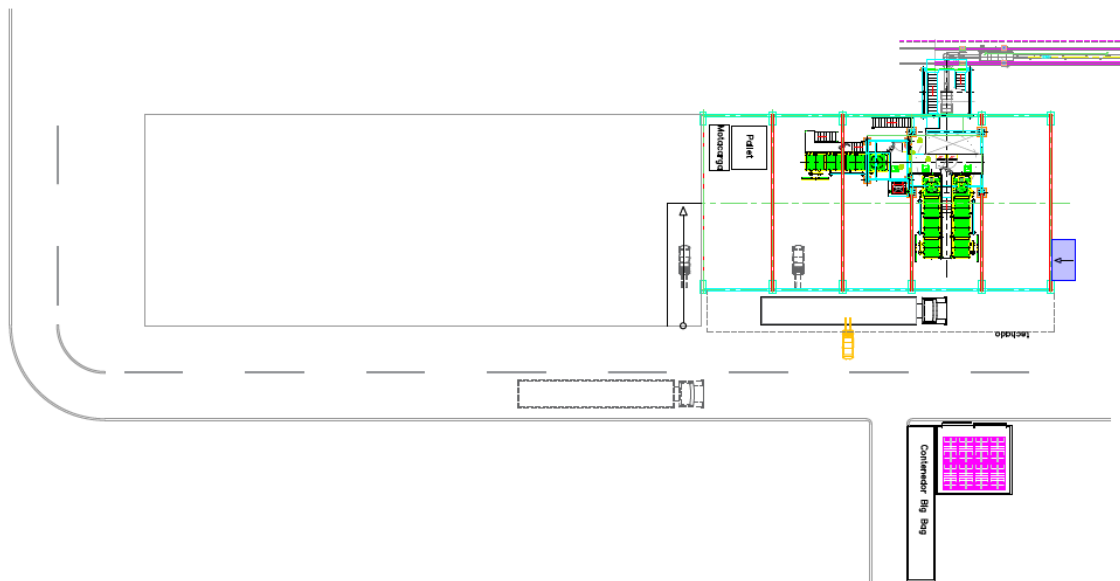
Con los resultados obtenidos utilizando la metodología SLP, se muestra el diseño del layout. Ver anexo 2.:



**Plano 2. Plano vista aérea desde silo de abastecimiento hacia instalación de big bags en fase 1**

Fuente: Elaboración propia

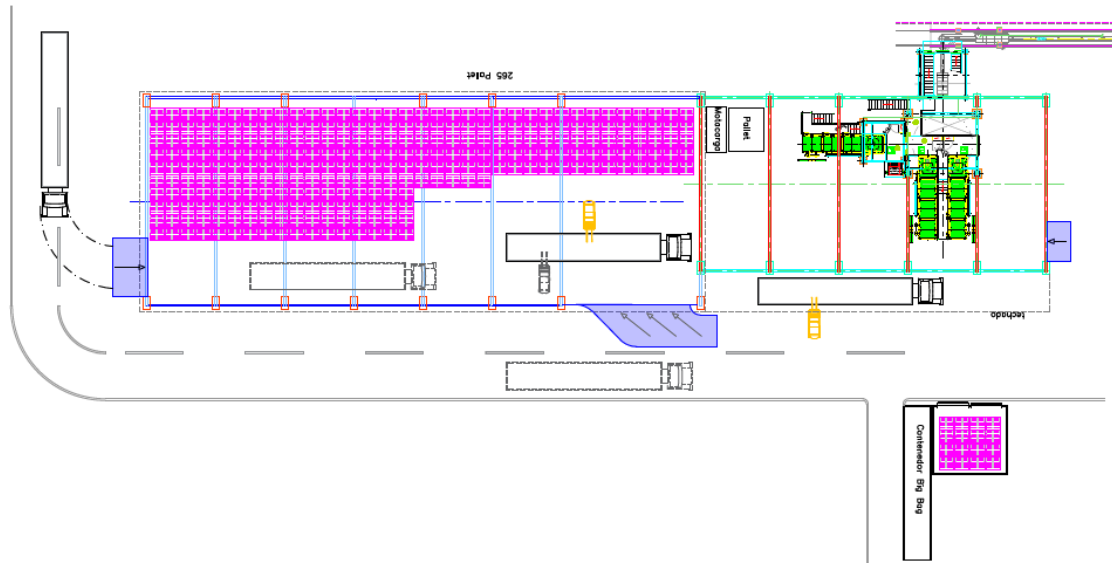
En el primer plano de la fase 1 se muestra la instalación de big bags y el espacio techado. El layout muestra una conexión aérea de canalones, desde el silo 6 de cemento a granel hacia la tolva de la instalación de big bags. Ver anexo 3.



### Plano 3. Plano vista aérea desde la instalación de big bags y solar de expansión en fase 1

Fuente: Elaboración propia

En este plano se muestran los resultados evaluados con la metodología SLP, en donde se enfoca en el espacio de la instalación, espacio de almacenamiento temporal de big bags vacíos de cemento y pallets. El espacio alternativo de almacenamiento de material de empaque y pallets. Espacios de traslado de montacargas, muelle de carga para big bags y rampas de acceso. Ver anexo 4.



**Plano 4. Plano vista aérea desde la instalación de big bags y solar de expansión en fase 2**

Fuente: Elaboración propia

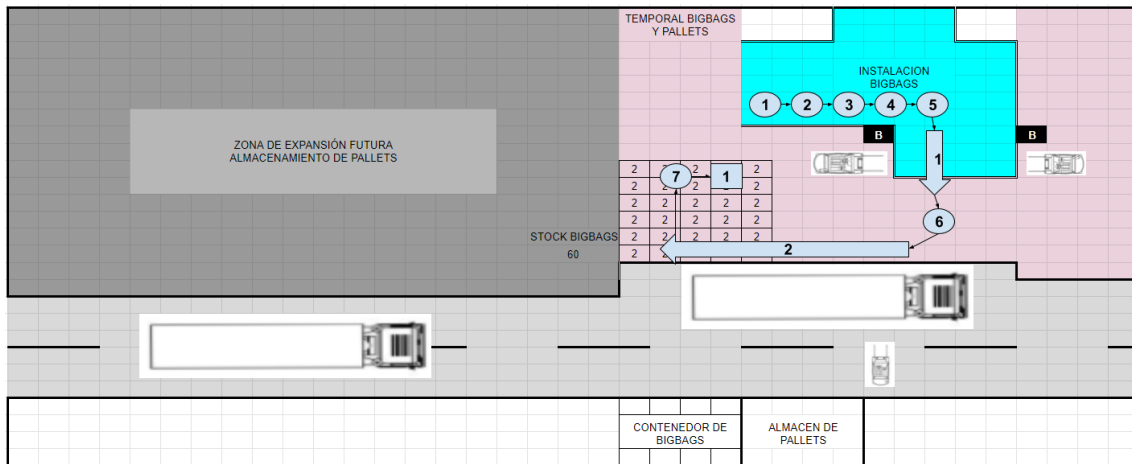
En este plano se muestra la fase de ampliación del espacio de almacenamiento para big bags llenos y las rampas de acceso vehiculares para despacho en área techada, manteniendo el muelle inicial de la primera fase. Este diseño será evaluado mediante simulación de proceso para asegurar que la distribución indicada se ajuste a los requerimientos de la empresa.

### 3.2. Simulación del proceso

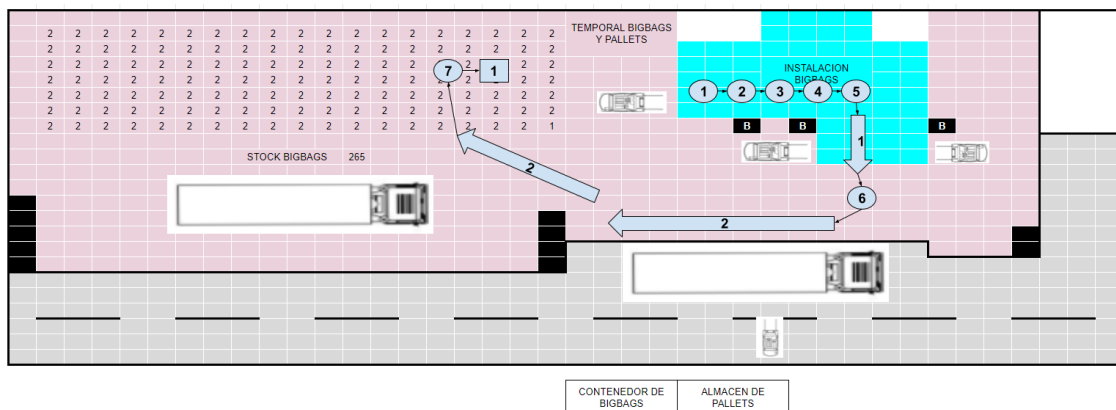
Para la simulación del proceso de llenado de cemento en big bags se requirió tomar una muestra de tiempos de cada actividad, con una boquilla de llenado, habilitada temporalmente durante las pruebas parciales de puesta en marcha del proyecto. Dentro de esta muestra de 13 big bags, se tomó en consideración la actividad desde colocación del empaque, hasta almacenamiento del big bag y retorno del montacargas a la línea de llenado.

A continuación, se muestra el diagrama de recorrido propuesto basado en el diagrama OTIDA de la mejora (Tabla No. 6), para la primera y segunda fase del proyecto con un espacio de almacenamiento de 60 y 265 big bags respectivamente:





**Figura 3.13 Diagrama de recorrido con layout propuesto primera fase**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.14 Diagrama de recorrido con layout propuesto segunda fase**  
Fuente: Elaboración propia

El proceso completo de llenado y despacho de big bags requiere de la utilización de diferentes tipos de recursos para cumplir el objetivo de 15 big bags por hora por boquilla. Sin embargo, es factible según lo evaluado con la Coordinación del área un cumplimiento del 85%, así pues, el tiempo restante puede ser destinado a mantenimiento preventivo, para asegurar un correcto funcionamiento de los equipos y máquinas, a lo largo del tiempo.

El proceso comienza con el o los operarios abasteciendo del almacenamiento temporal de big bags vacíos hacia el área de llenado de big bags, posteriormente el operador coloca el empaque en una boquilla y luego activa el llenado desde el módulo automático. Una vez llenado el big bag con 2 toneladas, el proceso para automáticamente y el operador debe de retirar la válvula y seguro de la boquilla. El siguiente paso es activar la banda transportadora para que el big bag avance hasta el final de la banda o donde haya espacio disponible a una velocidad de 0.2 metros/ segundos. El siguiente paso ya lo realiza el montacarguista al recoger el big bag con las uñas del montacargas y transportarlo al área de almacenamiento de big bags llenos, lo descarga sobre un pallet de madera colocado por el mismo montacarguista y retorna a la línea asignada para repetir el ciclo de manera continua.

A continuación, se muestra el resultado final de los datos obtenidos:

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>UNIDAD</b>
COLOCACIÓN DE BIG BAG	33	6	SEGUNDOS
LLENADO DE BIG BAGS	150	72	SEGUNDOS
RETIRO DE VÁLVULA Y SEGURO	26	12	SEGUNDOS
TRANSPORTE EN BANDA	35	11	SEGUNDOS
AGARRE DE BIG BAG CON MONTACARGAS	63	32	SEGUNDOS
TRANSPORTE A ÁREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL	47	5	SEGUNDOS
RETORNO DE MONTACARGAS	34	5	SEGUNDOS
<b>PROMEDIO SEG</b>	388		SEGUNDOS
<b>PROMEDIO MIN</b>	6.467		MINUTOS

**Tabla 20. Muestra de tiempos de actividades de instalación de big bags**

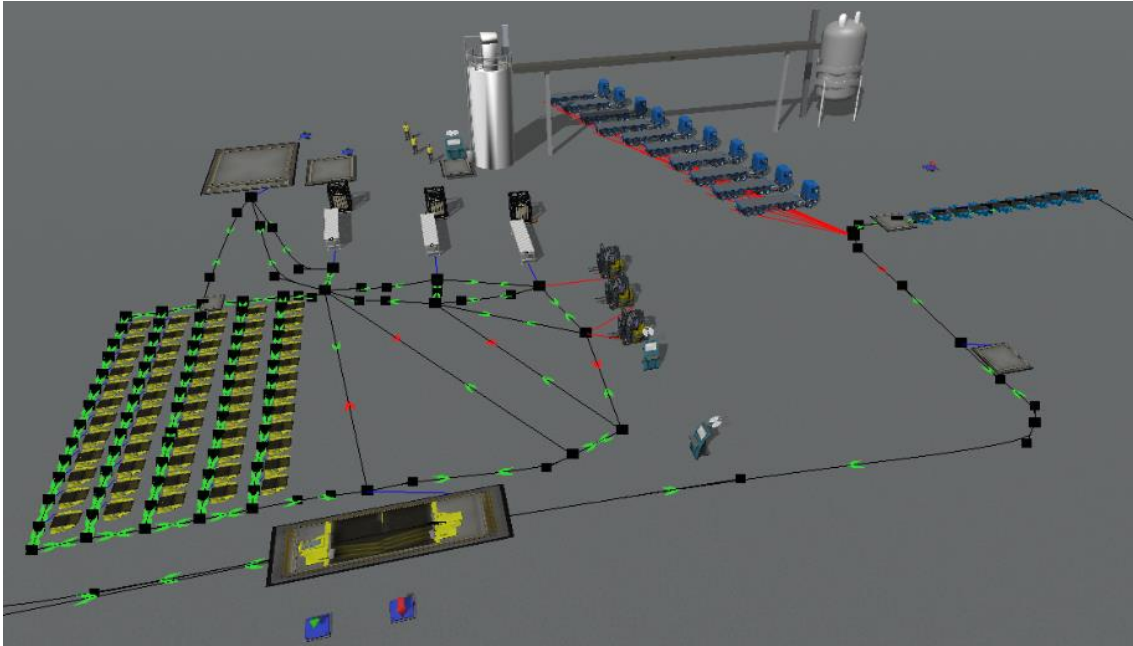
Fuente: Elaboración propia

La simulación del proyecto fue realizada para un turno de 12 horas de trabajo y fue desarrollada en un software de simulación Flexsim. Se consideró los siguientes recursos a operar inicialmente dentro de la misma:

- 3 boquillas de llenado de big bags habilitadas
- 3 operadores de instalación, uno para cada boquilla de llenado.
- 3 montacarguistas y montacargas
- Capacidad de almacenamiento temporal de 60 big bags que corresponden a la primera fase de la construcción de la instalación
- Abastecimiento de big bags vacíos sin limitación
- Disponibilidad de pallets sin limitación
- Disponibilidad inicial de 10 vehículos

Según requerimiento de lugar de descarga se debe recibir como mínimo 1700 toneladas de big bags, que en unidades son 850 big bags por día. Con la simulación se evalúa la operación, con la cantidad de recursos y la disponibilidad de espacio evaluada en el layout propuesto, para la primera y segunda fase con el objetivo de cumplir la capacidad ofertada de 45 big bags por hora o el 85% de la capacidad como mínimo.

A continuación, se muestra el diseño general en el software de simulación flexsim:

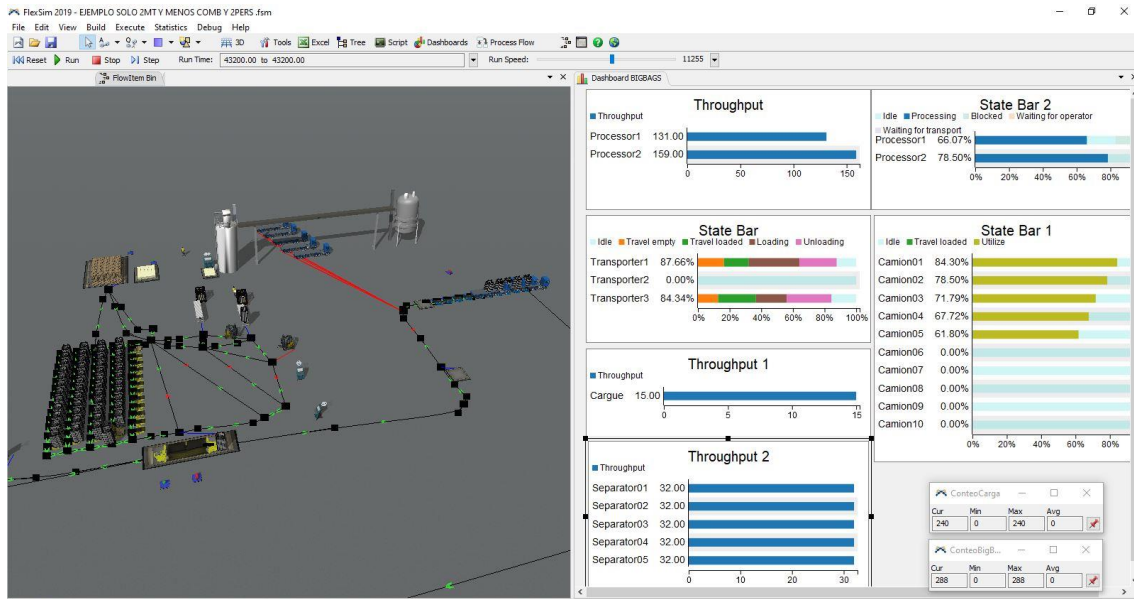


**Figura 3.15 Diseño general de simulación**

Fuente: Elaboración propia

El throughput de la máquina depende del flujo de retiro de big bags y retorno oportuno de los montacargas hacia la banda transportadora, una vez que el proceso de llenado está estandarizado. Se consideró una velocidad promedio de 5 kilómetros/ hora del montacargas durante toda la operación por la limitación de espacio y el peso de la carga a transportar.

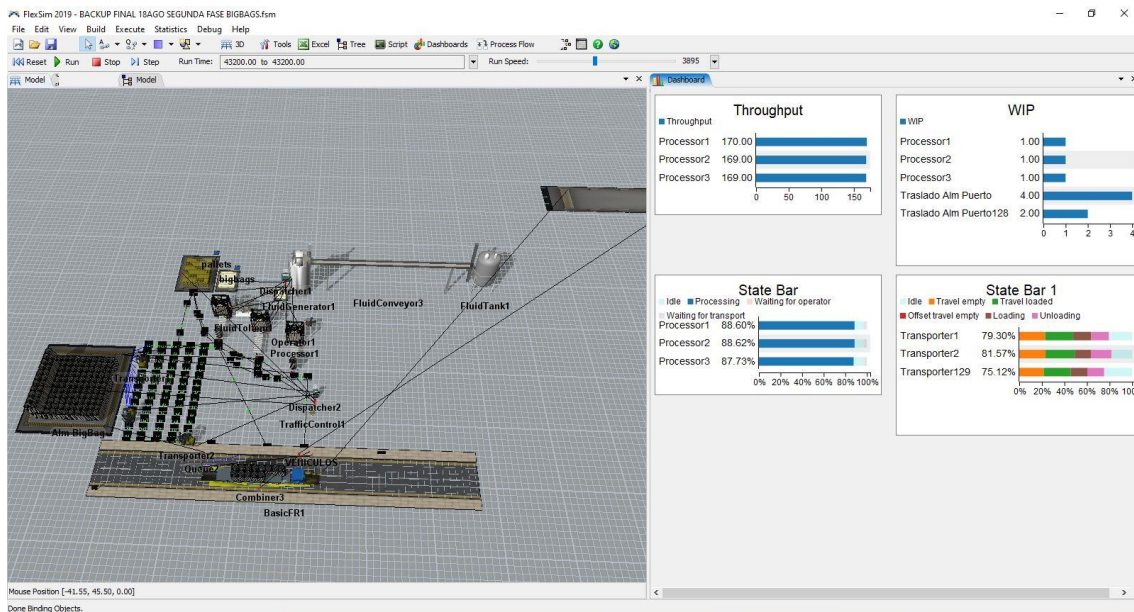
Dentro de este escenario considerando las dimensiones de espacio según el layout definido para maniobra de montacargas y almacenamiento de big bags vacíos, los resultados de utilización de capacidades de equipos y throughput de las dos boquillas por hora son las siguientes:



**Figura 3.16 Resultado de simulación primera fase**

Fuente: Elaboración propia

El throughput de las boquillas 1 y 2 son los siguientes: 10.91 y 13.25 big bags por hora. Considerando un turno de 12 horas respectivamente. Esto hace referencia a un porcentaje de capacidad utilizado de 72.73% y 88.33%. Por disponibilidad de espacio y tiempos de espera del montacargas, la capacidad de la primera boquilla se encuentra subutilizada. Sin embargo, se puede apreciar que las capacidades de los montacargas superan el 84% de utilización, dado a que realizan actividades de colocación de pallets, almacenamiento de big bags y despachos de camiones. Finalmente, con 2 montacargas, evaluando el espacio disponible físicamente para la operación, sería el máximo número de equipos a utilizar a utilizar. En la segunda simulación, ya evaluando escenario con capacidad de almacenamiento de 265 big bags una vez realizada la expansión y con un muelle de carga adicional, se muestra el resultado de la siguiente simulación:



**Figura 3.17 Resultado de simulación segunda fase**

Fuente: Elaboración propia

Comparando ambas fases de la implementación del layout, en la segunda fase, se simula mayor espacio de almacenamiento y de maniobra de montacargas y al evaluar los porcentajes de utilización de los tres montacargas, se evidencia la factibilidad de utilizar un cuarto montacargas adicional.

En la simulación de la segunda fase, además se evidencia un aumento en el porcentaje de utilización de boquilla 1 de 72.73% a un 88.60%.

En el proceso, una vez implementada la segunda fase, se debería asignar un par de montacargas en cada bahía de despacho y dedicados a boquillas específicas, para mejorar la utilización de las mismas y lograr un eficiente uso de la capacidad instalada de la máquina. Con esto se estaría utilizando en un turno de 12 horas continuas, un total de 88.8% de la capacidad instalada, siendo un valor aceptable debido a que permite la disponibilidad del equipo para la planificación de mantenimientos preventivos a la línea de llenado de big bags para así prolongar su vida útil.

Se revisaron físicamente los recorridos de los montacargas respecto a la tercera boquilla para la segunda fase, y se definió que este espacio estará dedicado al 100% para dicha boquilla y parcialmente para la boquilla 2; en el caso de la boquilla 1 debería ser enfocada para cargar directo al muelle de despacho. Adicional se evidenciaron mejoras adicionales al proceso para mejorar el uso de dicha instalación.

## CAPÍTULO 4

### 4. ANÁLISIS FINANCIERO

Dentro de este apartado se detalla el análisis de evaluación de proyectos para determinar qué tan viable es su inversión y cuál es su rendimiento en un lapso de 4 años:

	2021	2022	2023	2024	2025
Pedidos en toneladas		120000	120000	120000	120000
Ventas		\$6.726.600,00	\$6.793.866,00	\$6.861.804,66	\$6.930.422,71
(-) Costo de ventas		\$5.764.480,00	\$5.533.022,40	\$5.588.352,62	\$5.644.236,15
Costos variables de producción de cemento		\$2.424.000,00	\$2.448.240,00	\$2.472.722,40	\$2.497.449,62
Costos de distribución		\$3.054.240,00	\$3.084.782,40	\$3.115.630,22	\$3.146.786,53
Mano de obra directa		\$ 30.160,00	\$ 30.160,00	\$ 30.160,00	\$ 30.160,00
Reempaque		\$ 7.680,00	\$ 7.680,00	\$ 7.680,00	\$ 7.680,00
Costos indirectos de fabricación		\$ 73.400,00	\$ 73.400,00	\$ 73.400,00	\$ 73.400,00
Depreciación		\$ 175.000,00	\$ 175.000,00	\$ 175.000,00	\$ 175.000,00
(=) Ut. Bruta		\$ 962.120,00	\$1.260.843,60	\$1.273.452,04	\$1.286.186,56
(-) Gastos Operacionales		\$ 4.800,00	\$ 4.800,00	\$ 4.800,00	\$ 4.800,00
Gtos. Adm.		\$ 4.800,00	\$ 4.800,00	\$ 4.800,00	\$ 4.800,00
(=) Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores		\$ 957.320,00	\$1.256.043,60	\$1.268.652,04	\$1.281.386,56
(-) Participación trabajadores (15%)		\$ 143.598,00	\$ 188.406,54	\$ 190.297,81	\$ 192.207,98
(=) Utilidad antes de impuestos		\$ 813.722,00	\$1.067.637,06	\$1.078.354,23	\$1.089.178,57
(-) I.R. (25%)		\$ 203.430,50	\$ 266.909,27	\$ 269.588,56	\$ 272.294,64
(=) Utilidad Neta		\$ 610.291,50	\$ 800.727,80	\$ 808.765,67	\$ 816.883,93
(+) Depreciaciones		\$ 175.000,00	\$ 175.000,00	\$ 175.000,00	\$ 175.000,00
(+) Cuentas incobrables		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Pérdida Vta. AF		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Ganancia venta activo fijo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Compra activos fijos	\$1.750.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Capital Trabajo	\$ 18.046,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Gastos de constitución		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Amortización del capital de la deuda		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Préstamos recibidos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Venta de activos fijos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Recuperación del capital de trabajo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(=) Flujo de Caja	-\$1.768.046,00	\$ 785.291,50	\$ 975.727,80	\$ 983.765,67	\$ 991.883,93
TMAR		15,90%			
VAN		\$ 817.481,62			
TIR		37%			

**Tabla 21. Evaluación de proyecto de instalación de big bags**

Fuente: Elaboración propia

La tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta es del 15.90%, la inversión es recuperada totalmente y se tiene una holgura financiera de \$817.481, con una rentabilidad del 37%. Inclusive en casi 2 años se cubre la inversión inicial, esto significa que el proyecto basado en las previsiones conservadoras de venta actuales es muy rentable y en caso de que las ventas crezcan a lo largo del año la inversión se va a recuperar más rápido.

Dentro de los costos de distribución, se detallan costos de transporte, empaque primario, costos portuarios, costos de rotura y/o mermas, costos de personal externo y alquiler de montacargas que son utilizados durante la operación y que, según la simulación mostrada, dichos recursos serían necesarios para cubrir la producción.

Dentro de los costos indirectos se detallan los costos de mano de obra indirecta y consumo anual de energía eléctrica solamente para la instalación de big bags.

Dentro de los costos de capital de trabajo se muestran los siguientes:

Detalle	Costo
(-) Capital Trabajo	\$18.046,00
Instalaciones eléctricas para administración de operación	\$7.500,00
Compra e instalación de cámaras de seguridad	\$3.000,00
Equipos de comunicación y computación	\$4.850,00
Puesta en marcha	\$2.696,00

**Tabla 22. Costos de capital de trabajo**

Fuente: Elaboración propia

Los costos de puesta en marcha son los de empaque y personal requeridos para el reproceso de big bags, durante las pruebas de arranque de la línea de llenado. La instalación de cámaras de seguridad es una instalación adicional al circuito de vigilancia que actualmente tiene la empresa, lo que permitirá controlar de mejor manera la operación y los inventarios.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente proyecto se le proporcionó a la empresa un diseño de la instalación enfocado a la optimización del proceso para cada fase de implementación. Este análisis realizado con las diferentes áreas involucradas en el sitio de la construcción se realizó desde el mes de diciembre de 2020 antes de la pavimentación del suelo y posteriormente en el mes de mayo de 2021 luego de la construcción inicial de la estructura de la instalación de big bags. Luego se realizó la simulación del proceso tomando tiempos más exactos durante la puesta en marcha parcial de una de las boquillas de llenado de big bags y así identificar recursos y mejoras adicionales para la segunda fase de construcción, todo enfocado en lograr un proyecto rentable a menos de 4 años.

### 5.1. Conclusiones

- Con el diseño de planta mostrado y en conjunto con las ideas del área de proyectos y área de logística se pudieron evaluar todos los requerimientos necesarios y mejorar el uso de espacios con líneas aéreas de abastecimiento de cemento para no reducir espacios de almacenamiento requeridos.
- Mediante el desarrollo de la simulación de las fases de proyecto se pudo evidenciar la importancia de la expansión del área de almacenamiento, en su segunda fase, para mejorar el uso de la boquilla 1 de llenado y la importancia además de proporcionar más espacio de maniobras para cada montacargas y así definir un proceso más fluido para el despacho de camiones.
- Se mostró a la Gerencia y Coordinaciones de Logística una herramienta como Flexsim que permite tomar decisiones respecto al proceso y a proyectos en su fase de análisis y desarrollo y que están a la expectativa de poder seguir utilizando para siguientes proyectos.
- Mediante la evaluación financiera del proyecto se mostró un VAN de \$817.481 y un TIR de 37%, lo que permite indicar que el proyecto es rentable en un plazo de menos de 4 años.
- Durante la primera fase del proyecto se podrá realizar pedidos de 10.000 toneladas o 5.000 big bags de 2 toneladas cada uno en un lapso de 12 días, solo con dos líneas de llenado y en turnos de 12 horas según la simulación. lo que representa actualmente un ahorro de 30 días según el sistema anterior adaptado desde el siglo 6.
- Esto permite proyectar un ahorro actual en alquiler de montacargas, permitiendo mejorar el costo y alquilar en menos días más montacargas. Además, considerando una operación continua se podría analizar opciones de compra de equipos o alquiler de equipos fijos y no solo por pedidos como actualmente se lo realiza.



## 5.2. Recomendaciones

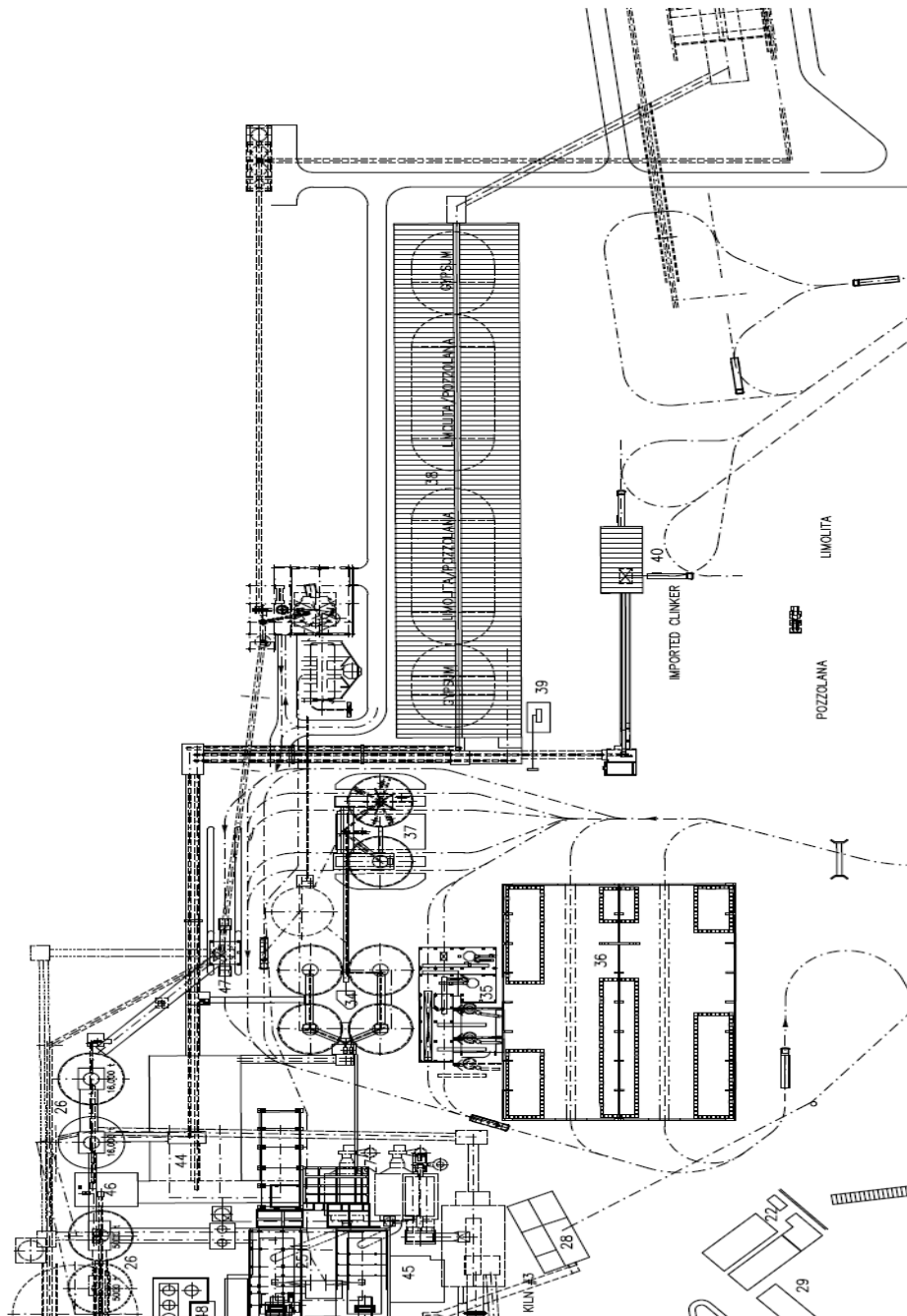
- Actualmente la instalación tiene una restricción de alimentación de cemento desde el silo 6 ya que es realizado sólo desde una cámara de almacenamiento de cemento, la misma que comparte despacho con vehículos tipo cisterna lo que limitaría actualmente la cantidad de cemento a utilizar. Se evaluó con el área de logística y dentro de los proyectos del siguiente año se está evaluando migrar otra cámara adicional para abastecimiento de la instalación de big bags, con cero costos para el proyecto actual.
- Se evalúa como una mejora del proyecto realizar una ampliación del techo actual a la calle para poder utilizar el muelle de carga de la primera fase en temporada de lluvia.
- Se evalúa como mejora del proyecto ampliar al doble de capacidad la banda transportadora para incrementarla en 5 metros adicionales así, la máquina no pare tan rápido por no tener espacio disponible en caso de demoras con el montacargas.
- Se recomienda desarrollar de manera interna con el equipo de Automatización y Proyectos un sistema de medición de producción que de soporte en el seguimiento del desempeño por línea y así se pueda realizar controles de producción más efectivos.

# BIBLIOGRAFÍA

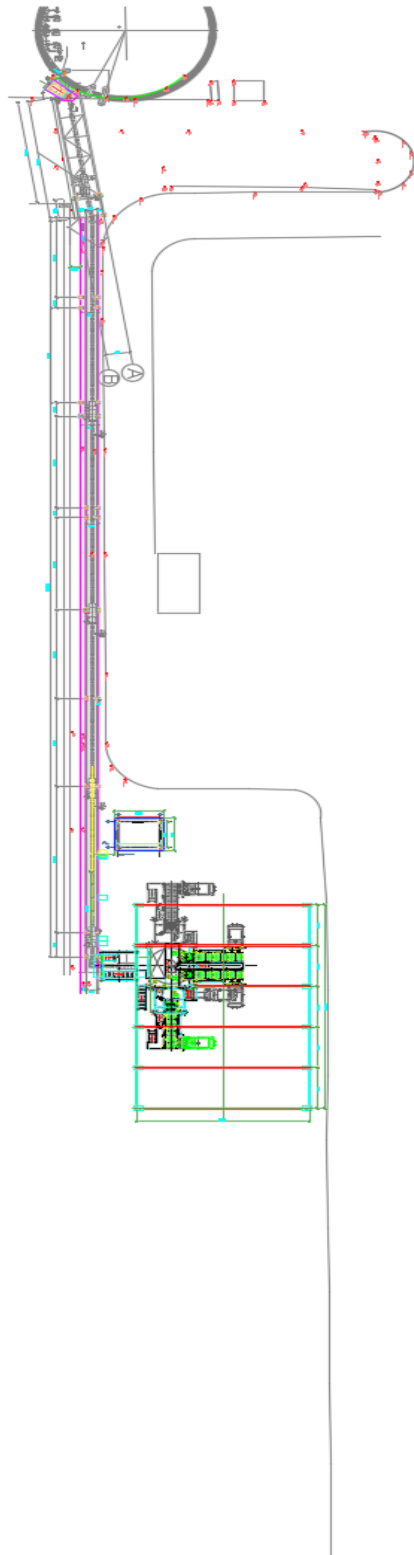
1. Luis Cutrecasas (2009). Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. España.
2. A. Suñé, F. Gil, I. Arcusa (2004). Manual práctico de diseño de sistemas productivos. España.
3. E. Orellana (2021). Diseño e implementación de una línea de producción de material de fricción de una empresa metalmecánica. Ecuador.
4. J. M. Vallhonrat, A. Corominas, (1991). Localización, distribución en planta y mantenimiento. España.
5. Stephen A. Ross, Randolph W. Westerfield, (2010) Finanzas corporativas. México.
6. Heizer, J. y Bender, B. (2007). Dirección de la producción y de Operaciones (8va. ed.). España.
7. I. Gómez Gómez y J. G. Brito. (2020) Administración de Operaciones (1era ed.) Ecuador.
8. Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México.
9. D. C. Montgomery. (2009) Introduction to Statistical Quality Control. (6th ed.) United States of America.
10. K. J. Torres, L. S. Flores, C. W. Sánchez, N. M. Castañeda. Metodología SLP para la Distribución en Planta de Empresas Productoras de Guadua Laminada Encolada (GLG). Colombia.

## **ANEXOS**

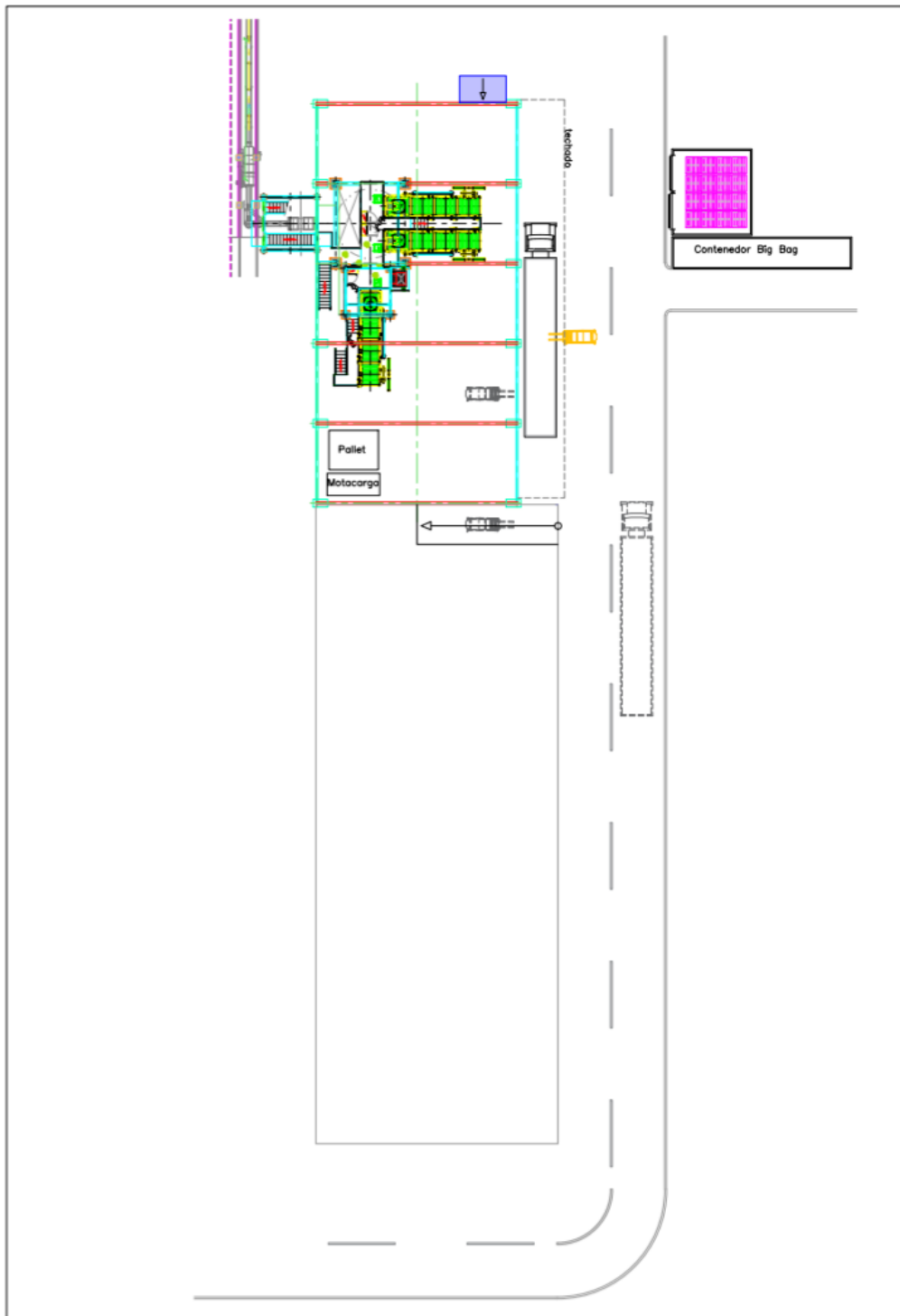
A. Anexo 1. Plano proceso inicial. Plano vista aérea del área de despacho y áreas contiguas.



**B. Anexo 2. Plano inicial. Plano vista aérea desde silo de abastecimiento hacia instalación de big bags en fase 1.**



C. Anexo 3. Primera fase. Plano vista aérea desde la instalación de big bags y solar de expansión en fase 1



D. Anexo 4. Fase expansión. Plano vista aérea desde la instalación de big bags y solar de expansión en fase 2.

