

**Análisis a partir de la simulación de procesos productivos para la empresa
Prefabricados del Sol S.A.S con énfasis a la reducción de costos**



John Sebastián Osorio Niño, Oscar Leonardo Vargas Gómez

Abril 2021

Universidad Antonio Nariño.

Duitama - Boyacá.

**Análisis a partir de la simulación de procesos productivos para la empresa
Prefabricados del Sol S.A.S con énfasis a la reducción de costos**

Jhon Sebastián Osorio Niño, Oscar Leonardo Vargas Gómez

Universidad Antonio Nariño.

Duitama - Boyacá.

Director de tesis. Ing. Fredy Guillermo García Corredor

Abril 2021

Notas del autor

Jhon Sebastián Osorio Niño, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Duitama.

Oscar Leonardo Vargas Gómez, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Duitama.

Nota de aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

Dedico a todas las personas que hicieron posible la ejecución de este proyecto en especial a toda mi familia por su paciencia a lo largo del proceso. A los ingenieros, compañeros y personal del área operativa de la empresa Prefabricados del sol S.A.S., quienes nos apoyaron y contribuyeron para tener éxito en la realización del mismo.

Oscar Vargas

Dedico esta tesis de grado a mi madre Sonia Roció, por ser el motor y la inspiración de mi vida, por sus continuas oraciones, consejos y sacrificios que me llevaron a cumplir a cabalidad este objetivo. A mis abuelos, por sus enseñanzas, valores y palabras de aliento que me impulsaron a esforzarme en ser el profesional valeroso y esforzado que esperaban.

Jhon Sebastián Osorio

Agradecimientos

Gracias a Dios por lograr terminar satisfactoriamente esta etapa de nuestras vidas; en segundo lugar, a nuestros padres y familiares quienes depositaron la confianza y nos brindaron el apoyo desde el comienzo de la carrera profesional. En la Universidad Antonio Nariño, agradecemos al Ing. Fredy Guillermo García Corredor quien fue nuestro director para el presente proyecto, también agradecemos al Ing. Jaime Trujillo Manrique quienes nos apoyaron con su conocimiento en el desarrollo siendo parte fundamental para dar cumplimiento a este trabajo de investigación.

Resumen

La investigación se basa en la simulación de los procesos productivos con énfasis en la reducción de costos para la empresa Prefabricados Del Sol ubicada en la ciudad de Sogamoso.

La organización fabrica productos a partir del acero y del cemento, destinados principalmente a los sectores eléctricos y de la construcción.

Como objetivo primordial es la elaboración de los productos realizando el análisis y simulación de los procesos productivos de la organización. La metodología presenta la solución a emplear y casos de éxito que respalden la propuesta planteada.

Por esta razón, se emplearán modelo a partir de ingeniería para determinar el escenario actualmente de la producción en la organización y las posibles causas que están generando el problema. Toda esta información es recopilada con la colaboración del personal administrativo y operativo de la organización. Luego se plantean y se desarrollan las propuestas de solución a las problemáticas por medio del análisis de simulación del proceso y propuesta de mejora en los procesos por medio de la disminución de costos, resaltando el beneficio económico obtenido mediante la aplicación de la mejora.

Palabras claves: Simulación, reducción de costos, distribución en planta, mejora productiva, diagrama de proceso.

Abstract

The research is based on the simulation of production processes with emphasis on cost reduction for the company Prefabricados Del Sol located in the city of Sogamoso. The organization manufactures products from steel and cement, mainly for the electrical and construction sectors.

The primary objective is the development of products by analyzing and simulating the production processes of the organization. The methodology presents the solution to be used and success stories that support the proposed proposal.

For this reason, a model based on engineering will be used to determine the current production scenario in the organization and the possible causes that are generating the problem. All this information is compiled with the collaboration of the administrative and operational staff of the organization. Then, the proposals for solutions to the problems are raised and developed by means of the simulation analysis of the process and proposal for improvement in the processes by reducing costs, highlighting the economic benefit obtained through the application of the improvement.

Keywords: Simulation, cost reduction, plant layout, productive improvement, process diagram.

Tabla de contenidos

Introducción	14
Planteamiento del problema.....	16
Descripción del problema.....	16
Formulación del problema	17
Pregunta de investigación.....	17
Justificación	18
Objetivos.....	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Marco referencial	21
Antecedentes	21
Marco teórico	22
Marco conceptual	25
Marco geográfico	28
Marco legal.....	33
I. Normas legales.....	33
II. Normas técnicas	34
Diseño metodológico	35
Tipo y enfoques de investigación.....	35
Fase 1. Diagnóstico	36
Fase 2. Identificación de variables	36
Fase 3. Simulación	37
Diagnóstico	38
Descripción sociodemográfica	38
Descripción de productos	43
Distribución en planta	51
Análisis Diagrama de recorrido actual Postes.....	52
Diagrama de relación de actividades.....	54
Análisis e identificación de puntos críticos	59
Diagrama de Pareto	60
Proceso de fabricación de postes en concreto.....	67
Matriz DOFA	70
Diagrama de causa y efecto.....	74
Maquinaria y equipos	75

Estimación de costo por producto.....	82
Sistema de costeo por procesos.....	85
Costo unitario del proceso	87
Diseño de escenarios ProModel.....	90
Simulación y definición de mejoras.....	93
Modelo actual (Escenario 1)	93
Locaciones (locations).....	93
Entidades (entities).....	94
Recursos (resources)	96
Procesos (processing).....	96
Escenario 2.....	104
Diseño del Escenario 2.....	106
Escenario 3.....	113
Diseño del Escenario 3.....	115
Análisis de escenarios	123
Conclusiones	129
Recomendaciones	131
Lista de referencias	132
Anexos	135

Lista de tablas

Tabla 1. Área administrativa.....	31
Tabla 2. Área financiera.....	32
Tabla 3. Área comercial.....	32
Tabla 4. Área de producción.....	32
Tabla 5. Área de logística.....	33
Tabla 6. Distribución por grupo etario.....	39
Tabla 7. Distribución por género.....	40
Tabla 8. Antigüedad en la empresa.....	41
Tabla 9. Distribución por nivel de formación.....	42
Tabla 10. Ficha técnica productos.....	44
Tabla 11. Diagrama de flujo actual del proceso.....	52
Tabla 12. Código de relación.....	54
Tabla 13. Diagrama de flujo propuesto del proceso.....	56
Tabla 14. Diagrama de Pareto.....	60
Tabla 15. Parámetros geométricos.....	64
Tabla 16. Matriz DOFA.....	69
Tabla 17. Estrategias.....	71
Tabla 18. Maquinaria y equipos básicos de la empresa.....	75
Tabla 19. Costos.....	87
Tabla 20. Escenario 1.....	97
Tabla 21. Opciones de simulación.....	98
Tabla 22. Interpretación de porcentajes.....	99
Tabla 23. Cuadro de indicadores escenario actual.....	100
Tabla 24. Utilidad escenario 1 para producción actual.....	101
Tabla 25. Escenario 2.....	107
Tabla 26. Interpretación de porcentajes.....	108
Tabla 27. Cuadro de indicadores escenario 2.....	109
Tabla 28. Utilidad escenario 2 para alta producción.....	110
Tabla 29. Costos de fabricación escenario 3.....	114
Tabla 30. Interpretación de porcentajes.....	116
Tabla 31. Cuadro de indicadores escenario 3.....	119
Tabla 32. Utilidad escenario 3 para producción baja.....	120
Tabla 33. Relación de utilidades para los tres escenarios.....	119
Tabla 34. Resultados de utilidades.....	123
Tabla 35. Resumen relación utilidades de escenarios.....	126

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la empresa.....	31
Figura 2. Estructura Organizacional	33
Figura 3. Esquema metodológico	38
Figura 4. Distribución por grupo etario	39
Figura 5. Distribución por género.....	40
Figura 6. Antigüedad en la empresa	41
Figura 7. Distribución por nivel de formación	42
Figura 8. Caracterización proceso de producción postes.....	47
Figura 9. Diagrama del proceso actual de fabricación poste en concreto.....	48
Figura 10. Distribución en planta método actual	49
Figura 11. Diagrama relación de actividades.....	53
Figura 12. Porcentaje de cumplimiento relacional distribución actual.....	54
Figura 13. Distribución en planta propuesta	55
Figura 14. Diagrama relación de actividades propuesto.....	57
Figura 15. Propuesta porcentaje de cumplimiento relacional.....	58
Figura 16. Diagrama de Pareto	63
Figura 17. Diagrama postes de 14 metros.....	64
Figura 18. Diagrama postes de 8 y 9 metros.....	65
Figura 19. Diagrama de causa y efecto.....	73
Figura 20. Esquema del proceso de simulación.....	79
Figura 21. Costos unitarios	88
Figura 22. Costos generales	88
Figura 23. Datos.....	89
Figura 24. Densidad ajustada.....	90
Figura 25. Datos estadísticos descriptivos	91
Figura 26. Bondad de ajuste	91
Figura 27. Locaciones.....	92
Figura 28. Proceso de fabricación de productos	93
Figura 29. Entidades	94
Figura 30. Redes de ruta	94
Figura 31. Recursos	95
Figura 32. Proceso actual.....	95
Figura 33. Múltiple capacidad	98
Figura 34. Datos propuestos	103
Figura 35. Densidad ajustada.....	104
Figura 36. Estadísticas descriptivas	104
Figura 37. Bondad de ajuste	105
Figura 38. Proceso Escenario 2.....	106
Figura 39. Proceso de fabricación de productos	106
Figura 40. Múltiple capacidad	107
Figura 41. Variables.....	111
Figura 42. Densidad ajustada.....	112
Figura 43. Bondad de ajuste	112
Figura 44. Proceso Escenario 3.....	113

Figura 45. Proceso de fabricación de productos	114
Figura 46. Múltiple capacidad	115
Figura 47. Utilidad total.....	121
Figura 48. Costos de productos.....	122
Figura 49. Índice probabilidad de utilidad en los productos.....	123

Anexos

Anexo 1. Formas de colocación de postes en el vehículo de transporte.....	135
Anexo 2. Disposición de cuartones para postes de 8m.....	135
Anexo 3. Complemento de escenarios.....	136
Anexo 4. Carga mínima de rotura.....	136
Anexo 5. Inspección para aceptación de postes.....	137
Anexo 6. Formato recepción de postes en concreto	138
Anexo 7. Características técnicas	1395

Introducción

Hoy en día, las empresas buscan fortalecerse a nivel competitivo como parte fundamental de sus procesos visionales, lo que conlleva a la adopción de modelos y métodos que apunten mediante su aplicación a la obtención de los resultados esperados. Es por esto, que buscan herramientas que permitan entender de una mejor manera y bajo perspectivas diferentes la naturaleza de los procesos para generar diagnósticos más oportunos y eficientes, pronosticar los rendimientos de los procesos con mayor precisión, eliminar posibles riesgos y reducir los costos. Una de las herramientas que permite dar cumplimiento a lo anteriormente señalado es la simulación. Por tal razón el presente proyecto está dirigido hacia el modelo de simulación de proceso, el cual se realizó para la compañía Prefabricados Del Sol S.A.S, ubicada en la ciudad de Sogamoso, departamento de Boyacá, enfocada a realizar productos obtenidos por medio del acero y cemento, orientados especialmente a los sectores eléctricos y de construcción.

Este estudio presenta el desarrollo en tres fases con una metodología de tipo mixto ya que cuenta con actividades cuantitativas y cualitativas, siendo así necesario realizar la exploración con enfoques tanto descriptivo, exploratorio y aplicado. En la primera fase se realizará un estudio enfocado en los procesos productivos actuales en la organización con el objetivo de tener un conocimiento más consistente por medio de materiales de recolección de datos como lo son: encuestas y posteriormente haciendo su respectivo análisis. En la segunda fase se efectuará la identificación y análisis de variables que influyen en el aumento para los costos y determinando las distribuciones de probabilidad que existen en el proceso. A su vez se hará actividades como: Toma de tiempos y pruebas de determinación de probabilidad. Finalmente, en la tercera fase se

elaborará una simulación del proceso con énfasis en la reducción de costos, evaluando las posibles alternativas de mejora al problema planteado.

Actualmente, la organización busca mejorar sus procesos a nivel competitivo, lo que requiere el uso de estrategias o la aplicación de herramientas que las orienten a lograr excelentes resultados basados en una correcta planificación y ejecución de proyectos. Por tanto, este proyecto tiene como fin satisfacer a las necesidades específicas de la empresa, estableciendo alternativas basadas en un modelo de simulación, buscando beneficios para dar mejoría en la disminución de los costos.

Planteamiento del problema

Descripción del problema

Actualmente para las empresas el sistema contabilidad de costos solo acumula costos, pero no puede administrarlos destacando servicios. Por otro lado, al pagar por productos o servicios, asignación de manera adecuada de los gastos de fabricación y los costes operacionales, lo que significa que la empresa no tiene costos reales y el producto terminado o el servicio prestado provoca dificultades para las respectivas decisiones que se van a tener en cuenta dentro del proceso. Por tanto, lograr el nivel de costos más bajo y competitivo en la fabricación de productos teniendo la calidad requerida correspondiente al desarrollo y la tecnología existente con el nivel suficiente de mano de obra, materiales y recursos financieros.

En Colombia la industria de productos prefabricados ha mantenido un desarrollo precario si se compara con otros países, se identifican algunas debilidades en el manejo del costeo, asociadas entre otras a los altos precios de materia prima que existen en el país y algunas prácticas que se mantienen en la región. Así mismo, los prefabricados a pesar de presentar sus falencias en el mercado mantienen un buen auge en el sector de la construcción, es así como las empresas no son ajenas a algunos problemas de calidad de sus productos, presentando en algunas ocasiones sobrecostos en sus procesos y también esta clase de estudios de simulación no se ha llevado en el mercado dentro de la organización ni en empresas similares dentro del Departamento de Boyacá.

Formulación del problema

Prefabricados Del Sol no presenta un sistema de costos que logre ayudar de una manera óptima la determinación de los costos detalladamente, generando incertidumbre con la información de los estados financieros. En ese mismo contexto, la organización maneja su producción a partir de los diferentes pedidos que le solicitan sus clientes, dificultando determinar los costos incurridos, puesto que es necesario contemplar los costos que se presenten en cada pedido, en el momento en el cual desconoce cuáles son los costos para la producción y que gastos se presentaron. Por tanto, la compañía debe contemplar de manera clara la información contable, haciéndola mucho más eficiente para que no presente incertidumbre en los pedidos de producción que se tengan a ejecutar dependiendo de sus ventas. Es por eso que puede implementar un método por órdenes de trabajo, que le permita de manera ágil y oportuna, evaluando la operación, optimizando los recursos, responder por los cambios en la industria para tener una mejor colaboración en el sector, creciendo la utilidad, atrayendo más clientes teniendo mayor competencia en el mercado.

Pregunta de investigación

¿Cómo la simulación de los procesos productivos ayudara a la disminución de costos y la mejora de sus procesos en la empresa Prefabricados Del Sol?

Justificación

La organización implementará un método para los costos que le permite obtener un precio en general de su producción. Además, los prefabricados bajan los costos de materias primas y mano de obra necesarios para la construcción. A su vez, reducirán los gastos al mejorar la eficiencia de la construcción y tiene la ventaja de evitar el levantamiento de materiales a través de la máquina y aumentando el cuidado de los empleados.

La empresa cumple con las exigencias de los clientes, con base en esta problemática se busca fortalecer su proceso productivo y obtener mejoras a partir del balanceo de procesos y costos. Estos factores están relacionados con este propósito, poder planificar, implementar y controlar de manera efectiva, para obtener resultados a corto plazo y alcanzar las metas establecidas, enfatizando en la reducción de costos para mejorar la calidad del proceso.

Actualmente la organización maneja los procesos de acuerdo a la norma técnica colombiana 1329, puesto que deben cumplir con unas especificaciones técnicas ya establecidas. Las cuales incluyen aspectos estructurales, es decir los diferentes modelos que se realizan, las condiciones específicas de los materiales y se establece las cargas mínimas de rotura que mide la capacidad en la que los productos terminados soportan y mantienen la carga.

La preparación general para el proceso de prefabricación comienza con el montaje de la canasta, que implica la preparación del marco principal del producto, elaboración de la estructura, vaciado del concreto, este proceso debe ser realizado para la elaboración de la mezcla el cual tiene que contener un porcentaje adecuado de material, en unas proporciones preestablecidas que permiten darle al producto la calidad requerida por el cliente, en dado caso de sobrepasar dicha cantidad se generan retrasos en el proceso asociadas al tiempo de secado si

excede a la cantidad de agua o al agrietamiento y cristalización del concreto si la cantidad de cemento no es la adecuada, el balance de la mezcla es decisión del operario, al terminar el vaciado de concreto se dirige al curado y fraguado generando en los productos y procesos sobrecostos por el desperdicio de material, reprocesos que se pueden presentar al no tener los productos en las normas establecidas al no contemplar los tiempos en cada uno de los procesos. A partir del estudio realizado se determinan cuellos de botella en estas áreas específicamente: prensado, vaciado y secado a vapor. Debido a estos inconvenientes se generan reprocesos, demoras y sobrecostos que afectan de manera importante para el desarrollo de los proyectos que se tengan planeados para la ejecución.

Por tanto, la secuencia que presenta la empresa para la elaboración de cada uno de los productos es diferente debido a la naturaleza de los mismos y en algunas de ellas generando interrupciones o demoras en la producción como es el caso de los postes, originado en áreas como estructura y secado, finalmente generando algunos sobrecostos.

Para la organización, el fortalecimiento del proceso es importante puesto que nos invita a abordar el problema mediante el empleo de herramientas de ingeniería, como los modelos de simulación para proponer y evaluar soluciones de los posibles problemas. Si la compañía conoce acerca del aumento de sus costos dentro de la producción, contara con una herramienta que le permita aplicar acciones correctivas para corregir las fallas internas, evaluando los costos insumos, también debemos considerar los costos de mantenimiento preventivo y los tiempos muertos.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el análisis y simulación de los procesos productivos con énfasis en la reducción de costos de la empresa Prefabricados Del Sol.

Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico de los procesos productivos actuales en la empresa.

Analizar variables de influencia en la reducción de costos y determinación de distribuciones de probabilidad de los procesos.

Elaborar una simulación y propuesta de mejora con énfasis en la reducción de costos.

Marco referencial

Antecedentes

En este proyecto se recolectaron algunos estudios similares a nuestra investigación tomadas de distintas fuentes, el cual están relacionadas con la temática propuesta que son de gran valor y aportan a tener un mayor conocimiento del tema y nos brinda información necesaria para poder tomar mejores decisiones en el desarrollo del mismo.

La simulación se utiliza para obtener un mejor entendimiento de dicho sistema y a conocer el comportamiento de éste. Esto da a entender como es el funcionamiento de un sistema a través de la simulación (Bolaños, 2014).

Según (Puche, 2005) “La simulación es una herramienta muy útil para reducir riesgos y mejorar las medidas de la empresa, evaluar las inversiones en tecnología, personal e instalaciones, y planificar, analizar y mejorar los procesos de la empresa. En concreto, su aplicación en instalaciones y procesos industriales, logísticos, de transporte o de servicios tiene grandes posibilidades” (P.14).

Marco teórico

Según la definición que plantea (Naylor, 2011): A través de la simulación se puede ver el efecto tanto internos y externos de un sistema. Adicionalmente se puede observar el comportamiento de un sistema que logra anticipar problemas generados por cuellos de botella que pueden surgir y ocasionan situaciones con resultados que no den mejoría en la operación de un proceso productivo.

En segunda instancia, para (Londoño, 2010) ‘‘la simulación puede generar desventajas en cuanto al desarrollo de modelos debido a que puede resultar costoso y eso puede traer consecuencias a cometer errores. El experimento se realiza a través de la modelación en lugar del sistema real; por lo tanto, si el modelo es imperfecto o el procesamiento no es el adecuado, el resultado también será incorrecto’’.

A partir de los modelos de simulación el cual consiste en un sistema que requiere de un tipo para determinar tareas dentro de un procedimiento. Existen diferentes tipos de modelos, entre los que se encuentran: modelo determinístico, este modelo alcanza una solución inmediata por medio de las entradas de variables determinadas. El otro modelo es el probabilístico que describe cómo se comporta una variable aleatoria. Además, se representa tomando un conjunto de datos obtenidos de una muestra de datos y el comportamiento de la muestra de datos se considera aleatorio.

Por otra parte, de los modelos de Monte Carlo, esta se utiliza en datos estadísticos y una computadora para determinar el procedimiento al azar del método no dinámico real a través de modelos matemáticos.

Las distribuciones de probabilidad la proporcionan los resultados de cada uno de los valores que se presentan en un acontecimiento, es decir, la probabilidad está asociada con que dicho suceso ocurra. Los acontecimientos tienen variables de tipo continua o discreta, el cual son características medibles. Las variables continuas pueden usar valores enteros y decimales, y puede representarlos como infinitos en el mismo intervalo de tiempo. Por otra parte, las variables de tipo discretas solo pueden tomar valores expresados en números enteros y limitados.

Según (Corvo, 2019) “Los costos por órdenes de producción son un método que asigna costos a los bienes, es decir, en aquellas empresas en las que se fabrica en función bajo las órdenes de pedidos, sin embargo, es posible identificar los elementos de costo de diferentes productos por separado. Estas órdenes para cada producto son un elemento valioso ya que contiene los registros para poder controlar de una manera posible el volumen de producción de cada artículo fabricado”.

Según L. Gayle Rayburn (1999) “La contabilidad de costos puede identificar, definir, medir el desempeño, informar y analizar varios elementos de los costos relacionados con la fabricación y las ventas, como los productos prefabricados. Por otra parte, la contabilidad de costes también puede medir el rendimiento, la calidad del producto y la productividad” (P.24).

La reducción de costos consiste en la prevención, detención y eliminación sistemática del exceso de recursos. Además de residir en la disminución de gastos por conceptos de materiales. Debido a esto es importante el análisis en los procesos para poder perfeccionarlos. Para (Maryanne M, 2007), en el libro de Administración de costos contabilidad y control., dice: “Los administradores invierten más activos previos en la productividad y dedican más recursos a las tareas de la vida útil de un bien reduciendo los respectivos costos, además de los costos a la hora de comprarlos”.

Con base en (Gomez Cejas , 2006): Es un esquema que muestra el proceso estableciendo un orden cronológico dentro de la organización.

La distribución en planta para (Mutter, 1994): “procedimiento de ordenar físicamente los instrumentos de fabricación industrial, por lo que constituyen un método de producción que logra los objetivos establecidos de la manera más efectiva”.

Según (Idalberto, 2010): El diagrama representa la secuencia de algunas tareas u operaciones respecto a un producto específico. Además, tiene la ventaja de involucrar las unidades y las personas encargadas del proceso.

Marco conceptual

Se relacionan los elementos necesarios para la ejecución del proyecto. Por tanto, los más relevantes en esta investigación son los costos, gastos, costos directos e indirectos de fabricación, simulación, ProModel, sistema, variables y simulación de procesos, entre otros. Por tanto, se tuvieron en cuenta estas definiciones que nos brindan una mayor perspectiva para definir la base para este estudio.

Costos

Según (Zazenco, 2015) indica que incluye todos los requisitos de la empresa, o se usa regularmente por procesamiento e inicia exactamente la información del proceso, el paso a paso que lo compone, el servicio y el seguimiento del mismo.

Gastos

Según (Paz, 2012) “se realizan en un periodo determinado permitiendo la disminución de los activos el cual afecta la utilidad neta de las entidades. De igual manera, los gastos deben tener una secuencia de las propias operaciones quienes los llevan a cabo en un periodo específico”.

Costos directos de fabricación

De acuerdo con (Colin, 2012), estos costos son identificables o cuantificables completamente el producto terminado o el área específico.

Costos indirectos de fabricación

Para (Gómez, 2005). En función de la producción, representan los que influyen dentro del proceso de fabricación. Además, se deben considerar algunos factores como salario de los trabajadores, alquiler y maquinaria.

Costos variables

Según (Backer, 2007), cambian o fluctúan según una determinada tarea, por ejemplo: las materias primas se cambian de acuerdo con las funciones de producción y una comisión se basa en las ventas.

Costos de producción

Según (Alatraste, 2012), el objetivo es entender los costos de manera que se comprenda cuánto gasta la empresa en cada elemento de fabricación y el aumento de mano de obra y materiales directos.

Simulación

Es un proceso que consiste en proyectar diferentes tipos de modelos logrando identificar las partes esenciales de un sistema, generalmente se enfoca en analizar sistemas demasiado complejos que no pueden ser manejados analíticamente, está basado en la experimentación fundamental en diferentes sectores como son: la ingeniería industrial, arquitectura, economía, física, informática, ecología e ingeniería química entre otros. Para (Jimenez, 2008) “la simulación busca el estudio de diversos métodos para identificar resultados óptimos, con el objeto de obtener un balance efectivo para la toma de decisiones” (p.74).

ProModel

Es un simulador que permite dar animación con un alto grado de optimización para realizar modelos de varios sistemas tales como: logística, manejo de materiales, producción, servicios, sistemas de manufactura entre otros. Para (IOSA, 2013) “Es un software de simulación especializado en evaluar procesos de producción. A su vez permite la modelación de cualquier

tipo de proceso. También ofrece la facilidad necesaria para que las organizaciones se modernicen y mejoren sus procesos de evaluación (p.5).

Sistema

En concordancia con (Blanchard, 1991). Está compuesto por varios elementos en los que se encuentran variables, procesos; el cual cumplen una función conjunta para desarrollar un modelo que pueda ser modificado. Está compuesto por varios elementos en los que se encuentran variables, procesos; el cual cumplen una función conjunta para desarrollar un modelo que pueda ser modificado.

Variables

Son valores que presentan cambios definiendo cualidades o características, ya sea por su cantidad o magnitud, con relación a estos cambios es necesario un estudio detallado para la manipulación, el estudio de un proyecto, así mismo las variables nos indican de qué manera se deben clasificar por el grado de importancia de las mismas para medir y observar los aspectos necesarios que se pueden ver en cualquier lugar del modelo. Podemos afirmar entonces que la variabilidad esta de la mano con todos los proyectos de investigación, puesto que las variables son elementos que pueden cambiar a lo largo del tiempo según (Fernandez, 2012) “variables es un elemento que puede ser observado y medido”.

Simulación de procesos

Es una aplicación que interviene los problemas con el fin de desarrollar alternativas de procesos para identificar la solución más óptima. En otras palabras, quiere decir un estudio minucioso para obtener modelos matemáticos, la descripción del problema para el escenario dado, estudio de los resultados planteados. Según (Himmelblau, 2004) “el análisis de la simulación de procesos señala ventajas como la repetición de procesos, control de los cálculos, estudio y evaluación de planes de control, la estabilidad del sistema (p.5).

Marco geográfico

Reseña histórica

Prefabricados Del Sol S.A.S fabrica y comercializa productos a partir de cemento y acero, el cual distribuye sus principales productos hace 65 años ubicados en la ciudad de Sogamoso, Boyacá. Además, genera empleos de manera directa, evitando así la contaminación. Hoy día muestra una excelente imagen y prestigio, ofreciendo productos con excelente calidad, cumpliendo, asesorando para posesionarse en el mercado a nivel regional y nacional. La organización cuenta con área administrativa, área de producción, zona para cargue o descargue de material y zona de almacenamiento del producto terminado. Entre sus principales clientes son: sector de la construcción y sector eléctrico.

Ubicación de la empresa



Figura 1.

Ubicación de la empresa

Fuente: *Mapa Sogamoso 2019*

Descripción de la empresa

Misión

Prefabricados Del Sol S.A.S es una empresa Boyacense, fabricante y comercializadora de productos que van dirigidos especialmente a los sectores eléctricos y de la construcción, con el objetivo de ofrecer productos de excelente calidad a través de su equipo eficiente y capacitado, fortaleciendo sus procesos y comprometiendo a nuestros proveedores con el desarrollo a nivel nacional y regional.

Visión

Prefabricados Del Sol S.A.S se proyecta en el año 2020 como una de las empresas con mayor reconocimiento con cada uno de sus productos para beneficiar los sectores tanto de la

construcción como del eléctrico irrumpiendo en los mercados tanto a nivel regional y nacional, así mismo adaptando nuevas tecnologías para dar mejoría a sus procesos, además de capacitar a sus trabajadores de manera continua para satisfacer la necesidad de sus clientes y generando de la forma más mínima posible el impacto ambiental debido al desarrollo de sus procesos.

Política del Sistema Integrado de Gestión SIG

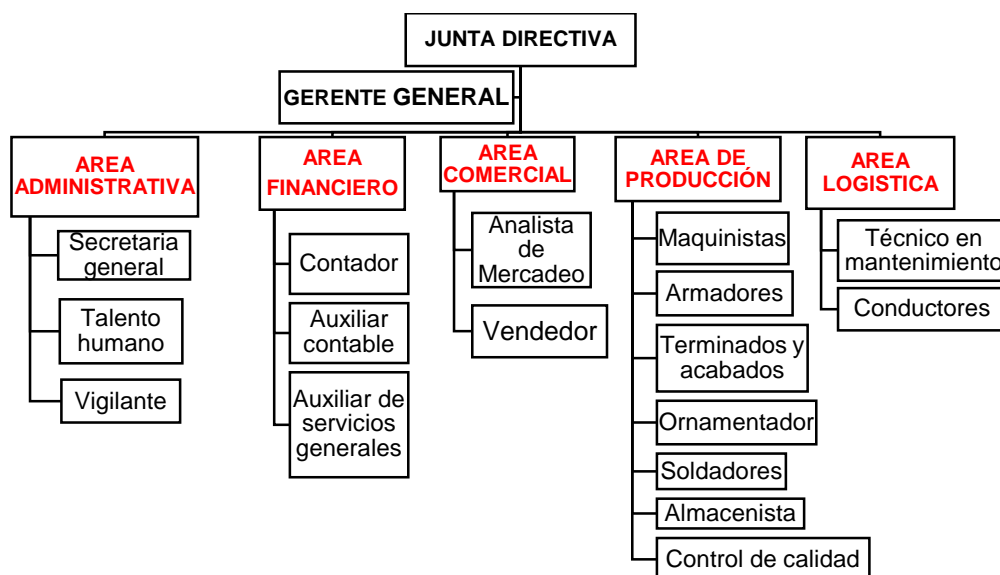
La organización está comprometida con el desarrollo, control efectivo de procesos y servicios, además de la protección, salud y seguridad de los trabajadores, tomando medidas para minimizar los riesgos e impactos ambientales.

Política de calidad

Asegurar que el sistema de gestión de la calidad sea eficiente en la elaboración, comercialización y servicios relacionados de productos prefabricados de concreto, optimizando recursos y asegurando que el proceso esté controlado, con el fin de prevenir las no conformidades a través de los requerimientos clientes.

Valores corporativos

Hacen parte de la gestión estratégica dentro de la organización en el cual se establecen principios y valores corporativos que son lineamientos de primer orden que dirigen su accionar, por tanto, Prefabricados Del Sol S.A.S cuenta con los siguientes valores que son importantes para su gestión: Trabajo en equipo, calidad, responsabilidad, compromiso, liderazgo y servicio.

Figura 2.*Estructura Organizacional*

Fuente: Elaboración propia

En el organigrama de Prefabricados Del Sol S.A.S que se muestra en la figura 3, se puede observar cómo esta ordenada la organización actualmente. La empresa está constituida por la junta directiva y dirigida por un gerente general que se encarga de planificar, analizar y controlar los trabajos dentro de la organización para cumplir con los objetivos estipulados.

Tabla 1.*Área administrativa*

CARGO	FUNCIONES
Secretaria	Recibe documentos y atiende llamadas en general.
Jefe de talento Humano	Lidera la contratación de las personas para las diferentes áreas.
Vigilancia	Controlar la entrada y salida de personal.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.*Área financiera*

CARGO	FUNCIONES
Contador	Presenta la información financiera, además de supervisar estados contables para el respectivo control y toma de decisiones.
Auxiliar contable	Realiza control, archivo y digitalización de transacciones, así mismo el pago de nómina.
Auxiliar servicios Generales	Sus labores principales son: mensajería, archivos y colaboración a sus superiores.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 3.***Área comercial*

CARGO	FUNCIONES
Analista de mercadeo	Es el encargado de recopilar información acerca de competidores, clientes y analizar estrategias de marketing en cuanto a precios que puedan afectar los productos de la organización.
Vendedor	Ofrecer el producto asesorando a los clientes para adquirir los productos en beneficio de la empresa.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 4.***Área de producción*

CARGO	FUNCIONES
Maquinistas	Es el responsable de tener en constante funcionamiento las máquinas para realizar los procesos productivos.
Armadores	Encargado de ensamblar la estructura o piezas según las especificaciones vinculadas a los productos.

Fuente: Elaboración propia

Terminados y acabados	Funcionario encargado de ultimar detalles de los productos tales como: resanar, pintar, anillar.
Ornamentador	Especialista en tareas como: forjar, preparar molde para lograr el tamaño y forma requerida.
Soldadores	Realiza operaciones de preparar superficies para su respectiva unión, manejar equipos con diferentes tipos de soldadura, por ejemplo: MIG, TIG, gas, por arco.
Almacenista	Encargado de suministrar materiales, herramientas y equipos a los trabajadores.
Control de calidad	Persona que supervisa y controla todos los procedimientos garantizando que se cumplan.

Tabla 5.*Área de logística*

CARGO	FUNCIONES
Técnico de mantenimiento	Encargado de registrar, controlar el mantenimiento de la maquinaria.
Conductores	Realizar el montaje del producto y posteriormente entregar a los puntos de destino requeridos por el cliente.

*Fuente: Elaboración propia***Marco legal****I. Normas legales**

- Resolución 0312 de 2019, la cual establece los estándares que se deben cumplir en un SGSST. Para el caso de la organización objeto de este estudio contempla en el capítulo dos (2) de 11 a 50 empleados con riesgo I, II III.
- Código sustantivo del trabajo, el cual establece las mínimas condiciones de trabajo digno como son: carga laboral semanal y pago de prestaciones.

- Ley 9 de 1979: Manifiesta disposiciones de gestión legal para lograr la salud de todo el territorio nacional, protegiendo y manteniendo el medio ambiente, asegurando las condiciones saludables de los trabajadores. Además, se toma como referencia los artículos 90 al 97, el cual hacen parte de salud ocupacional.

- Respecto al decreto 1072 de 2015, este regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

II. Normas técnicas

Especificaciones del producto

La organización puede utilizar para determinar y especificar las características técnicas necesarias y mejoras del proceso para la adquisición del artículo o producto. Además de ser indispensable para la organización, también es un complemento vital en el proceso de inspección para el control de calidad.

- La empresa debe cumplir con la calidad del cemento según la norma NTC 30.
- Es necesario implementar las varillas de refuerzo de acuerdo a la norma NTC 116.
- En cuanto al diseño de conicidad debe ser de 1,5 cm/m de longitud, ya que está enfocado en todos los tipos de postes según la norma NTC 1329.

Especificaciones del proceso

Es una herramienta que se puede utilizar para definir lo que sucede en el proceso o función del modelado de sistemas con el propósito de definir las operaciones que se deben realizar para transformar ciertas entradas en ciertas salidas. Las normas a tener en cuenta son:

- La norma NTC 3459 nos indica los requerimientos del proceso asociados a los materiales empleados para la fabricación de concretos según sus características, propiedades y especificaciones.
- Está estipulado que todos los materiales en concreto son evaluados en el laboratorio de pruebas, a través de ensayos de acuerdo a la norma NTC 121.

Diseño metodológico

Se implementó la observación directa del proceso al interior de la empresa, realizamos entrevistas dirigidas al personal de la organización para obtener datos más precisos y con la información obtenida se procede a realizar las estrategias acordes a los lineamientos de la organización. Luego se tomaron en cuenta libros, bases de datos académicos e institucionales que brindan información necesaria para sustentar la objetividad y el posterior desarrollo del presente proyecto.

Tipo y enfoques de investigación

La presente investigación según la identificación de factores y análisis de información será mixta ya que cuenta con actividades cuantitativas y cualitativas, siendo así necesario realizar la exploración con enfoques tanto descriptivo, exploratorio y aplicado.

En el enfoque descriptivo se realizará un análisis de la producción actual en la compañía, en el exploratorio se utilizarán herramientas de recolección de información primaria, y en el aplicado se elaborará una simulación con énfasis en la reducción de costos.

Para la consecución de los objetivos se llevan a cabo las siguientes fases de investigación:

Fase 1. Diagnóstico

El propósito es profundizar en el conocimiento de la empresa y poder reconocer las ventajas y buenas prácticas que se han desarrollado para fortalecer aún más las áreas o procesos que requieren intervención.

Para el desarrollo se efectuarán las siguientes actividades:

- 1.1 Diseño de instrumento de recolección de información
- 1.2 Recolección de datos
- 1.3 Realizar el cálculo de la muestra
- 1.4 Tabulación de los resultados
- 1.5 Analizar los resultados

Fase 2. Identificación de variables

En esta fase se realizará el estudio de variables que repiten en la ampliación de los costos y se determinaran las distribuciones de probabilidad existentes en el proceso.

Para el desarrollo se ejecutarán las siguientes actividades:

- 2.1 Determinación de variables que influyen en los costos del proceso

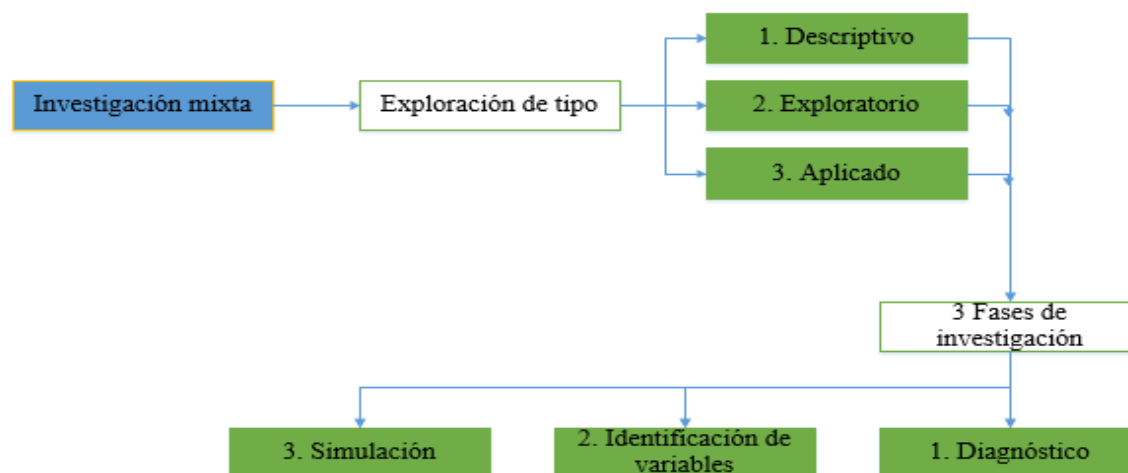
- 2.2 Toma de tiempos y muestras
- 2.3 Pruebas de determinación de distribuciones de probabilidad
- 2.4 Determinación de distribuciones de probabilidad de los procesos

Fase 3. Simulación

Se realizará con el fin de evaluar soluciones alternas al problema planteado, basados en reducir costos, que van asociados dentro del proceso. Para el desarrollo se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- 3.1 Formulación del problema
- 3.2 Configuración del sistema a ser modelado
- 3.3 Construir el modelo de simulación
- 3.4 Verificar y validar el modelo
- 3.5 Resultados del modelo de simulación

Además, se efectuarán las respectivas conclusiones y recomendaciones, el cual aporte como resultado a la presente investigación.

Figura 3.*Esquema metodológico**Fuente: Elaboración propia*

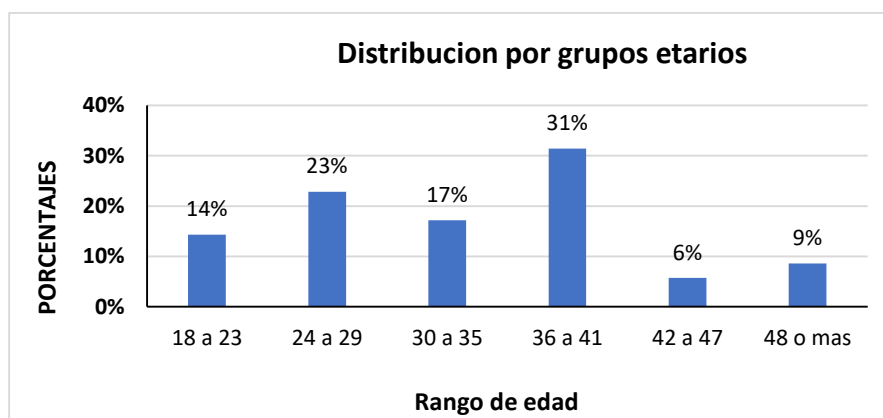
Diagnóstico

Descripción sociodemográfica

Representa parte del diagnóstico de salud del trabajador, que a su vez forma parte de la valoración inicial del SG-SST. De acuerdo al artículo 2.2.4.6.20 del decreto No. 1072 de 2015, este determina la parte integral del plan, que incluye algunos factores, por ejemplo: Rango de edad, genero (masculino, femenino), antigüedad en la empresa, nivel de escolaridad. La empresa cuenta con 35 trabajadores divididos en dos turnos de trabajo. Por otro lado, la parte administrativa está constituida por siete personas, la parte de producción cuenta con 28 personas, el cual 32 son hombres y tres son mujeres. Por tanto, se muestran los datos en las siguientes tablas:

Tabla 6.*Distribución por grupo etario*

Distribución por grupos etarios		
Rango de edad	Cantidad	Porcentaje
18 a 23	5	14%
24 a 29	8	23%
30 a 35	6	17%
36 a 41	11	31%
42 a 47	2	6%
48 o mas	3	9%
Total	35	100%

*Fuente: Elaboración propia***Figura 4.***Distribución por grupo etario**Fuente: Elaboración propia*

En la figura 4 podemos identificar que más del 30% de los trabajadores se muestran en el entre 36 y 41 años. Por tanto, la empresa cuenta con una base de empleados de planta con un nivel alto de experiencia y así mismo con la inclusión de jóvenes para crecer profesionalmente. En este sentido se da la oportunidad de aprender respecto a la experiencia previa del personal más antiguo y a estos últimos se les permite comunicar e impartir su conocimiento garantizando en cierta manera la permanencia del saber hacer (know how) dentro de la organización.

Tabla 7.

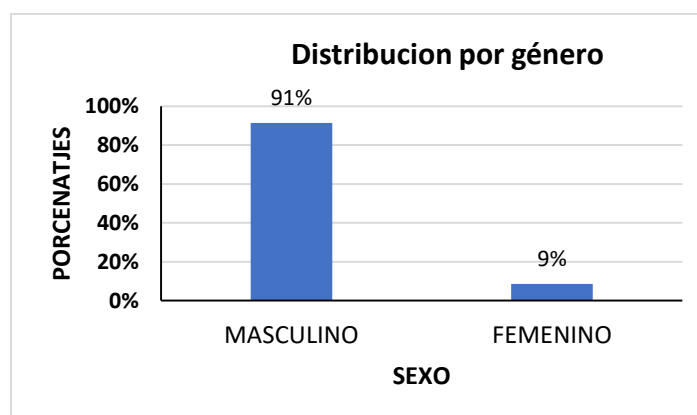
Distribución por género

Distribución por género		
Sexo	Cantidad	Porcentaje
Masculino	32	91%
Femenino	3	9%
Total	35	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 5.

Distribución por género



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, la organización cuenta con la mayoría de personal masculino que están distribuidos en la parte operativa. En cuanto al personal femenino, desempeñan un papel importante en la parte administrativa, marketing y venta, resaltando la equidad de género en la ejecución de las tareas y esto favorece el buen clima laboral día a día dentro de la compañía.

Tabla 8.

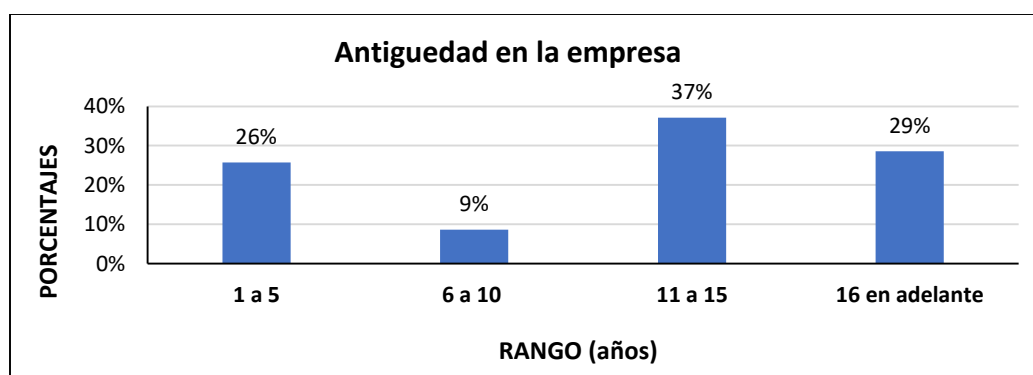
Antigüedad en la empresa

Antigüedad en la empresa		
Rango (años)	Cantidad	Porcentaje
1 a 5	9	26%
6 a 10	3	9%
11 a 15	13	37%
16 en adelante	10	29%
Total	35	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.

Antigüedad en la empresa



Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se identifica que más del 60% de los empleados cuentan con antigüedad superior a 10 años, el cual los hace conocedores de los procesos que les permite operar de manera eficiente con la maquinaria y equipos. La permanencia en la compañía por periodos prolongados de tiempo crea vínculos del empleado con la organización, representados en un sentido de pertenencia arraigado generado por la gratitud con la empresa y el conocimiento del proceso.

Tabla 9.

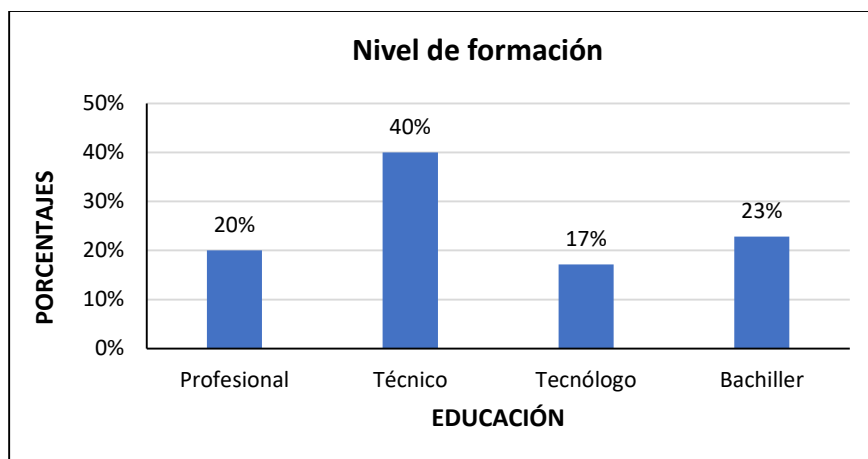
Distribución por nivel de formación

Nivel de formación		
Educación	Cantidad	Porcentaje
Profesional	7	20%
Técnico	14	40%
Tecnólogo	6	17%
Bachiller	8	23%
Total	35	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 7.

Distribución por nivel de formación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 7, se puede identificar que más del 70% de los empleados cuentan con un perfil profesional que son: técnicos, tecnólogos y profesional, de tal manera que garantice en todas las áreas de la organización donde se requieran habilidades y conocimientos específicos, contando con el personal idóneo para desarrollar las tareas dentro de la empresa.

Descripción de productos

Prefabricados Del Sol S.A.S. fabrica, comercializa y distribuye productos a base del cemento y el acero, entre ellos se destacan: postes de redes eléctricas, viguetas de anclaje, cajas de inspección, adoquín rectangular vehicular, losetas lisas, sardineles, entre otros. Luego, se realiza la descripción, el cual está distribuida en cuatro (4) grupos, cumpliendo de esta manera la norma técnica según sus especificaciones:

Grupo 1: Electrificación - postes de redes eléctricas y viguetas de anclaje

Grupo 2: Vías, pisos (mobiliario urbano)

Grupo 3: Alcantarillado y ductos

Grupo 4: Varios

Tabla 10.

Ficha técnica productos

REGISTRO FOTOGRAFICO	NOMBRE Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Grupo 1: Electrificación - postes de redes eléctricas y viguetas de anclaje	
	<p>POSTES DE REDES ELÉCTRICAS Y TELEFÓNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro base: 25,7 cm • Diámetro cima: 14 cm • Longitud: 8 m • Normatividad: NTC 1329 • Peso: 525 Kg <p>Usos: Soportes estructurales para diferentes equipos, líneas áreas de iluminación, telecomunicaciones y electricidad.</p>
	<p>VIGUETAS DE ANCLAJE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 0,11 * 0,11 * 0.50 mt • Peso: 17 Kg <p>Usos: Anclaje de los vientos o templetes.</p>
	<p>CAJAS DE INSPECCION:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 60 * 60 cm • Espesor: 10 cm <p>Usos: Colocación de polo a tierra y/o RETIE para la industria de la electrificación.</p>

Grupo 2: Vías, pisos (mobiliario urbano)



ADOQUÍN RECTANGULAR VEHICULAR:

- Dimensiones: (0,20 * 0,10 MT) * espesor: 0,08 mt
- Peso: 3,6 Kg
- Normatividad: NTC 2017

Usos: Vehículos de tráfico pesado.



ADOQUÍN RECTANGULAR PEATONAL:

- Dimensiones: (0,20 * 0,10 MT) * espesor: 0,06 mt
- Peso: 2,8 Kg
- Normatividad: NTC 2017

Usos: Peatonal.



SARDINEL A-10 EN CONCRETO:

- Dimensiones: 50 * 20 * 80
- Peso: 125 Kg

Usos: Redes viales urbanas, carreteras nacionales o en zonas peatonales.



BORDILLOS EN CONCRETO:

- Dimensiones: (0,10 * 0,20 MT) * espesor: 0,80 mt
- Peso: 32 Kg
- Normatividad: NTC 4109

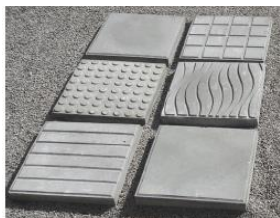
Usos: Vehículos de tráfico pesado y alto impacto.



SARDINEL EN CONCRETO BISELADO TIPO IDU A-10:

- Dimensiones: (0,50 * 0,80 MT) * espesor: 0,20 mt
- Peso: 153 Kg
- Normatividad: NTC 4109

Usos: Vehículos de tráfico pesado y alto impacto.



LOSETAS LISAS:

- Dimensiones: (0,40 * 0,40 MT) * espesor: 0,06 mt
- Peso: 22 Kg
- Normatividad: NTC 4992

Usos: Tráfico peatonal.



SARDINEL IDU A-100:

- Dimensiones: 0,20 * 0,50 * 0,60 mt

Usos: Delimitación de vías peatonales y vehiculares.

Grupo 3: Alcantarillado y ductos



TUBERÍA EN CONCRETO SIMPLE CON CAMPANA CLASE I:

- Dimensiones: diámetro 6", longitud total 1052 mm
- Diámetro interno: 150 mm
- Peso: 56 Kg
- Normatividad: NTC 1022

Usos: Conducción de fluidos.



TAPA PARA POZO EN CONCRETO REFORZADO:

- Dimensiones: diámetro 75 * 0,10 cm
- Diámetro externo: 752 mm
- Espesor estándar: 100 mm
- Peso: 102 Kg
- Normatividad: ISO 9001/2008

Usos: Pozos de inspección.



REJILLAS EN CONCRETO REFORZADO:

- Dimensiones: 04 * 33 * 50 cm
- Espesor interno: 4,2 cm
- Peso: 13,4 Kg
- Normatividad: ISO 9001/2008

Usos: Tráfico peatonal.

Grupo 4: Varios



POSTES PARA CERCA:

- Dimensiones: 0,10 * 0,10 mt
- Longitud estándar: 2 mt
- Peso: 35 Kg
- Normatividad: ISO 9001/2008

Usos: Cerramiento de obras, lotes, fincas.



POSTES PARA CERCA RECTO:

- Longitud estándar: 2 mt
- Peso: 35 Kg
- Normatividad: ISO 9001/2008

Usos: Cerramiento de obras, lotes, fincas.

Fuente: Elaboración propia

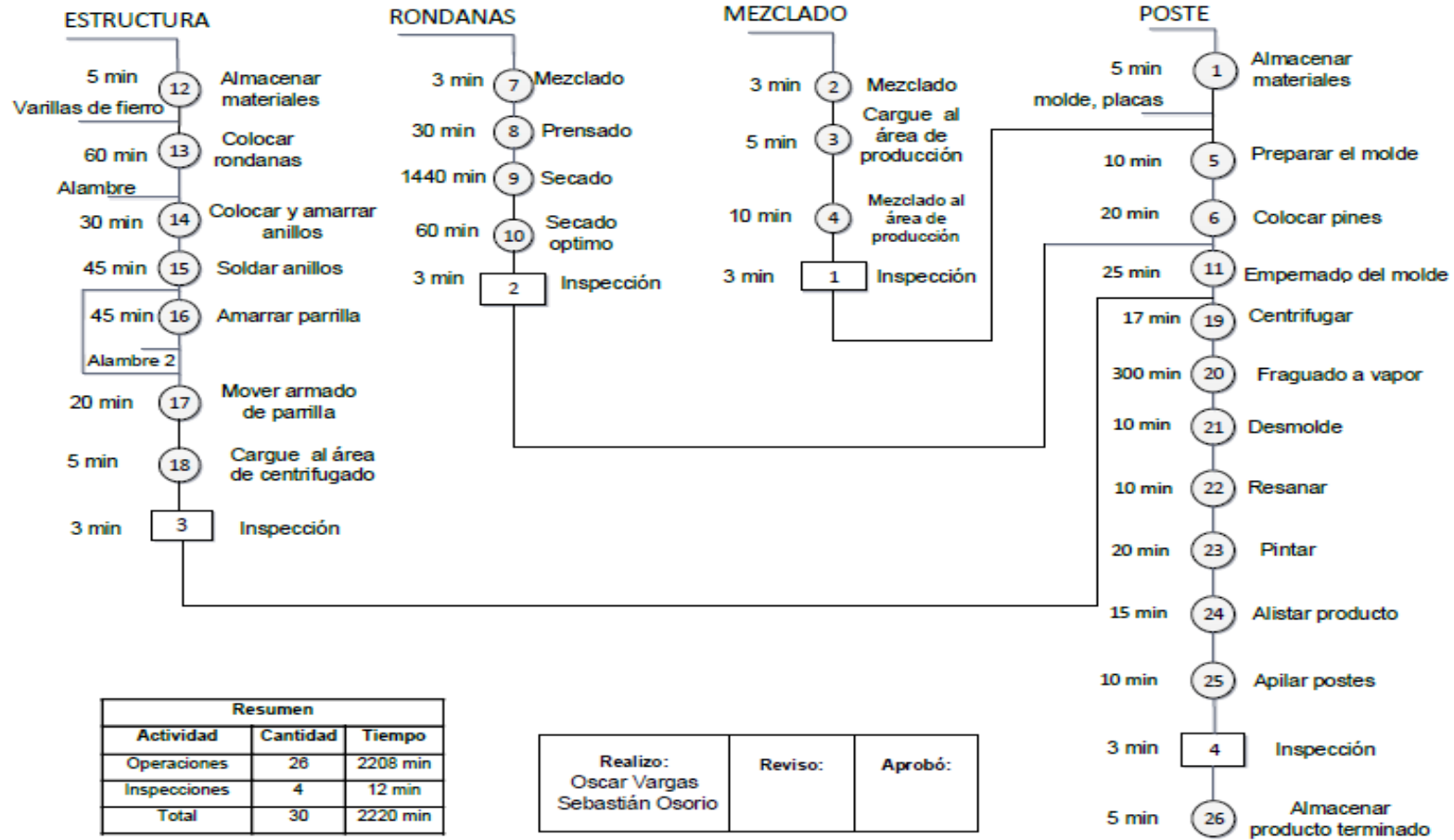
Figura 8.*Caracterización proceso de producción postes*

Objetivo			Elaborar postes que cumplan con las especificaciones de calidad y según lo que establece la NTC 1329	Responsable del proceso					Jefe de procesos y calidad											
Alcance			Cubre desde la entrada de materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado																	
N°	Proceso	Entrada informacion	Actividades	Diagrama de procesos					Salida (informacion o producto)	Cliente (proceso)	Responsable									
				OPERACIÓN	INSPECCIÓN	DEMORA	TRANSPORTE	ALMACENAMIENTO												
1	(PMP) y (MRP)	CEMENTO y AGREGADOS (MEZCLA) (NTC 134)	Mezclado	X					Postes terminados con accesorios en posición de almacenamiento y distribución	Procesos de producción	Operarios									
			Transportar al área de producción				X													
2	Materia prima	CEMENTO Y ARENA FINA (RONDANAS)	Inspección		X							Postes terminados con accesorios en posición de almacenamiento y distribución	Procesos de producción	Operarios						
			Mezclado	X																
			Prensado	X																
			Secado	X																
			Inspección		X															
3	Producto en proceso	VARILLA DE FIERRO (NTC 116) (ESTRUCTURA)	Almacenamiento de materiales					X							Postes terminados con accesorios en posición de almacenamiento y distribución	Procesos de producción	Operarios			
			Colocar rondanas	X																
			Colocar y amarrar anillos	X																
			Soldar anillos	X																
			Amarrar parrilla	X																
			Transportar al área de producción				X													
			Inspección		X															
4	Producto en proceso	POSTE	Almacenamiento de materiales					X										Pruebas de carga y rotura	Procesos de producción	Operarios
			Preparar el molde	X																
			Colocar pines, vaciado	X																
			Empernado del molde	X														Resultados de pruebas de resistencia a la compresión del concreto		
			Centrifugar	X																
			Secar a vapor			X												Postes almacenados e instalados		
			Desmolde	X																
			Resanar	X																
			Pintar	X																
			Alistar producto	X																
			Inspección		X															
Almacenamiento de producto terminado					X															
Recursos a usar				Indicadores																
Operarios				Cantidad de postes producidos																
Maquinaria y equipos				% de utilización de equipos de producción																
Equipos de transporte				Tiempo de producción																

Fuente: *Elaboración propia*

Figura 9.

Diagrama del proceso actual de fabricación poste en concreto

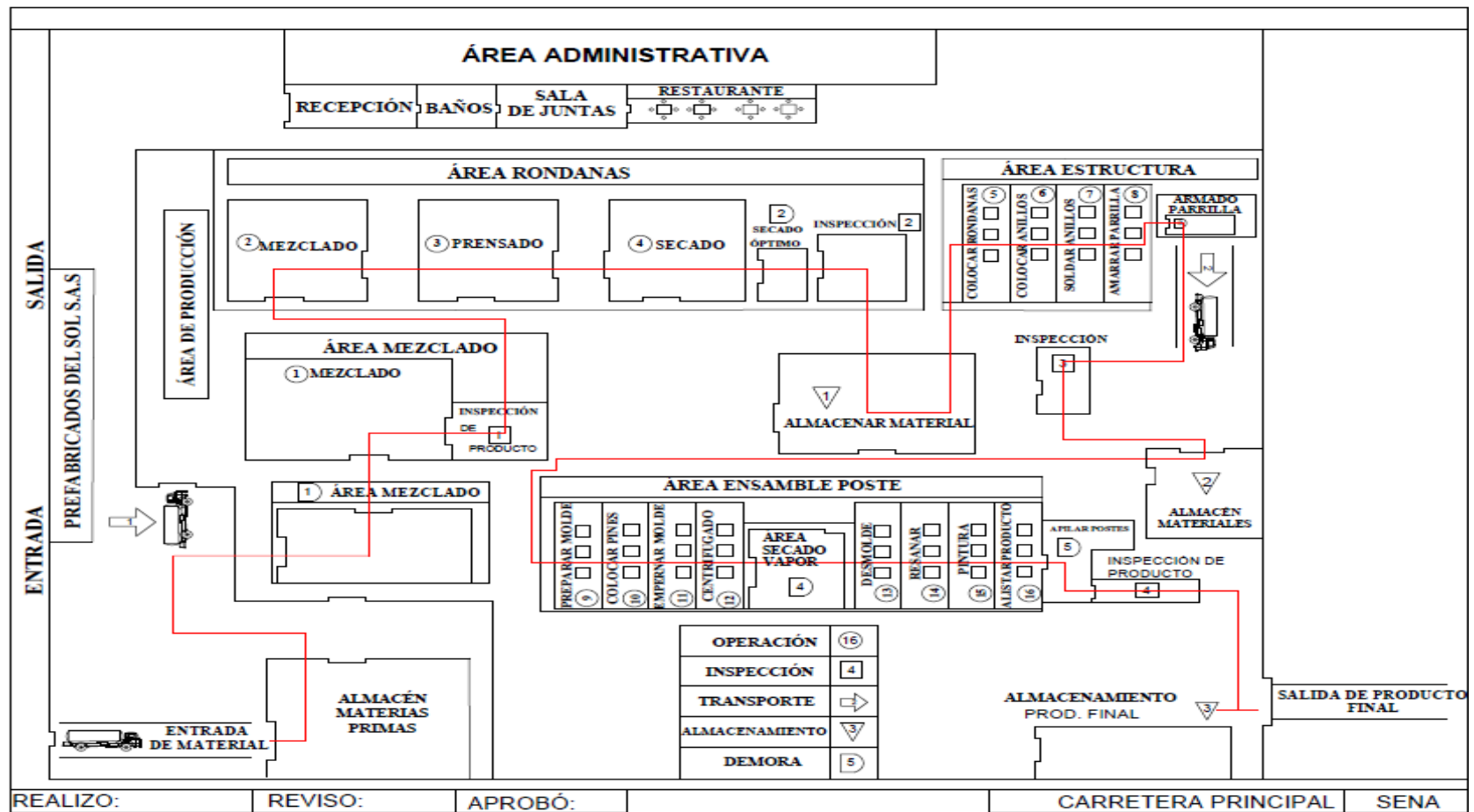


Fuente: Elaboración propia

Distribución en planta

Figura 10.

Distribución en planta método actual



Fuente: Elaboración propia


Análisis Diagrama de recorrido actual Postes

Se puede evidenciar el lugar donde se desarrollan las diferentes actividades asociadas al proceso de fabricación de postes como lo son: Almacenamiento de materia prima, mezclado, transporte al área de producción, mezclado, prensado, armado de parrilla, soldar, preparar molde, empernado del molde, centrifugado, secado a vapor, desmolde, resanar, pintar, apilado del poste, inspección, almacenamiento del producto terminado; igualmente se muestra la ruta que deben seguir los materiales a través de la planta, desde la llegada del camión a la empresa, hasta efectuar la respectiva distribución del producto terminado. En la producción actualmente se encuentran situaciones entre áreas que generan sobrecostos y excesos de inventarios en el proceso. Por otro lado, se analiza a través de la ruta que en el traslado de materiales se presentan actividades con muchas demoras en su ejecución, esto genera largas esperas para la secuencia del proceso, además se observa demasiado manipulación de los materiales por parte de los empleados ocasionando afectaciones en la calidad del poste.

Cabe resaltar que el área de rondanas no se encuentra ubicada de tal forma que este acoplada de manera adecuada al proceso, esto puede dificultar el tiempo de las operaciones debido a que los demás procesos deben esperar todo el proceso de elaboración de rondanas, generando cuellos de botella. Al mismo tiempo, el área de soldadura no cuenta con el abastecimiento necesario para todos los procesos dificultando la ejecución de las áreas en el proceso, presentando demoras para definir el turno en realizar dicha tarea. Por otra parte, definir de mejor manera el paso de maquinaria y personal de tal manera que no se interfieran en el traslado de productos de un área a otra, evitando posibles accidentes durante la ejecución de los diferentes procesos.

Tabla 11.

Diagrama de flujo actual del proceso

Empresa 		Resumen							
Actividad	Fabricación de postes	Evento	Cantidad			Tiempo total (min)			
Área	Producción	Operaciones	16			1783			
Método: Actual		Transportes	2			10			
Elaborado por: Oscar Vargas y Sebastián Osorio		Inspecciones	4			12			
Comentarios: Se elaboró el diagrama por medio de observación directa		Demoras	5			400			
		Almacenamientos	3			15			
		Tiempo total	30			2220			
Descripción Actividades		Símbolo					Tiempo (min)	Observaciones	
		●	→	■	D	▼			
1.	Mezclado	●					3		
2.	Transportar al área de producción		→				5		
3.	Mezclado al área de producción				D		10		
4.	Inspección			■			3		
5.	Mezclado	●					3		
6.	Prensado	●					30		
7.	Secado	●					1440		
8.	Secado rondanas				D		60		
9.	Inspección			■			3		
10.	Almacenamiento de materiales					▼	5		
11.	Colocar rondanas	●					60		
12.	Colocar y amarrar anillos	●					30		
13.	Soldar anillos	●					45		
14.	Amarrar parrilla	●					45		
15.	Mover armado de parrilla				D		20		
16.	Transportar al área de producción		→				5		
17.	Inspección			■			3		
18.	Almacenamiento de materiales					▼	5		
19.	Preparar el molde	●					9		
20.	Colocar pines, vaciado	●					20		
21.	Empernado del molde	●					25		
22.	Centrifugar	●					18		
23.	Secar a vapor				D		300		
24.	Desmolde	●					10		
25.	Resanar	●					10		
26.	Pintar	●					20		
27.	Alistar el producto	●					15		
28.	Apilar postes				D		10		
29.	Inspección			■			3		
30.	Almacenamiento de producto terminado					▼	5		
Subtotal Cantidad			16	2	4	5	3	30	
Total			1783	10	12	400	15	2220	

Fuente: Elaboración propia

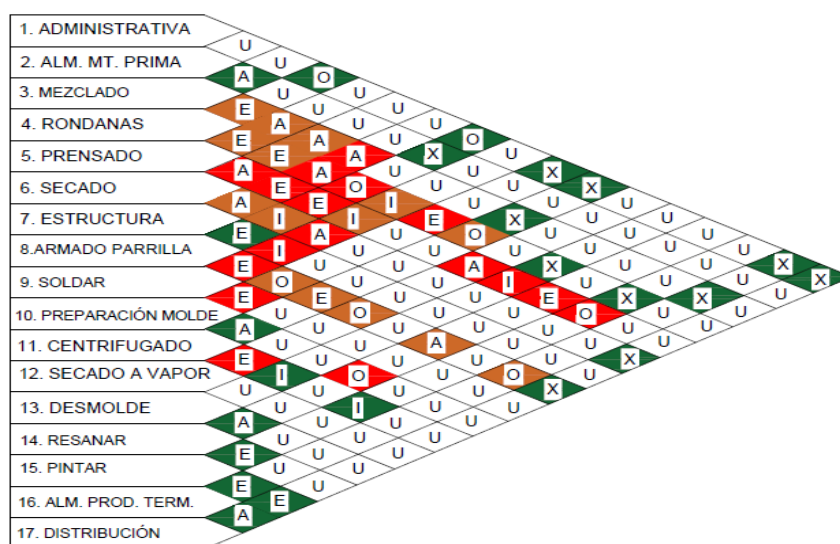
En la tabla 11 elaborada anteriormente, se puede observar el tiempo de operación del proceso en su totalidad, el cual corresponde a 2220 minutos. Por tanto, se dividen en: operaciones (1783 minutos), transporte o traslado de materiales (10 minutos), inspecciones (12 minutos), demoras (400 minutos) y finalmente 15 minutos pertenecen al almacenamiento de materiales.

Diagrama de relación de actividades

Este diagrama se realizó teniendo en cuenta la importancia de las actividades que maneja la organización y si cumplen o no respecto a la actual distribución de áreas en el proceso. En la figura 11 se identifican por colores cada uno de los ítems que se especificaron la figura 12.

Figura 11.

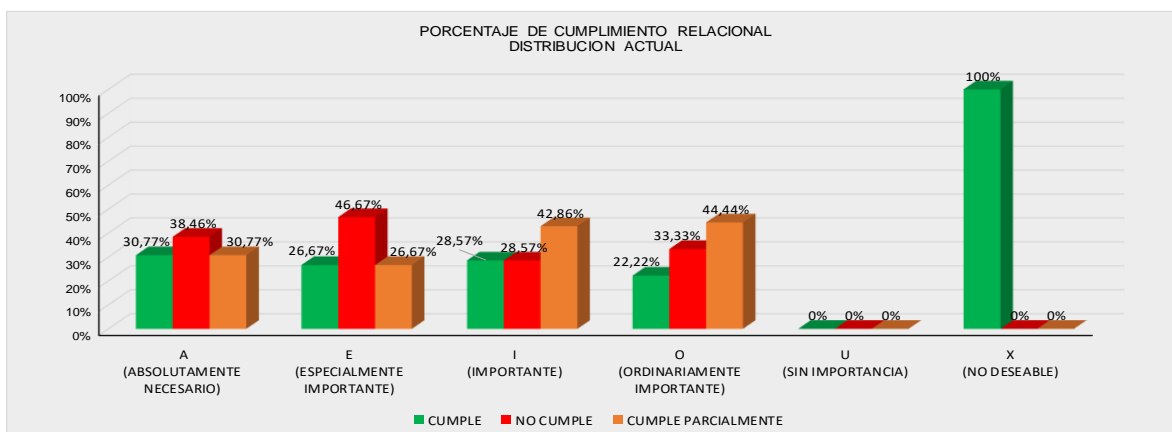
Diagrama relación de actividades



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.

Porcentaje de cumplimiento relacional distribución actual



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.

Código de relación

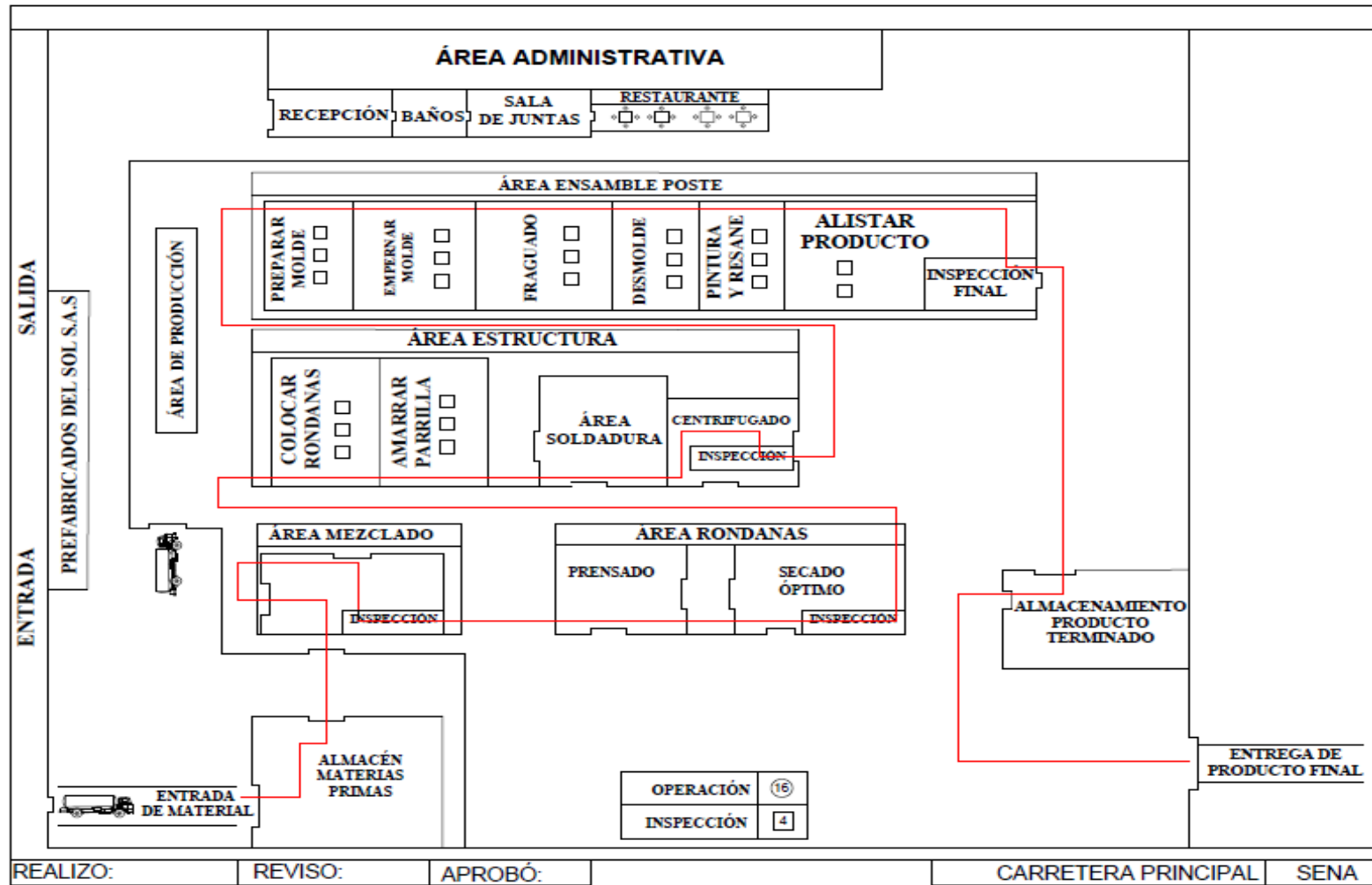
CÓDIGO	DEFINICIÓN
A	Absolutamente necesario que estos departamentos estén juntos
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados, existe un alto porcentaje respecto al no cumplimiento en las diferentes áreas para la fabricación de los productos expuestas en este proyecto, de manera que se hace necesaria desarrollar unas propuestas alternas con el fin de disminuir estos no cumplimientos en los procesos de la organización.

Figura 2.

Distribución en planta propuesta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.*Diagrama de flujo propuesto del proceso*





































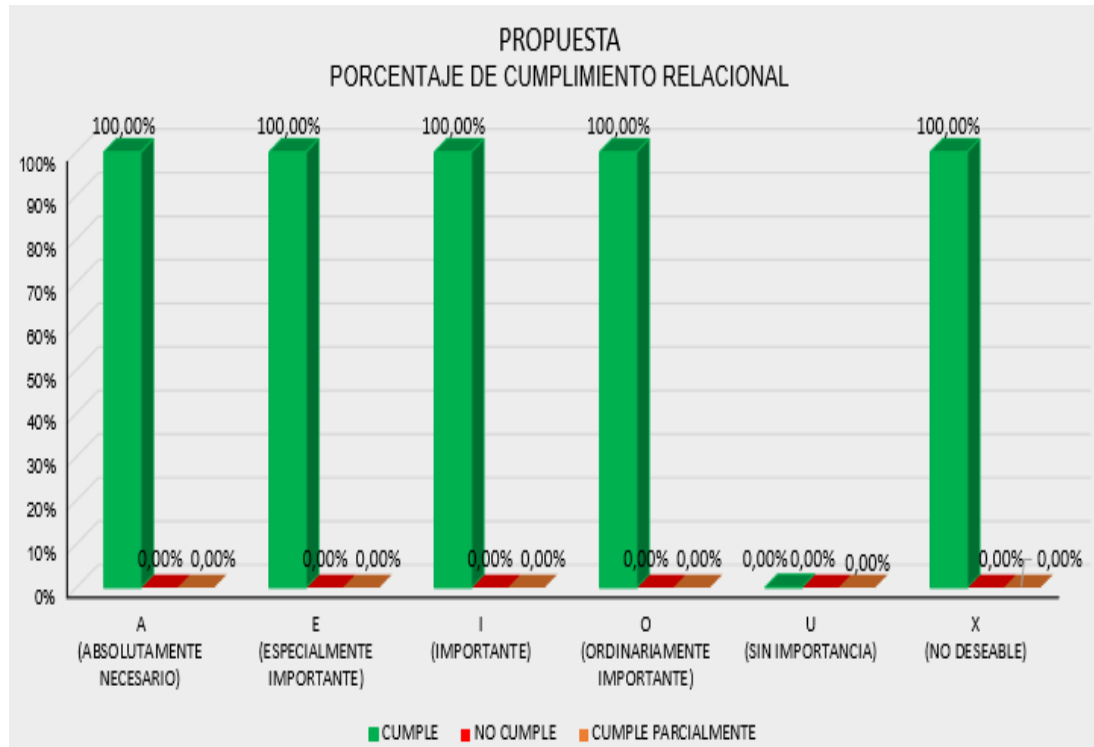
Empresa 		Resumen							
Actividad	Fabricación de postes	Evento	Cantidad			Tiempo total (min)			
		Operaciones	16			1693			
Área	Producción	Transportes	2			4			
Método: Propuesto		Inspecciones	4			12			
Elaborado por: Oscar Vargas y Sebastián Osorio		Demoras	5			390			
Comentarios: Se elaboró el diagrama por medio de observación directa		Almacenamientos	3			15			
		Tiempo total	30			2114			
Descripción Actividades		Símbolo					Tiempo (min)	Observaciones	
									
1.	Mezclado						3		
2.	Transportar al área de producción						2	Ubicación de área y disminución de mezcla	
3.	Mezclado al área de producción						5		
4.	Inspección						3		
5.	Mezclado						3		
6.	Prensado						30		
7.	Secado						1440		
8.	Secado rondanas						60		
9.	Inspección						3		
10.	Almacenamiento de materiales						5		
11.	Colocar rondanas						30	Reducción en el tiempo de mezclado	
12.	Colocar y amarrar anillos						30		
13.	Soldar anillos						25	Mejora en ubicación de área de soldadura	
14.	Amarrar parrilla						25		
15.	Mover armado de parrilla						20		
16.	Transportar al área de producción						2	Mejorar el tiempo de recorrido	
17.	Inspección						3		
18.	Almacenamiento de materiales						5		
19.	Preparar el molde						9		
20.	Colocar pines, vaciado						20		
21.	Empernado del molde						25		
22.	Centrifugar						18		
23.	Secar a vapor						300		
24.	Desmolde						10		
25.	Resanar						5	Cambios en desplazamientos y tiempos en los procesos	
26.	Pintar						10		
27.	Alistar el producto						10		
28.	Apilar postes						5		
29.	Inspección						3		
30.	Almacenamiento de producto terminado						5		
Subtotal Cantidad			16	2	4	5	3	30	
Total			1693	4	12	390	15	2114	

Figura 45.

Propuesta porcentaje de cumplimiento relacional



Fuente: Elaboración propia

Análisis e identificación de puntos críticos

Uno de los conceptos principales respecto a la distribución en planta es la disposición en las que se encuentran las áreas de trabajo, maquinarias, almacenamiento materia prima, almacenamiento de productos terminados, los espacios de flujo de personal y áreas que se encuentran dentro de la organización.

De acuerdo a lo planteado anteriormente se presenta una nueva distribución en planta en donde se pretende generar algunos cambios en áreas específicas para que el proceso aumente en cuanto a dinamismo generando mayor capacidad de respuesta de

acuerdo a los requerimientos del cliente, respondiendo en los tiempos estipulados por la empresa.

Una de las áreas que mayormente implican reprocesos es el área de rondanas, debido a que es proceso aparte del poste, pero son piezas fundamentales del mismo y que el retraso de las rondanas generan tiempos muertos y a la vez sobrecostos. Es por ello, que esta área es ubicada en el plano como uno de los procesos principales, de tal manera que cuentan con una conexión de área con los demás departamentos para mejorar y controlar los tiempos de ejecución del continuo proceso.

Para el proceso de soldadura se propone que las demás áreas tengan la facilidad de acceder a este espacio en cualquier momento del proceso para no generar retrasos ni demoras. Estos cambios son propuestos con el fin de mejorar la producción desde nuestra perspectiva para adicionar calidad, reducir tiempos, aumentando la utilidad a partir del desarrollo y ejecución de procesos en cada una de las áreas.

Diagrama de Pareto

Prefabricados Del Sol S.A.S, no especifica la clasificación de sus productos por grupo debido a que el escenario actual de la compañía se determina por el número de referencias y sus respectivas características que varían una a la otra.

- A partir de ciertas características que tienen influencia en el proceso productivo, en primera instancia aparecen los requerimientos o especificaciones técnicas del cliente, estas van dirigidas a los tipos de perforaciones que requiere el poste. En segunda instancia tener en cuenta las necesidades, por ejemplo: rotura y carga del poste. En última instancia se contemplan la utilización de todas las máquinas necesarias para el

proceso como: formaletas, preparación de mezcladora, trituradora, mezcladora de concreto, máquina de rondana, centrifugadora, roladora eléctrica, dosificadora de concreto, puente grúa, vibro compactadora, montacargas.

- Datos obtenidos para la primera semana de agosto del año 2019:

Los datos son útiles para referenciar las cantidades que se han producido en el tiempo anteriormente estipulado. Según los datos que visualizamos por medio del diagrama de Pareto, nos permite establecer un aproximado en cuanto a las referencias que más se han producido en el tiempo comprendido.

Tabla 13.

Diagrama de Pareto

El proyecto se centró en aquellos productos que representen un nivel significativo de participación global de la compañía. Para ello, se utilizó el diagrama con el fin de identificar los productos que generan el 80% de la producción como se muestra a continuación:

DESCRIPCION DE PRODUCTOS	PEDIDOS POR SEMANA	RANKING POR CANTIDAD	POSICIÓN REAL
cajas de inspeccion	5	8	1
postes de redes eléctricas y telefónicas	23	4	2
Adoquin rectangular vehicular	5	7	3
sardinell en concreto	2	10	4
losetas	5	6	5
bloque escoria	2	9	6
tuberia en concreto simple con campana	5	5	7
postes para cerca de 2m	23	3	8
poste de concreto 8m	25	2	9
poste de concreto 9m	25	1	10

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADA
poste de concreto 9m	25	21%	20,8%
poste de concreto 8m	25	21%	41,7%
postes para cerca de 2m	23	19%	60,8%
postes de redes eléctricas y telefónicas	23	19%	80,0%
tuberia en concreto simple con campana	5	4%	84,2%
losetas	5	4%	88,3%
Adoquin rectangular vehicular	5	4%	92,5%
cajas de inspeccion	5	4%	96,7%
bloque escoria	2	2%	98,3%
sardinell en concreto	2	2%	100,0%

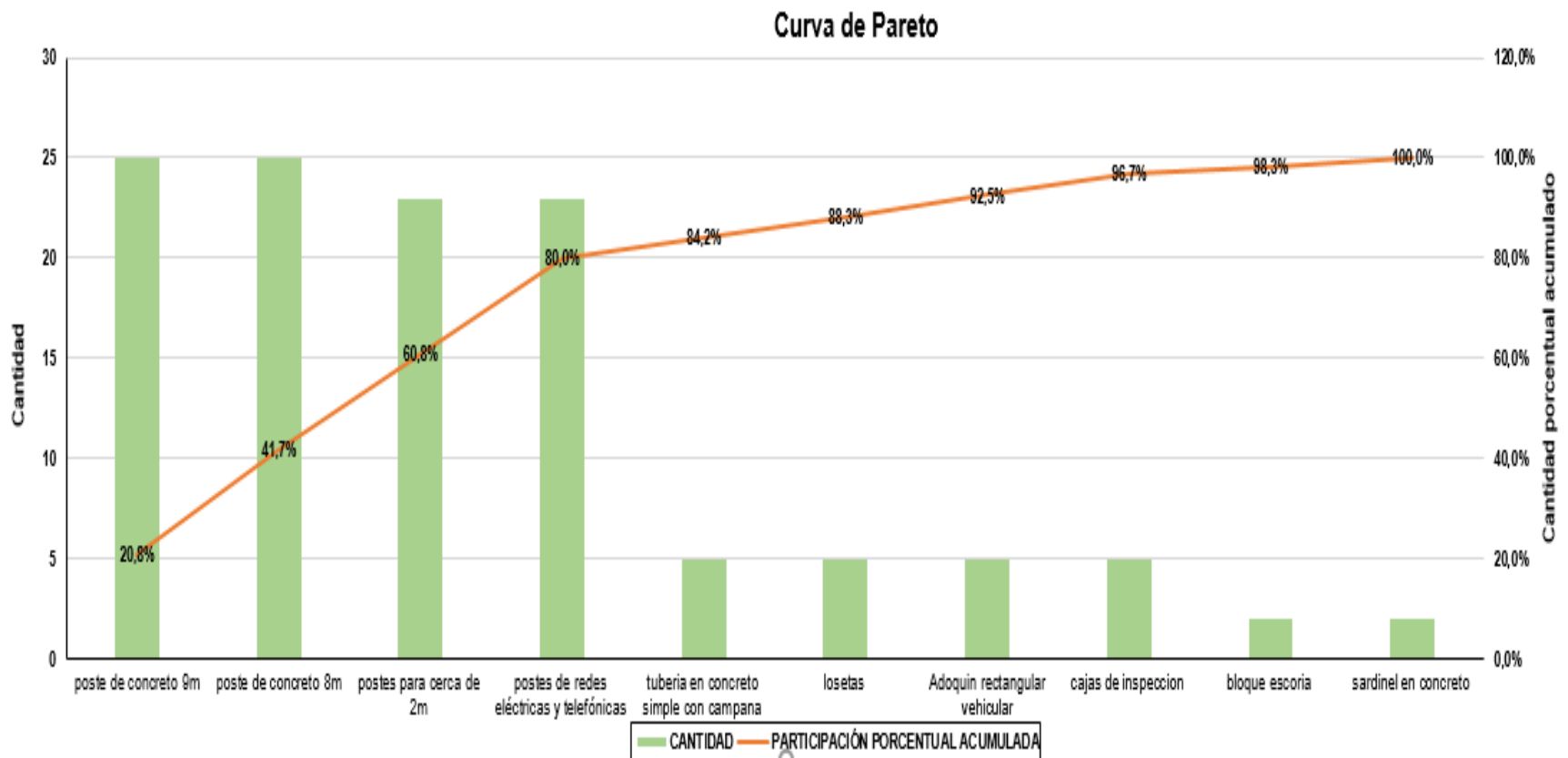
Nota: Cada pedido contiene diferentes cantidades de producción dependiendo de las especificaciones del cliente

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se evidencia que los postes de concreto de 9m generan 25 pedidos por semana con un porcentaje del 21%, los postes de concreto de 8m solicitan 25 pedidos en una semana con el 21%, los postes para cerca de 2m especifican 23 pedidos en ese lapso de tiempo con un porcentaje del 19% y luego los postes de redes eléctricas y telefónicas generan 23 pedidos por semana con el 19% respectivamente, existiendo una clara superioridad.

En base a estos resultados, obtuvimos que el 80% del proceso productivo, los postes exponen y muestran que son los más producidos o representativos, abarcando mayor tiempo de producción, maquinaria, mano de obra, generando mayores utilidades a la organización.

Lo anteriormente planeado permite identificar los diferentes grupos de postes, el cual vamos a enfocarnos para el trabajo e implementando la herramienta de simulación.

Figura 5.*Diagrama de Pareto**Fuente: Elaboración propia*

- **NTC 1329:** Se establece a partir de la norma, el cual los postes deben ser fabricados con las dimensiones estándares de 2, 8 y 9 metros con una tolerancia aproximada de 50 a 60.

A partir del diagrama de Pareto, los postes se consideran como el producto fundamental de la organización, el cual haremos énfasis en el estudio de sus costos y en el diseño de simulación del proceso con el uso de software que arrojen los resultados.

Tabla 14.

Parámetros geométricos

Características	Unidad de medida		Tipo de poste
Longitud total	Milímetros	8000	9000
Diámetro (cima)	Milímetros	140	140
Diámetro (base)	Milímetros	260	280
Diámetro perforaciones	Pulgadas	13/16	13/16
Carga mínima de rotura	N	5001,5	5001,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.

Diagrama postes de 14 metros



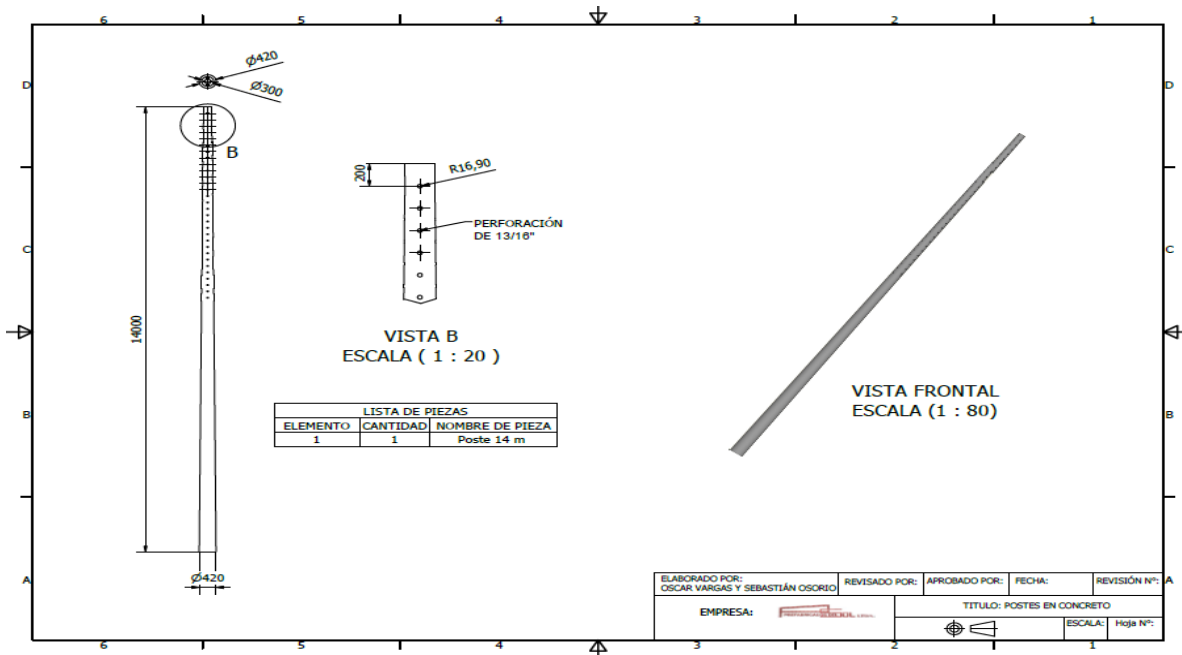
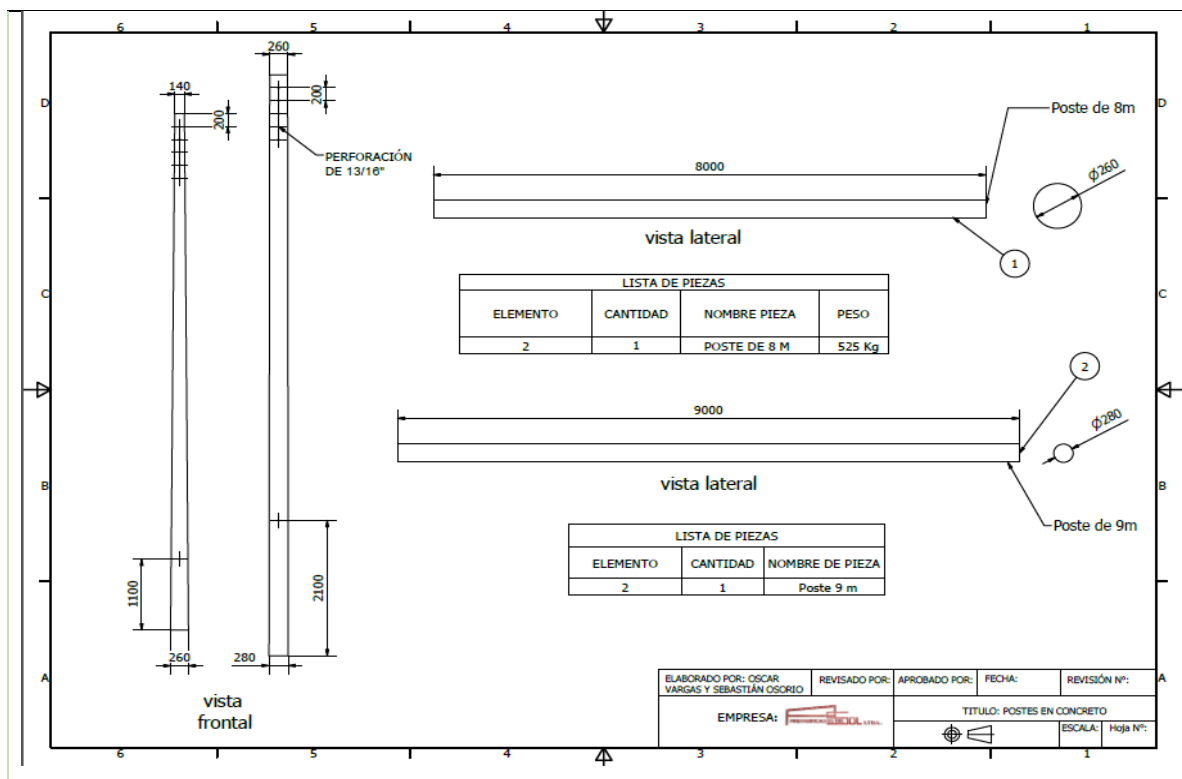


Figura 7.

Diagrama postes de 8 y 9 metros



Fuente: Elaboración propia

El modelado del poste se realizó a través del software llamado Inventor Professional 2021 con la finalidad de mostrar el proceso en el momento de diseñarlo con sus medidas, a su vez pasa por la construcción del plano detallando sus principales cotas, escalas, tabla con especificaciones y su respectivo rotulo.

Proceso de fabricación de postes en concreto

El proceso está controlado bajo los requisitos de la norma NTC 1329, por lo cual se han establecido varios procesos de fabricación que incluyen las siguientes etapas de postes para redes eléctricas y telefónicas:

Control y recepción de materias primas

La empresa selecciona y evalúa proveedores que cumplan las diferentes normas para cada uno de los productos utilizando las materias primas certificadas como cemento tipo uno (1) mejorado a granel, agregados tales como: arena lavada y gravilla mal gradada, aceros con un límite de fluencia mínimo de 60.000 psi, agua apta para concretos y certificada por la compañía de servicios públicos. A todas las materias primas se les realiza inspección y ensayos de acuerdo a la norma aplicable a cada una y se verifica el cumplimiento de los requisitos y estándares internos de calidad, si cumplen se libera el producto.

Estructura

Se inicia con el corte y tratamiento en frio de los aceros para aumentar su resistencia, estos parámetros son controlados de acuerdo a las especificaciones internas. Luego son colocados los separadores de mortero y se inicia a soldar las diferentes varillas

que componen la canasta. Para esta etapa del proceso, la organización cuenta con soldadores certificados y bien calificados para las diferentes tareas. Finalmente, es inspeccionada y se autoriza la colocación del alambre helicoidal, se almacena correctamente para luego utilizarla.

Mezclado

Los operadores dosifican la mezcla, para ello utilizan equipos y maquinaria controlados por temporizadores que garantizan el diseño de la mezcla incluida una baja relación de agua y cemento. El área de calidad realiza las inspecciones y ensayos de la mesa de concreto.

Llenado y vibrado

La empresa cuenta con dos (2) líneas de producción de varias formaletas metálicas. Esta etapa inicia con la preparación adecuada de las formaletas que son transportadas al banco de llenado. Posteriormente es colocada la armadura del poste, iniciándose con la mezcla de concreto por medio de bandas transportadoras y carros de llenado. El vibrado se inicia con equipos de alta frecuencia que garantizan la compactación del concreto y su distribución uniforme evitando la formación de hormigueos y burbujas. Los tiempos en este procedimiento son controlados para garantizar estas características. Finalmente, es ajustada y cerrada correctamente la formaleta para evitar el escape.

Centrifugado

Actualmente la empresa cuenta con centrifugas con motores que son ajustados para obtener las revoluciones por minuto (rpm) necesarias y así garantizar una alta compactación en el concreto aumentando la resistencia y durabilidad con que fue diseñado.

Fraguado por vapor

Para mantener el concreto a una temperatura y humedad adecuada se le aplica vapor de agua a más de 100°C durante un tiempo determinado que nos garantice un desencofrado como mínimo a tres (3) horas después de fundido el poste. Es controlado el tiempo de aplicación y la presión del vapor para mantener la resistencia y durabilidad del concreto.

Desencofrado

Terminado el fraguado inicial es llevado al banco de desencofrado donde es removida la formaleta, donde la realiza el personal competente y los equipos necesarios para evitar grietas y fisuras en el concreto. Luego es inspeccionado y liberado para que por medio de pintura indeleble se realice la señalización de empotramiento y centro de gravedad. En esta etapa se da un valor agregado en la señalización para garantizar la trazabilidad del producto. Posteriormente es llevado a un almacenamiento inicial bajo condiciones controladas para evitar no conformidades en el producto.

Pruebas de carga y rotura

El producto terminado es sometido al ensayo de flexión y rotura, que se realiza por lotes de producción donde el producto es sometido a aumentos continuos registrando las distintas deflexiones y verificando su cumplimiento. Finalmente es liberado el producto para su distribución hacia el cliente.

Ventas y despachos

La empresa con vehículos de carga adecuados para cargar y transportar el producto a cualquier parte del país, siendo esto una ventaja competitiva. El área de ventas genera un orden de despacho al almacén donde coordina con planta el cargue de los vehículos teniendo en cuenta las recomendaciones básicas para el cargue, transporte y descargue. La organización genera los certificados de calidad y demás documentos del despacho que ayudan a una retroalimentación con los clientes.

Matriz DOFA

En la siguiente tabla se hace énfasis del esquema para la compañía Prefabricados del Sol S.A.S a través de la aplicación de la herramienta, que permite establecer factores internos y externos, posteriormente se verifican las estrategias comparando las variables encontradas logrando mejorar los procesos de la organización.

Tabla 15.

Matriz DOFA Prefabricados Del Sol


ANALISIS DOFA		
ANALISIS INTERNO		ANALISIS EXTERNO
DEBILIDADES		AMENAZAS
1. Capacidad de producción	Aspectos Negativos	1. Empresas cuentan con equipos más especializados y productos sustitutos
2. Tiempos de proceso prolongados		2. La oferta de productos de menor calidad y precio por parte de la competencia
3. Deficiencia en el desarrollo tecnológico		3. Variaciones bruscas en el precio de las materias primas, especialmente en el acero
4. Disminución en ventas		4. La llegada de nuevas empresas de prefabricados en el sector (Parque industrial)

<p>5. Altos costos de producción</p> <p>6. Deficiente gestión de inventarios</p>		<p>5. La actual pandemia puede generar afectación en el personal en cuanto al desempeño en el área de producción y disminución de los pedidos</p> <p>6. Caída de la demanda del producto en producción</p>
FORTALEZAS		OPORTUNIDADES
<p>1. Certificación de calidad de los productos</p> <p>2. Mano de obra calificada y personal capacitado en algunas áreas</p> <p>3. Proceso riguroso de selección de proveedores</p> <p>4. Reconocimiento en el mercado (identificación de la marca)</p> <p>5. Buen posicionamiento e imagen de la compañía y sus productos</p> <p>6. La organización cuenta con certificados de calidad que ayudan a que los procesos sean más organizados y estén en mejora continua</p>	Aspectos Positivos	<p>1. Exigencia de los clientes</p> <p>2. Macro proyectos de infraestructura por parte de entidades estatales</p> <p>3. Aparición de nuevas tecnologías</p> <p>4. Simular los procesos para identificar la disminución de tiempos y costos</p> <p>5. Reconocimiento y fidelidad por parte de sus clientes</p> <p>6. Aumento de inversiones de clientes minoristas, y mayor capacidad de exportar el producto a nivel nacional</p>

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 16.

Estrategias

ANÁLISIS DOFA	
EMPRESA:	
	
ESTRATEGIAS DO	ESTRATEGIAS FA
Mejorar los tiempos de producción evaluando con rigurosidad todos los procesos para identificar cuellos de botella (D1 – O3)	1 Instalación de equipos modernos que aumenten la velocidad en cada uno de los procesos y reduzca costos (F1 – A1)
Realizar un estudio de tiempos y movimientos para lograr indicar retrasos en la producción (D2 – O4)	2 Establecer un estudio de mercado con el fin de mejorar sus negocios (F3 – A2)
Análisis de maquinaria actual con la más alta tecnología para mejorar los procesos (D3 – O3)	3 Realizar un estudio de proveedores a nivel nacional, negociando de una manera eficiente que beneficie las necesidades de la empresa (F3 – A4)
Realizar benchmarking para posicionar la empresa (D4 – O2)	4 Realizar alianzas estratégicas con empresas del sector en caso dado para no perder ventas (F5 – A4)
Establecer estrategias para reducir el riesgo de forma eficiente que puedan costar dinero a la organización (D5 – O4)	5 Establecer protocolos de bioseguridad para Covid 19 (F2 – A5)
Realizar el inventario basado en el proceso de producción respecto a las órdenes de compra (D6 – O6)	6 Incrementar acuerdos y convenios con los clientes de alta frecuencia en compras de productos (F4 – A6)
ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DA
Certificar los productos bajo la norma de calidad (F1 – O5)	1 Establecer metas de ventas para competir en el mercado (D4 – A2)
Incentivar al trabajador para motivar el desarrollo de la fabricación (F2 – O3)	2 Buscar participación en macroproyectos que se van a realizar en la región por parte de entidades estatales (D4 – A4)
Llegar a acuerdos con los proveedores logrando mantener los precios para competir en el mercado (F3 – O1)	3 Identificar las organizaciones que presentan mejores prácticas a través de su maquinaria (D3 – A1)

Brindar formación integral a todos los empleados (F6 – O1)	4	Capacitar al personal para el uso de software en los procesos (D2 – A1)
Percepción de innovación y buen acompañamiento por parte de los clientes (F5 – O3)	5	Fidelizar a los clientes ofreciendo calidad en los productos y buen servicio (D5 – A4)
Certificar cada uno de los procesos (F6 – O5)	6	Realizar actividades para brindar asesoramiento técnico si el cliente lo solicita (D6 – A6)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información encontrada en la matriz DOFA podemos evidenciar que a nivel interno la organización tiene fortalezas que le permiten lograr o establecer un lugar competitivo dentro del sector de los prefabricados en el cual se presentan varias falencias, entre las principales están asociadas a los costos, tiempos excesivos en el área de producción, baja capacidad en ciertas ocasiones y disminución en ventas. Algunas estrategias que se pueden implementar con el objetivo de mejorar son: certificación de los procesos y productos, analizar los retrocesos dentro de la planta para la disminución de costos, buscar proyectos de infraestructura que amplíen la participación de la organización a nivel regional.

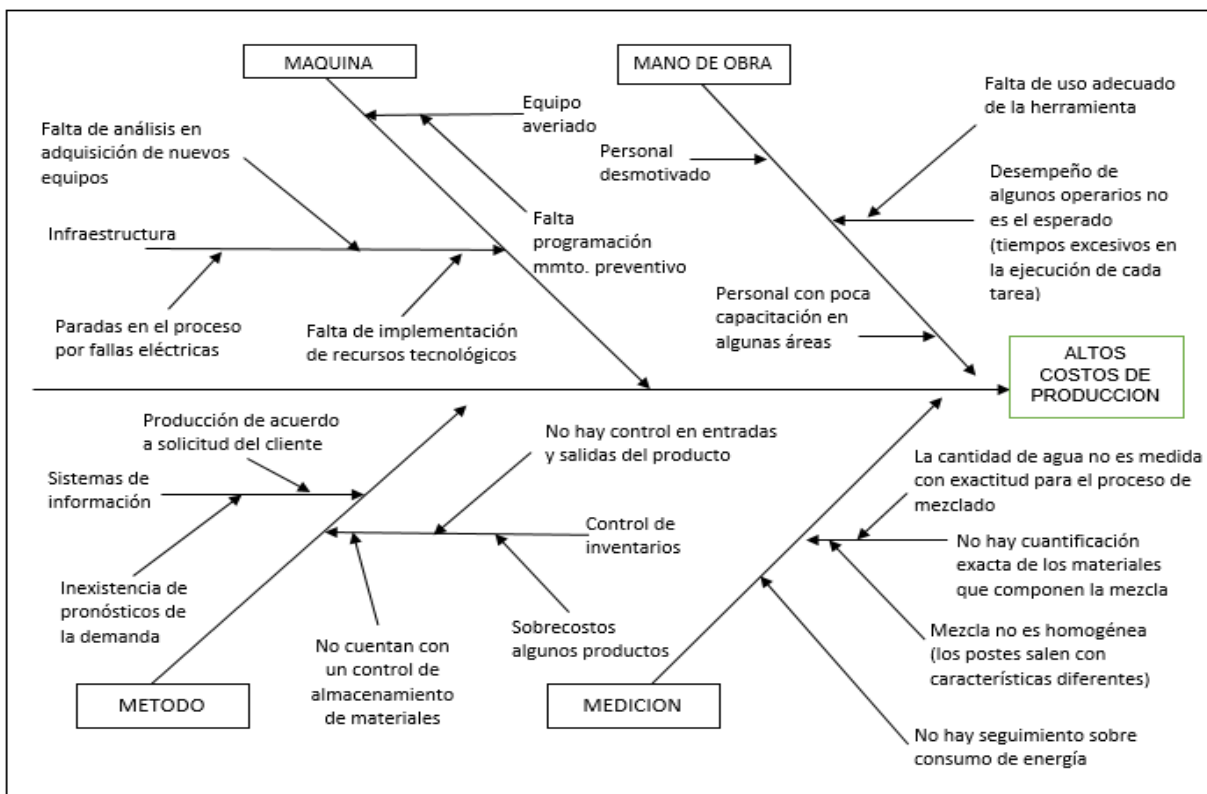
Diagrama de causa y efecto

El siguiente esquema nos permite mostrar la problemática de los procesos de la organización que inciden en la calidad de sus productos, en donde se observan los orígenes de los altos costos de producción en la compañía Prefabricados del Sol.

A través de esta herramienta analizaremos los errores más frecuentes y las relaciones de las áreas de producción, de acuerdo a esta información logramos interpretar los factores que contribuyen para la ejecución de este proyecto.

Figura 8.

Diagrama de causa y efecto de Prefabricados del Sol



Fuente: Elaboración propia

A partir de esta técnica se cuenta con oportunidades a niveles de impacto visual en relación con los efectos y causas más representativas de la empresa, por consiguiente, son examinadas de una manera más clara, oportuna, y categóricamente.

Se logra estructurar de tal manera que obtengamos una mejor comprensión de las distintas actividades nombradas como malas prácticas que se desarrollan diariamente dentro de la organización, realizando un estudio más técnico para nuestro proyecto, también nos permite fortalecer las ideas y conclusiones a las que alcanzamos a llegar partiendo de nuestros criterios, y teniendo en cuenta los datos o aportes y evidencias que son suministrados por los empleados del mismo, tomadas por medio de herramientas de recolección.

Maquinaria y equipos

Para el análisis tendremos en cuenta la siguiente maquinaria y equipos de la empresa Prefabricados Del Sol S.A.S que están vinculadas en la fabricación de los siguientes productos, por ejemplo: postes en concreto, viguetas de anclaje, adoquín, losetas y sardinel. A continuación, se realizará la explicación de las características técnicas de cada una con su respectivo uso.

Tabla 17.

Maquinaria y equipos básicos de la empresa

CARACTERISTICAS GENERALES	
Registro fotográfico	Nombre y Características técnicas
	<p style="text-align: center;">Mezcladora de concreto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potencia de 10 HP - Dimensiones 1.3 * 1.7 * 1.9 m - Peso sin motor 320 kg - Motor: 8 a 9 HP. A 1800 RPM gasolina - Capacidad: pies cúbicos 6, 0.17 m³ - Giro radial de la tolva 360° <p>Usos: Su principal función es mezclar cemento agua y arena, con el fin de formar el concreto con el que se fabrican los postes y demás productos.</p>
	<p style="text-align: center;">Bloguera Semiautomática</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peso: 38° Kg - Compacta hasta: 80 Libras - Dimensiones en metros (ancho x alto x largo): 1,60 x 0,75 x 1,05 <p>Usos: Equipo que produce ladrillos en concreto y para el desmolde del mismo.</p>
	<p style="text-align: center;">Vibro compactadora</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones en metros (ancho x alto x largo): 1,60 x 1,5 x 1,5. - Peso del equipo: 580 kg. - Palanca mecánica - Producción (2000 unidades en 8 horas) <p>Usos: Equipo que produce adoquines y su capacidad de una bandeja es de 8 unidades.</p>

Mesa vibradora



- Capacidad 300 kg
- Accionamientos por vibradores.
- Conectadas a 220/440 volts (60Hz).
- Motor trifásico de ½ hp.

Usos: Compactar los materiales de cantidades iguales de cemento, gravilla, arena.

Montacarga



- Gasolina, combustible dual
- Capacidad de 3,5 toneladas
- Con desplazador lateral y llantas semisólidas negras

Usos: Trasladar el producto terminado (postes de 8, 10 y 12 metros) al área de almacenamiento.

Moto vibradores eléctricos



- Fuerza centrífuga: 20 a 26.000 kg
- Trifásico de 2, 4, 6, 8 polos
- Monofásico de 2 polos

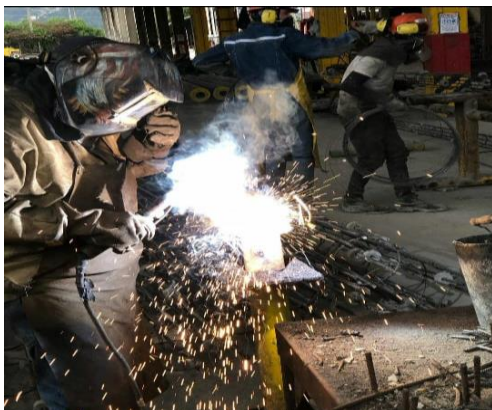
Usos: Su función principal es mejorar la descarga y la compactación de las rondanas que se ubican en la estructura del poste.

Tecele de palanca



- Capacidad: 6 Ton
- Altura de levante: 3 m.
- Peso neto: 31,3 Kg
- Diámetro de cadena: 10 X 30 mm
- Mango de goma estándar

Usos: Amarrar y arrastrar, tensionar o izar varillas de acero, canastillas en espacios reducidos.



Soldadora eléctrica

- Potencia de instalación: 12 Kw
- Fusión: 32/20 AMP
- Peso: 65 kg

Usos: Permite fijar las piezas internas (varillas de hierro, estructura y rondanas) que hacen parte de la estructura del poste.



Hiladora centrífuga

- Longitud: 6 – 18 m
- Diámetro superior: 150mm - 230mm
- Forma cónica: 1: 75

Usos: Principalmente para fabricar postes de hormigón. Su tecnología utiliza la tensión longitudinal del alambre de acero con alta resistencia.



Tolva cementera

- Dimensiones: Alto: 8 m
Ancho: 2 m

Usos: Principalmente para depositar, canalizar y acumular material para la elaboración de productos a partir de cemento.

Tamiz vibratorio



- Superficie de tamizado: m^2
- Peso: 400 Kg
- Potencia eléctrica: 1,15 kW

Usos: Permite clasificar la mezcla de acuerdo al producto que se esté fabricando dependiendo de su granulometría.

Puente grúa



- Longitud entre 10,5 y 31,5 metros
- Capacidad de carga entre 20 y 75 toneladas
- Altura de elevación de 16 metros

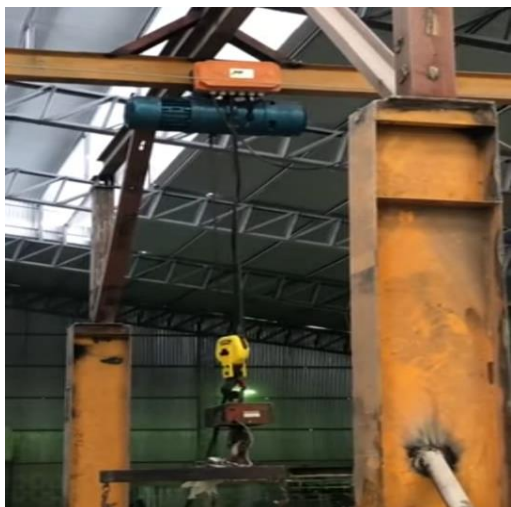
Usos: Izar y desplazar cargas pesadas en forma horizontal y vertical.

Banda transportadora



- Dimensiones: Ancho: 41 cm
Longitud total: 1,83 mt
- Espesor: 4.0 mm
- Peso: 4.4 kg/m²
- Diámetro Mínimo de Polea: 101.6 mm

Usos: Permite trasladar la mezcla hacia la estructura para iniciar el proceso de vaciado del concreto.



Polipasto monorriel

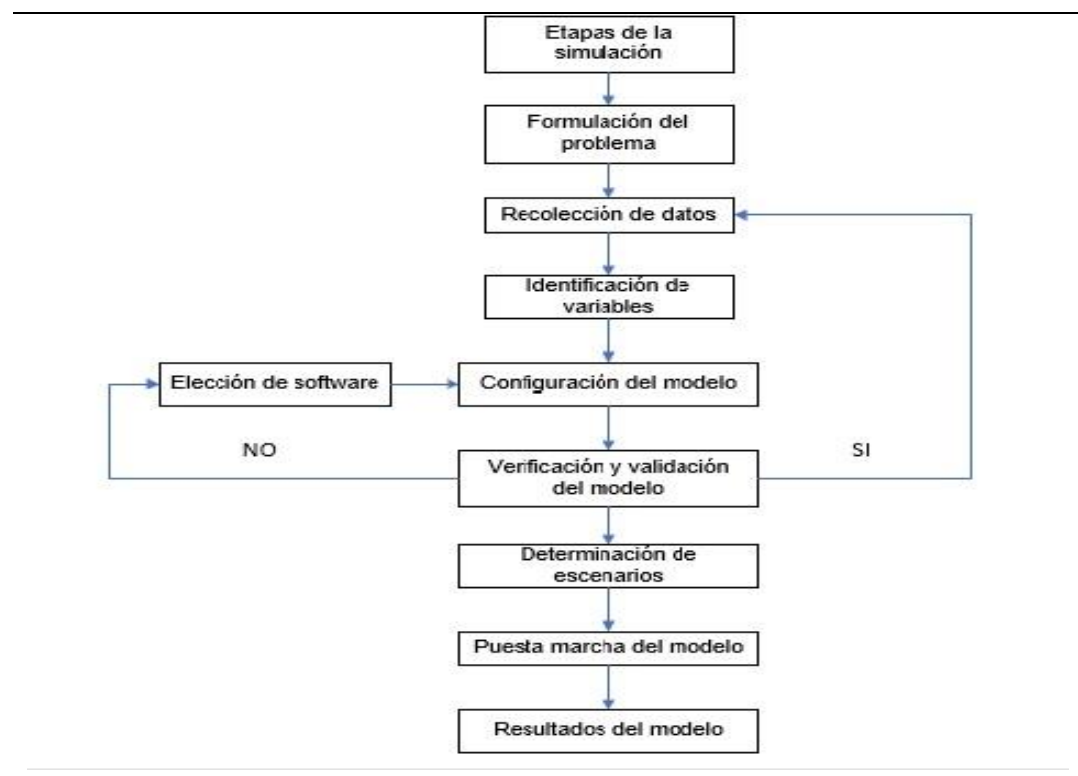
- Capacidad: 3000 Kg
- Troque electrico de traslacion
- Motor: 5,5 Kw en 6 polo
- Ganchon de carga (aparejo de carga de 4 caidas)
- 6 botones con botón de paro de emergencia
- Tablero de control a bajo voltaje para seguridad

Usos: Permiten mover y posicionar la estructura del poste y trasladarlo a las demás áreas del proceso de fabricación.

Fuente: Elaboración propia

Figura 20.

Esquema del proceso de simulación



Fuente: Elaboración propia

Formulación del problema

Se determinan las metas del proyecto, especificando indicadores para medir la efectividad del sistema, además de establecer el modelo.

Recolección de datos

La información se utiliza para especificar los procedimientos, distribuciones de probabilidad en el momento de realizar el modelo.

Identificación de variables

Se obtiene a través de la relación entre entrada y salida, cantidad y calidad. Los datos deben procesarse de manera para poder visualizar el comportamiento del sistema.

Si conservamos los datos obtenidos del sistema real, entonces podemos caer en la mera simulación del pasado. Si encontramos una función de comportamiento basada en ellos, podremos repetir el comportamiento del sistema y aplicarlo en el mismo modelo.

Configuración del modelo

Después de definir el modelo se determina el software (ProModel) para ejecutar el modelo y obtener los resultados que se requieren.

Verificación y validación del modelo

Primero se verifica si el modelo simulado cumple con las expectativas en su desarrollo, tratando de evaluar si el modelo está operando de acuerdo con su diseño. Posteriormente se evalúan los desacuerdos operativos.

Determinación de escenarios

Luego de verificar el modelo, es necesario analizarlo de una forma muy sencilla con la utilización de los escenarios pesimistas, optimistas e intermedios para las variables de respuesta.

Puesta en marcha del modelo

Se realizan con la finalidad de verificar y luego se ejecutan con resultados obtenidos para observar que el modelo esté programado de forma correcta y luego se comprueba la salida de la simulación utilizando datos reales.

Resultados del modelo

Se identifica como se comporta para obtener la aprobación y posteriormente ejecutar el modelo con sus respectivas especificaciones.

Estimación de costo por producto

Costos de materiales directos postes

Material	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Cemento	bulto (Kg)	2	\$ 15.000	\$ 30.000
Gravilla	m ³	0,25	\$ 70.000	\$ 17.500
Varilla de fierro	Kg	10	\$12.000	\$ 120.000
Agua	m ³	7,80	\$ 2.550	\$ 19.890
Arena fina y agregados	m ³	0,25	\$ 50.000	\$ 12.500
Pintura	galón	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Desmoldante	galón	0,5	\$ 4.000	\$ 2.000
Total				\$ 221.890

Mano de obra directa

Horas	Tasa	Cantidad
8	\$ 3.450 / hora	\$ 27.600
Total		\$ 27.600

Costos indirectos de fabricación

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Servicios públicos	\$1'500.000	\$1'500.000	\$1'500.000	\$1'500.000	\$1'500.000	\$1'500.000
Arriendo	\$2'470.000	\$2'470.000	\$2'470.000	\$2'470.000	\$2'470.000	\$2'470.000
Depreciación Maquinaria	\$2'000.000	\$2'000.000	\$2'000.000	\$2'000.000	\$2'000.000	\$2'000.000
Depreciación Vehículos	\$5'000.000	\$5'000.000	\$5'000.000	\$5'000.000	\$5'000.000	\$5'000.000
Seguros	\$6'280.000	\$6'280.000	\$6'280.000	\$6'280.000	\$6'280.000	\$6'280.000
Total, CIF	\$17'250.000	\$17'250.000	\$17'250.000	\$17'250.000	\$17'250.000	\$17'250.000

Tasa de asignación costos indirectos de fabricación

Tasa de asignación CIF

$$\text{\$ } 17'250.000 * 12 \text{ meses} = \text{\$ } 207'000.000$$

$$\frac{\text{Total Presupuesto CIF}}{\text{Mano de obra directa disponible}} = \frac{\text{\$ } 207'000.000}{\text{\$ } 27.600 \text{ horas}} = \text{\$ } 7.500$$

Costos indirectos de fabricación asignados

Cif asignados

HORAS	TASA	CANTIDAD
8	\$7.500	\$ 60.000
Total		\$ 60.000

Nota: Costos unitario del proceso (Fundamentos y técnicas de costos, 2010).

Costo unitario variable por producto

Resumen de costos

Materiales directos	\$ 221.890
Mano de obra directa	\$ 27.600
CIF asignados	\$ 60.000
Total	\$ 309.490

Sistema de costeo por procesos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Preparación mezcla				
Cemento	bulto (kg)	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Gravilla	m3	0,25	\$ 70.000	\$ 17.500
Varilla de hierro	Kg	10	\$ 12.000	\$ 120.000
Agua	m3	7,80	\$ 2.550	\$ 19.890
Arena fina y agregados	m3	0,25	\$ 50.000	\$ 12.500
Mano de obra (4 trabajadores)	Horas	2,12	\$ 31.019	\$ 65.760
Total				\$ 275.650

Rondanas				
Prensado	Horas	0,5	\$ 30.000	\$ 15.000
Secado	Horas	24	\$ 10.000	\$ 240.000
Mano de obra (4 trabajadores)	horas	2,12	\$ 31.019	\$ 65.760
Total				\$ 320.760

Estructura				
Colocar y amarrar anillos	horas	0,5	\$ 30.000	\$ 15.000
Soldar anillos	horas	0,75	\$ 12.000	\$ 9.000
Amarrar parrilla	horas	0,75	\$ 15.000	\$ 11.250
Mano de obra (2 trabajadores)	horas	1	\$ 3.658	\$ 7.316
Total				\$ 42.566
Formado de poste				
Preparación del molde	horas	0,166667	\$ 20.000	\$ 3.332
Centrifugado	horas	0,283333	\$ 15.000	\$ 4.249
Secado a vapor	horas	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Almacenamiento de producto	horas	0.5	\$ 12.000	\$ 6.000
Mano de obra (4 trabajadores)	horas	2,76	\$ 40.384	\$ 111.460
Total				\$ 175.041
Costo total				\$ 814.017

Nota: Costos de producción en las diferentes áreas de trabajo (Prefabricados del Sol S.A.S.)

Costo unitario del proceso

- Costo unitario de materiales = $\frac{\text{Costo materiales}}{\text{Producción equivalente de materiales}} = \$$

$$= \frac{\$ 814.017}{2} = \$ 407.008,5$$

- Costo unitario de mano de obra = $\frac{\text{causada en el período}}{\text{Producción equivalente}} = \$$

$$= \frac{\$ 250.296}{1} = \$ 250.296$$

- Costos indirectos unitarios = $\frac{\text{Costos indirectos}}{\text{Producción equivalente}} = \$$

$$= \frac{\$ 575.000}{5} = \$ 115.000$$

Costos indirectos acumulados en el período: $\$ 17'250.000 / 30 \text{ días} = \$ 575.000$

Costo total

$$12 * 30 \text{ días} = 360 \text{ postes al mes}$$

$$360 \text{ postes} * \$ 221.890 = \$ 79'880.400$$

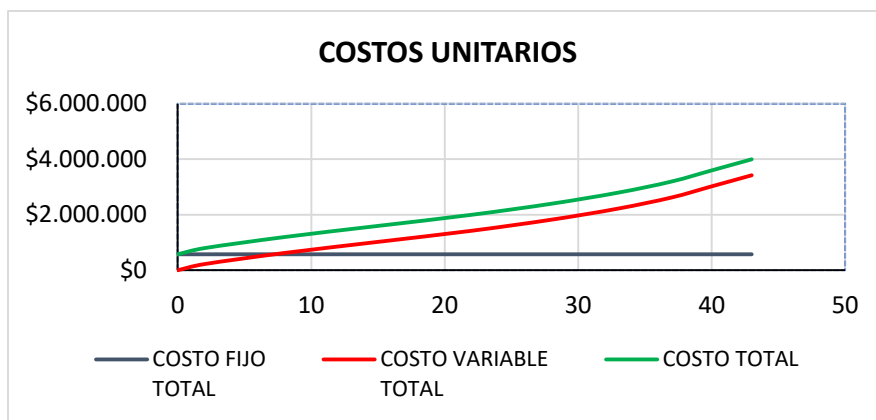
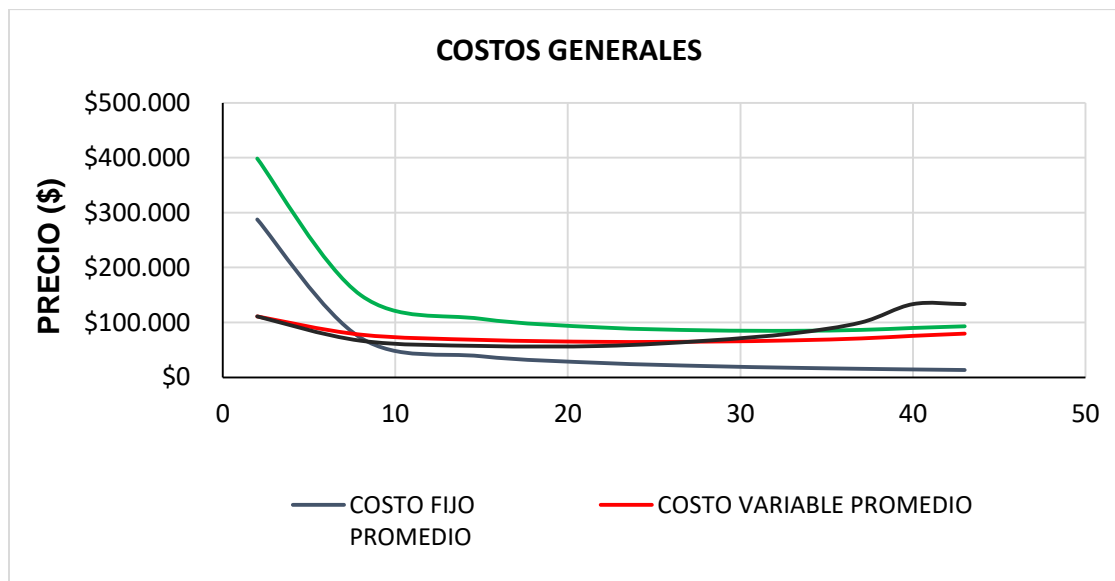
Nota: Costos unitario del proceso (Fundamentos y técnicas de costos, 2010)

Tabla 18.*Costos*

CANTIDAD A PRODUCIR	COSTO FIJO TOTAL	COSTO VARIABLE TOTAL	COSTO TOTAL	COSTO FIJO PROMEDIO	COSTO VARIABLE PROMEDIO
0	\$ 575.000	\$ 0	\$ 575.000		
2	\$ 575.000	\$ 221.890	\$ 796.890	\$ 287.500	\$ 110.945
8	\$ 575.000	\$ 621.890	\$ 1.196.890	\$ 71.875	\$ 77.736
15	\$ 575.000	\$ 1.021.890	\$ 1.596.890	\$ 38.333	\$ 68.126
22	\$ 575.000	\$ 1.421.890	\$ 1.996.890	\$ 26.136	\$ 64.631
28	\$ 575.000	\$ 1.821.890	\$ 2.396.890	\$ 20.536	\$ 65.068
33	\$ 575.000	\$ 2.221.890	\$ 2.796.890	\$ 17.424	\$ 67.330
37	\$ 575.000	\$ 2.621.890	\$ 3.196.890	\$ 15.541	\$ 70.862
40	\$ 575.000	\$ 3.021.890	\$ 3.596.890	\$ 14.375	\$ 75.547
43	\$ 575.000	\$ 3.421.890	\$ 3.996.890	\$ 13.372	\$ 79.579

COSTO PROMEDIO	COSTO MARGINAL	INGRESOS TOTALES	INGRESO MARGINAL	UTILIDAD O PERDIDA
\$ 398.445	\$ 110.945	\$ 1.100.000	\$ 550.000	\$ 303.110
\$ 149.611	\$ 66.667	\$ 4.400.000	\$ 550.000	\$ 3.203.110
\$ 106.459	\$ 57.143	\$ 8.250.000	\$ 550.000	\$ 6.653.110
\$ 90.768	\$ 57.143	\$ 12.100.000	\$ 550.000	\$ 10.103.110
\$ 85.603	\$ 66.667	\$ 15.400.000	\$ 550.000	\$ 13.003.110
\$ 84.754	\$ 80.000	\$ 18.150.000	\$ 550.000	\$ 15.353.110
\$ 86.402	\$ 100.000	\$ 20.350.000	\$ 550.000	\$ 17.153.110
\$ 89.922	\$ 133.333	\$ 22.000.000	\$ 550.000	\$ 18.403.110
\$ 92.951	\$ 133.333	\$ 23.650.000	\$ 550.000	\$ 19.653.110

Nota: Costos unitario del proceso (Fundamentos y técnicas de costos, 2010).

Figura 29.*Costos unitarios**Fuente: Elaboración propia***Figura 102.***Costos generales**Fuente: Elaboración propia*

Diseño de escenarios ProModel

Escenario Actual

En este escenario se implementó la totalidad de material que se utiliza para cada proceso teniendo en cuenta las cantidades exactas en cada área, los tiempos en movimiento y el tiempo del proceso.

Para determinar los costos en la jornada laboral fue necesario analizar todos los indicadores en ProModel, para analizar tiempos muertos, cantidad de material represado, cuellos de botella en algunas áreas con el objetivo de reducir costos. Tomamos en cuenta las variables de las cantidades de materia prima que llegan a la empresa cada dos (2) días.

Figura 11.

Datos

Intervals:	Points:	30
1	80	
2	84	
3	90	
4	92	
5	100	
6	91	
7	94	
8	87	
9	93	
10	86	
11	99	
12	96	
13	81	
14	83	
15	95	
16	98	
17	81	
18	87	
19	80	
20	100	
21	93	
22	94	
23	96	
24	100	
25	90	
26	80	
27	110	
28	120	
29	100	
30	110	

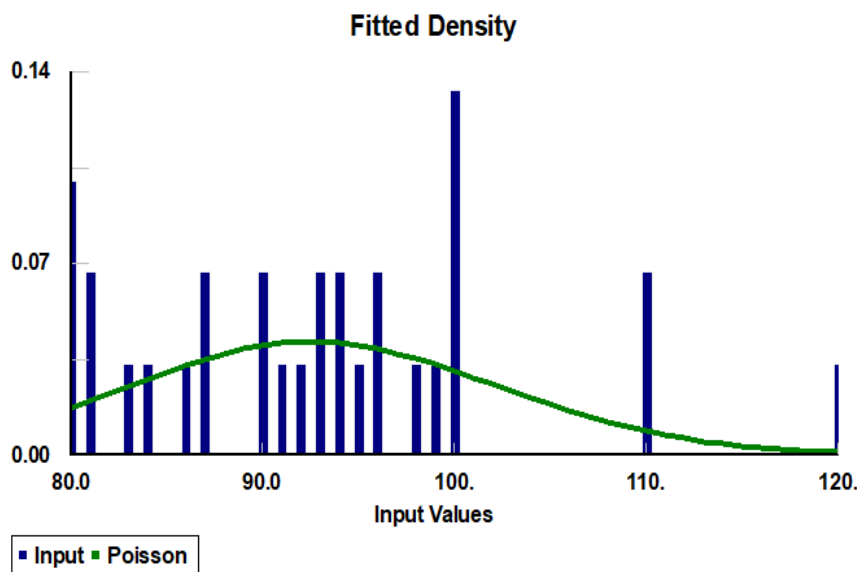
Fuente: StatFit

De acuerdo a la tabla se proponen treinta (30) datos que están en un rango de 80 a 120 minutos para determinar el dato más apropiado. Luego se procede a configurar las distribuciones

de probabilidad respecto a los datos ingresados en la figura 23 que dan como resultado a partir de la distribución Binomial y Poisson.

Figura 12.

Densidad ajustada



Fuente: StatFit

De acuerdo a la figura 24 realizada anteriormente en el software Statfit, con la opción Autofit la distribución discreta es la más viable debido a que son datos enteros. Por tanto, la distribución de Poisson es la más acorde, en este caso el valor más acertado es (93) y es el que utilizaremos para la simulación en ProModel. Con este dato vamos a interpretar el número de cantidad de material para la producción actual, es decir, el número de cemento, gravilla y arena, el cual vamos a implementar en las variables del programa.

Figura 13.

Datos estadísticos descriptivos

descriptive statistics	
data points	30
minimum	80
maximum	120
mean	93
median	93
mode	100
standard deviation	9.6633
variance	93.3793
coefficient of variation	10.3906
skewness	0.764505
kurtosis	0.569594

Fuente: StatFit

Figura 26.

Bondad de ajuste

Poisson	1.2 [3]	0.116
detail		
Poisson		
lambda =	93	
Chi Squared		
total classes		4
interval type		equal probable
net bins		4
chi**2		1.2
degrees of freedom		3
alpha		0.05
chi**2(3,0.05)		7.81
p-value		0.754
result		DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov		
data points		30
ks stat		0.116
alpha		0.05
ks stat(30,0.05)		0.242
p-value		0.769
result		DO NOT REJECT

Fuente: StatFit

Según la figura 26, la distribución de Poisson en este caso nos muestra que son aceptadas (do no reject) para las pruebas chi cuadrado y Kolmogórov-Smirnov respectivamente, con el valor de (93) y es el que utilizaremos para la simulación en ProModel.

Simulación y definición de mejoras

Modelo actual (Escenario 1)

Para desarrollar el modelo del sistema de producción actual de la organización se utilizó el programa ProModel. Para efectuar el modelo fue necesario clasificar los procesos productivos y determinar los bienes que se elaboran en la compañía.

Para la simulación del modelo, primero se crea las locaciones del área que se muestran en la siguiente figura:

Locaciones (locations)

Representa el lugar donde la entidad realiza el proceso o actividad, además incorpora ubicaciones fijas en el sistema. Las entidades se enrutan a estas ubicaciones para su procesamiento, almacenamiento y cualquier actividad o decisión.

Figura 14.

Locaciones

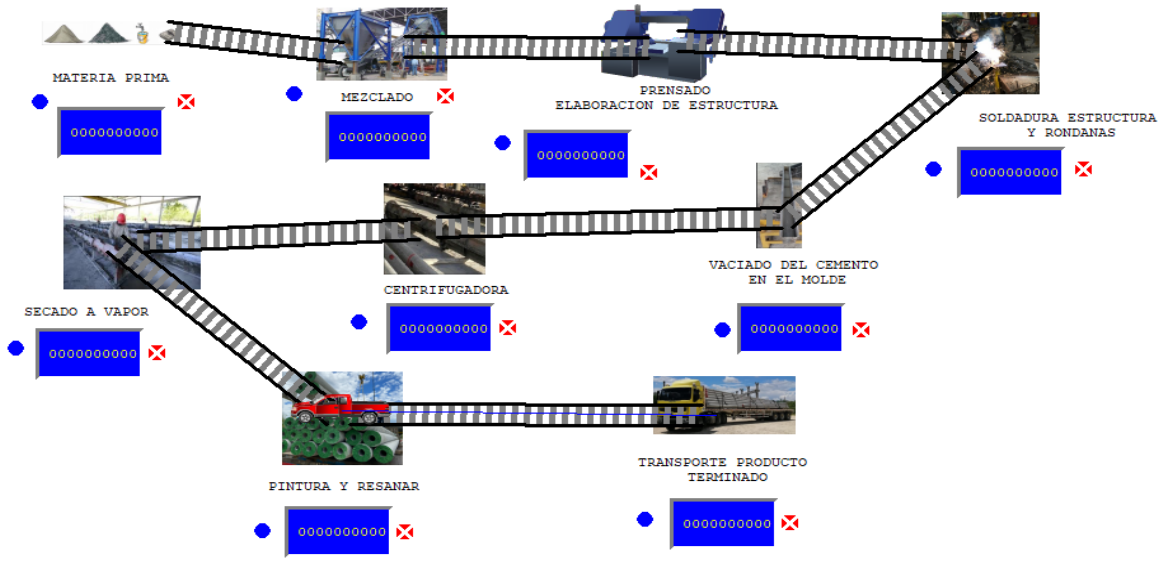
Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	MATERIA_PRIMA	10	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	MEZCLADO	7	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	PRENSADO_ELABORACION_DE_ESTRUCTURA	8	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	SOLDADURA_ESTRUCTURA_Y_RONDANAS	5	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	VACIADO_DEL_CEMENTO_EN_EL_MOLDE	4	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	CENTRIFUGADORA	5	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	SECADO_A_VAPOR	6	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	PINTURA_Y_RESANAR	10	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	TRANSPORTE_PRODUCTO_TERMINADO	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	BANDA1	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA2	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA3	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA4	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA5	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA6	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA7	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	BANDA8	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO

Fuente: ProModel 2016

De acuerdo a la figura 27, las locaciones corresponden a las áreas para elaborar los productos y a estos se les asigno nombres como: materia prima, mezclado, prensado, soldadura, vaciado del molde, centrifugado, secado a vapor, pintura con resanar y el transporte del producto terminado, además de las bandas transportadoras, montacargas y puente grúas por donde se traslada el material o se mueve el operario para ejecutar su función. Luego, se definieron las capacidades en cada una de las áreas y unidades respectivamente permitiendo el correcto funcionamiento del proceso.

Figura 15.

Proceso de fabricación de productos



Fuente: ProModel 2016

Entidades (entities)

Es la materia prima de un producto o servicio que se procesará en una locación. Estos se pueden convertir durante el proceso de simulación.

Figura 29.

Entidades

Icono	Nombre	Velocidad (mpm)	Estadist
	MATERIAL	150	Series de tiempo
	MEZCLADO_1	150	Series de tiempo
	RONDANAS	150	Series de tiempo
	ESTRUCTURA	150	Series de tiempo
	MOLDE	150	Series de tiempo
	POSTE_SEMITERMINADO	150	Series de tiempo
	PRODUCTO_TERMINADO	150	Series de tiempo

Fuente: ProModel 2016

Las entidades representan a los materiales de llegada a las respectivas áreas de trabajo y la conformación de los productos en proceso.

Figura 30.

Redes de ruta

Gráfica...	Nombre	Tipo	T/V	Rutas...	Interfaces...	Mapeo...	Nodos
	Red1	Sobrepasar	Velocidad & Distal		2	0	2

El diagrama muestra un flujo de procesos industriales. Comienza con 'MATERIA PRIMA' que fluye hacia 'MEZCLADO'. Desde 'MEZCLADO', el flujo se divide en dos caminos: uno superior que pasa por 'PRENSADO ELABORACION DE ESTRUCTURA' y 'SOLDADURA ESTRUCTURA Y RONDANAS', y uno inferior que pasa por 'VACIADO DEL CEMENTO EN EL MOLDE' y 'CENTRIFUGADORA'. Ambos caminos convergen en 'SECADO A VAPOR', que finalmente conduce a 'TRANSPORTE PRODUCTO'. Cada etapa está acompañada por una imagen representativa de la actividad.

Fuente: ProModel 2016


En esta sección se creó una red de rutas con la finalidad de mostrar el paso a paso del proceso.

Recursos (resources)

Representa personas, herramientas, vehículos o cualquier otro objeto que se pueda utilizar para ayudar a las entidades y/o ubicaciones. Estos pueden ser estáticos o asignados a la red de trayectorias para un movimiento dinámico.

Figura 31.

Recursos

Icono	Nombre	Unidades	TMs...	Estadíst	Especif. ...	Buscar...	Lógica...	Pts...
	TRANSPORTAR	1	Ninguna	Por Unidad, Serie Redl, N1		Ninguna	0	1

Fuente: ProModel 2016

Procesos (processing)

Describe las operaciones que se realizan en la locación, midiendo el tiempo que la entidad está en ella, los recursos para ejecutar el trabajo, e incluso la selección de destino para la entidad.

Figura 16.

Proceso actual

Entidad...	Locación...	Operación...
MATERIAL	MATERIA_PRIMA	COMBINE P(93)WAIT 1 MIN
MATERIAL	BANDA1	WAIT 2 MIN
MATERIAL	MEZCLADO	WAIT 10 MIN
MEZCLADO_1	BANDA2	WAIT 2 MIN
MEZCLADO_1	PRENSADO_ELABORACION_DE_ESTRUCTURA	WAIT 30 MIN
RONDANAS	BANDA3	WAIT 2 MIN
ESTRUCTURA	VACIADO_DEL_CEMENTO_EN_EL_MOLDE	WAIT 20 MIN
ESTRUCTURA	BANDA4	WAIT 2 MIN
ESTRUCTURA	SOLDADURA_ESTRUCTURA_Y_RONDANAS	WAIT 45 MIN
MOLDE	BANDA5	WAIT 2 MIN
MOLDE	CENTRIFUGADORA	WAIT 18 MIN
POSTE_SEMITERMINADO	BANDA6	WAIT 2 MIN
POSTE_SEMITERMINADO	SECADO_A_VAPOR	WAIT 300 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	BANDA7	WAIT 2 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	PINTURA_Y_RESANAR	COMBINE 10 WAIT 10 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	TRANSPORTE_PRODUCTO_TERMINADO	

Fuente: ProModel 2016

De acuerdo a la figura 32 realizada anteriormente, cada referencia llega a la locación, ingresando primero la materia prima en un periodo de tiempo de 1440 minutos, es decir tiene un intervalo de llegada del material cada 24 horas; en promedio de 100 kg de cemento gravilla y arena, Luego se traslada a la banda 1 el material con tiempo de movimiento de 2 minutos, la banda envía el material a la sección de mezclado que tarda alrededor de 10 minutos, el terminado del mezclado es llevado por la segunda banda transportadora con un tiempo estimado de 2 min hacia el proceso vaciado con un tiempo de 20 min, luego se realiza el proceso de prensado y elaboración de estructura que tarda un promedio de 30 minutos. Posteriormente es llevado a través de un montacarga al proceso de soldadura que se determina en un tiempo de 45 minutos, terminado el proceso es transportado por medio de un puente grúa el cual es dirigido al proceso de centrifugado con un tiempo de 18 minutos. Terminado el centrifugado se dirige al proceso de secado a vapor que tarda alrededor de 300 minutos, luego es transportado por un puente grúa al área de pintura, esta área cuenta con un promedio de 30 minutos y finalmente es transportado al área de almacenamiento para alistar producto terminado, inspección, inventario, y cargue de producto que se envía a los clientes.

Costos

Define el valor de las locaciones, recursos y entidades; estos varían entre tipos evaluando expresiones en los campos durante el tiempo de ejecución.

Tabla 20.
Escenario 1

Costos de fabricación Escenario 1 actual

Tipo de Objeto:

Locaciones

MATERIA_PRIMA
MEZCLADO
PRENSADO_ELABORACI
SOLDADURA_ESTRUCTU
VACIADO_DEL_CEMENTO
CENTRIFUGADORA
SECADO_A_VAPOR
PINTURA_Y_RESANAR
TRANSPORTE_BONDUR

Tasa de Operación: 30 Por min

Cerrar Ayuda

operación	minutos
Material	22,5
Mezclado_1	22,5
Rondana	60
Estructura	45
Molde	50
Producto terminado	45
Total	222.5

Tipo de Objeto:

Entidades

MATERIAL
MEZCLADO_1
RONDANAS
ESTRUCTURA
MOLDE
POSTE_SEMITERMINADO
PRODUCTO_TERMINADO

Costo Inicial: 137825

Cerrar Ayuda

Producción	Costo por jornada
Materia prima	\$ 275.650
Rondanas	\$ 320.760
Estructura	\$ 42.566
Formado del poste	\$ 175.041
Total	\$ 814.017

Fuente: ProModel 2016

Tabla 21.

Opciones de simulación

Opciones de Simulación

Resultados:

Ejecución:

Tiempo
 Semanal
 Calendario
 Período Estabilización

Tiempo Estabil. *:
 Tiempo Simul. *:
*A menos que se especifique lo contrario, la unidad de tiempo por defecto HORA.

Precisión del Reloj

 Segundo
 Hora
 Minuto
 Día

Reporte de Resultados
 Estándar
 Lotes
 Periódico

Tamaño de Intervalo:

Número de Réplicas:

Correr

Deshabilitar
 Animación
 Costo
 Exportar Arreglo
 Serie de Tiempo

Al Inicio
 Pausa
 Notas de Modelo
 Rastrear
 Panel de Vistas

General
 Ajustar para Horario de Verano
 Generar Script de Animación
 Números Aleatorios Comunes
 Omitir TMs de recursos si están fuera de turno
 Recompilar Redes

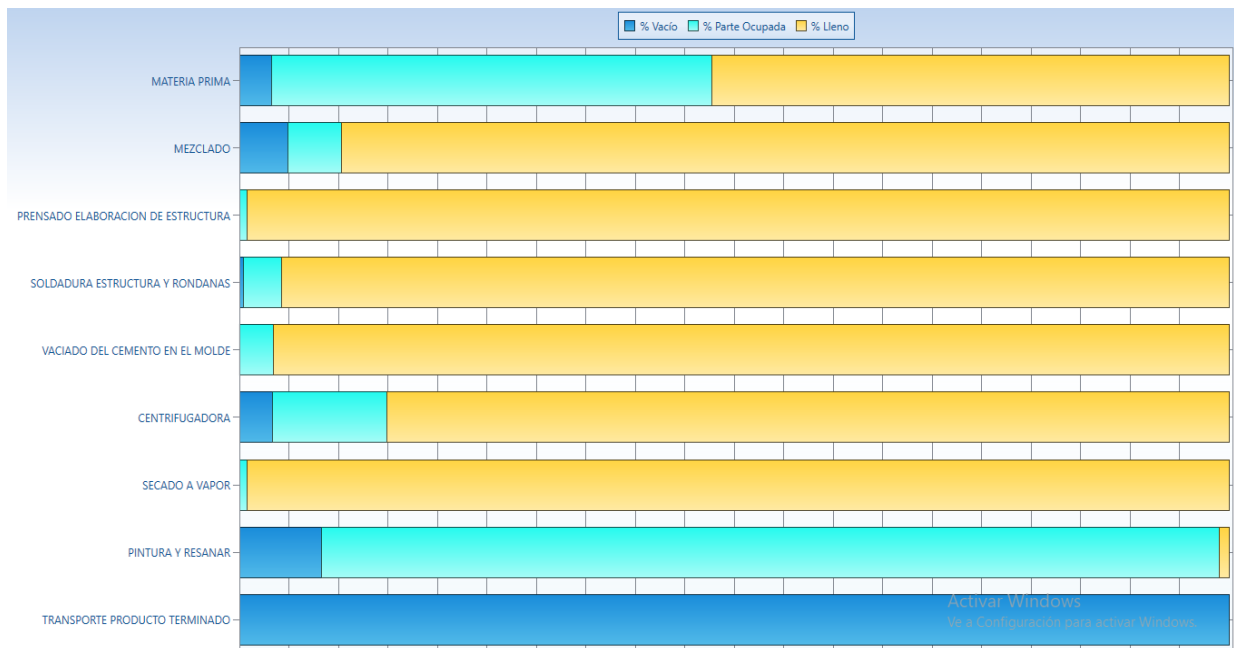
Abrir Visualizador(es)
 Output Viewer
 Minitab

El tiempo de toda la operación es de 1440 minutos que hacen referencia a toda la jornada laboral diaria, es decir equivalen a 24 horas, que se reparten en dos turnos respectivamente para los empleados.

Fuente: ProModel 2016

Figura 17.

Múltiple capacidad



Fuente: ProModel 2016

Tabla 19.*Interpretación de porcentajes*

Proceso	Vacío	Parte ocupada	Lleno
Materia prima	3,28	44,50	52,22
Mezclado	4,95	5,36	89,69
Prensado	0	0,73	99,23
Soldadura	0,41	3,82	95,77
Vaciado	0	3,48	96,52
Centrifugado	3,38	11,56	85,06
Secado a vapor	0	0,79	99,18
Pintura y resanar	7,31	90,59	2,11
Transporte producto terminado	100	0	0

Fuente: ProModel 2016

A partir de la simulación realizada anteriormente, en la tabla 22 podemos identificar que en las locaciones o áreas se presenta un alto porcentaje en ocupación de trabajo y llenado, es decir en tiempos de espera para el flujo continuo de producción. De acuerdo a los datos obtenidos, las áreas donde mayor se presentan cuellos de botella son: prensado, vaciado y secado a vapor.

Tabla 20.*Cuadro de indicadores escenario actual*

Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Costo Promedio
MATERIAL	1000	15	22,5	\$ 137.825
MEZCLADO 1	500	15	22,5	\$ 137.825
RONDANAS	500	20	60	\$ 320.760
ESTRUCTURA	470	25	45	\$ 42.566
MOLDE	465	15	50	\$ 175.041
PROD. TERMINADO	462	30	45	\$ 814.017

Fuente: ProModel 2016

En la parte inicial del proceso cuando llega la materia prima a la organización, se dispone una cantidad inicial para la elaboración de 1000 productos diarios, debido a los tiempos en sistema promedio que hace referencia a los movimientos entre áreas, en este caso por el montacarga, puente grúa y recursos en general de la planta y tiempos promedio en cada locación que determina los procesos en cada área. Como resultado viéndose afectado la cantidad de productos terminados obteniendo un máximo de 462 productos fabricados en una jornada laboral. A partir de los muestreos se generan cada uno de los costos dependiendo de la cantidad de material de llegada, obteniendo un total de \$ 814.017 para un día de trabajo.

Tabla 21.*Utilidad escenario 1 para producción actual*

PRODUCTOS	CANTIDAD A PRODUCIR (ESCENARIO 1)	COSTO VALOR UNITARIO	PRECIO DE VENTA VALOR UNITARIO	GANANCIA UTILIDAD UNITARIO	MARGEN DE GANANCIA O UTILIDAD	UTILIDAD ESCENARIO 1
BORDILLO	50	\$ 20.000	\$ 33.333	\$ 13.333	40%	\$ 666.667
CAJA DE INSPECCION	30	\$ 35.000	\$ 58.333	\$ 23.333	40%	\$ 700.000
TUBERIA EN CONCRETO SIMPLE	12	\$ 380.000	\$ 633.333	\$ 253.333	40%	\$ 3.040.000
POSTE EN CONCRETO 8 M	15	\$ 221.000	\$ 368.333	\$ 147.333	40%	\$ 2.210.000
SARDINEL	35	\$ 12.000	\$ 17.143	\$ 5.143	30%	\$ 180.000
ADOQUIN	100	\$ 5.000	\$ 7.143	\$ 2.143	30%	\$ 214.286
REJILLAS	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923
TAPAS DE ACUEDUCTO	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923
VIGUETAS	80	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 240.000
LOSETAS	120	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 360.000
TOTAL	462	\$ 723.000	\$ 1.193.004	\$ 470.004		\$ 7.804.799

Fuente: Elaboración propia

En este escenario se determinó el total que se fabrican en una jornada laboral normal, teniendo como resultado una producción de 462 productos que se encuentra en el rango de elaboración habitual dependiendo de los costos de producción y tiempos de ejecución. Finalmente se obtuvo una utilidad de \$ 7'804.799, que es un valor estimado a partir de la simulación en el escenario uno (1), contemplando todas las variables mencionadas anteriormente.

Es bueno manifestar que estos costos se obtuvieron por medio de la información que maneja la organización a través de los registros documentados de acuerdo a los datos históricos a través de las bases de datos que existen al interior de la empresa que fueron previamente validados y verificados por las personas que están a cargo del proceso productivo y de la gestión de las compras.

Escenario 2

En este escenario se va a incrementar la producción en los productos que representan un porcentaje de participación significativo y que generan mayor utilidad, los cuales son: poste en concreto de 8 metros, bordillo, caja de inspección y tubería en concreto, los productos restantes continuaran con su producción normal, por tanto, se determina si el proceso sigue cumpliendo con los estándares normales, así se medirán los tiempos de trabajo en cada locación, es decir, si el proceso logra mantener el ritmo de trabajo o por el contrario se presentan cuellos de botella o tiempos de espera, con el fin de interpretar y evaluar se pensaría que para mayor cantidad de materia prima se obtendrán mayores utilidades.

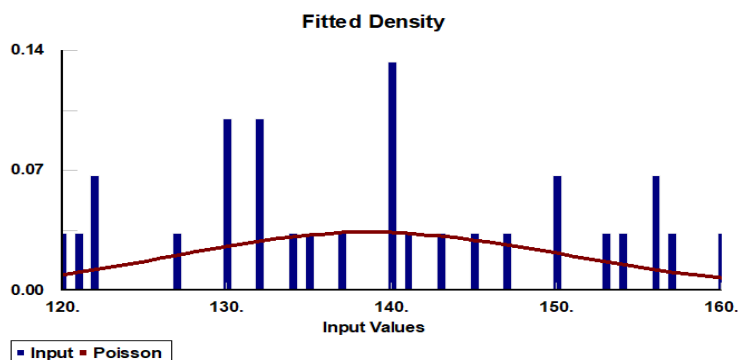
Figura 18.

Datos propuestos

Intervals:		Points:	30
1	130	21	156
2	135	22	143
3	140	23	141
4	132	24	120
5	134	25	130
6	150	26	140
7	140	27	150
8	147	28	132
9	160	29	145
10	140	30	122
11	137		
12	156		
13	132		
14	122		
15	127		
16	157		
17	130		
18	154		
19	153		
20	121		

Fuente: StatFit

De acuerdo a la tabla se proponen treinta (30) datos que están en un rango de 120 a 160 minutos para determinar el dato más apropiado. Posteriormente se procede a configurar las distribuciones de probabilidad respecto a los datos obtenidos en la figura 34 que dan como resultado a partir de la distribución Binomial y Poisson.

Figura 19.*Densidad ajustada**Fuente: StatFit*

De acuerdo a la figura 35 realizada en el software Statfit, con la opción Autofit la distribución discreta más viable es la de Poisson, en este caso el valor más acertado es (139.2) y es el que utilizaremos para la simulación en ProModel. Con este dato vamos a interpretar el número de cantidad de material para la alta producción, es decir, el número de cemento, gravilla y arena, el cual vamos a implementar en las variables del programa.

Figura 20.*Estadísticas descriptivas*

descriptive statistics	
data points	30
minimum	120
maximum	160
mean	139.2
median	140
mode	140
standard deviation	11.7015
variance	136.924
coefficient of variation	8.40622
skewness	0.10292
kurtosis	-1.09221

Fuente: StatFit

Figura 21.*Bondad de ajuste*

Poisson		
lambda	=	139.2
Chi Squared		
total classes		4
interval type		equal probable
net bins		5
chi**2		2.21
degrees of freedom		4
alpha		0.05
chi**2{4,0.05}		9.49
p-value		0.697
result		DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov		
data points		30
ks stat		0.0783
alpha		0.05
ks stat{30,0.05}		0.242
p-value		0.986
result		DO NOT REJECT

Fuente: StatFit

Según la figura 37, la distribución de Poisson muestra que son aceptadas (do no reject), de acuerdo con las pruebas chi cuadrado y Kolmogórov-Smirnov respecto a los treinta (30) datos identificados anteriormente, con el valor más acertado que es (139.2) y es el que utilizaremos para la simulación en ProModel.

Diseño del Escenario 2

Para desarrollar el modelo del sistema de producción del segundo escenario de la organización se utilizó el programa ProModel. Para efectuar el modelo fue necesario identificar a través del software StatFit, la probabilidad estadística de la cantidad de materia prima que ingresaría a la organización. En este caso se estipula una alta demanda con un grado elevado en el nivel de producción.

Para la simulación del modelo, se determinan las mismas locaciones del área de producción y con los recursos mínimos posibles.

Figura 22.

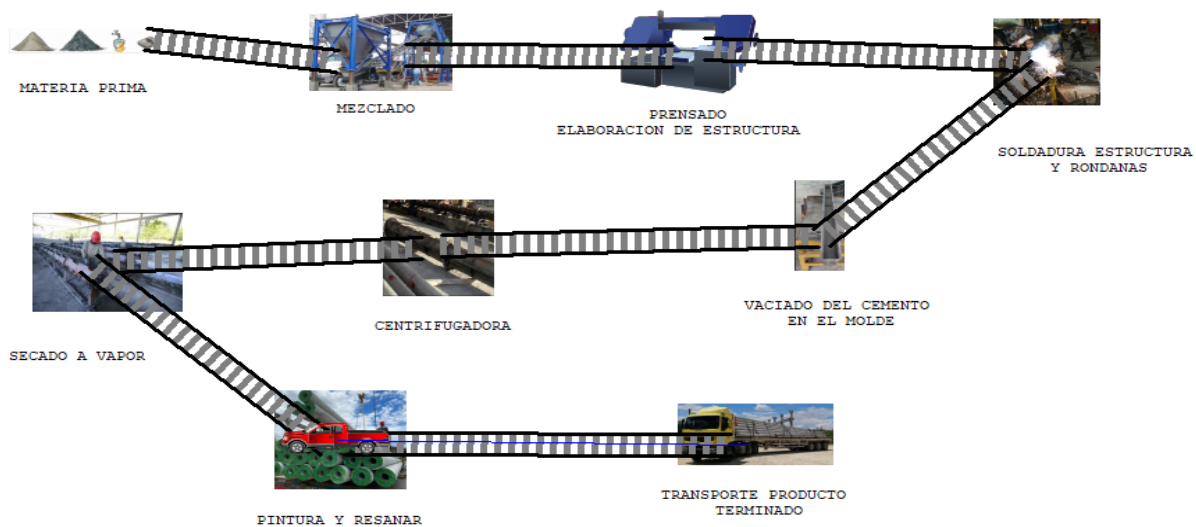
Proceso Escenario 2

Entidad...	Locación...	Operación...
MATERIAL	MATERIA_PRIMA	COMBINE 10 Wait P(139.2)
MATERIAL	BANDA1	WAIT 2 MIN
MATERIAL	MEZCLADO	WAIT 40 MIN
MEZCLADO_1	BANDA2	WAIT 2 MIN
MEZCLADO_1	PRENSADO_ELABORACION_DE_ESTRUCTURA	WAIT 80 MIN
RONDANAS	BANDA3	WAIT 2 MIN
ESTRUCTURA	VACIADO_DEL_CEMENTO_EN_EL_MOLDE	WAIT 40 MIN
ESTRUCTURA	BANDA4	WAIT 2 MIN
ESTRUCTURA	SOLDADURA_ESTRUCTURA_Y_RONDANAS	WAIT 80 MIN
MOLDE	BANDA5	WAIT 2 MIN
MOLDE	CENTRIFUGADORA	WAIT 36 MIN
POSTE_SEMITERMINADO	BANDA6	WAIT 2 MIN
POSTE_SEMITERMINADO	SECADO_A_VAPOR	WAIT 400 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	BANDA7	WAIT 2 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	PINTURA_Y_RESANAR	COMBINE 10 WAIT 10 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	TRANSPORTE_PRODUCTO_TERMINADO	

Fuente: ProModel 2016

Figura 23.

Proceso de fabricación de productos



Fuente: ProModel 2016

Tabla 22.
Escenario 2

Costos de fabricación Escenario 2

Tipo de Objeto:

Locaciones

MATERIA PRIMA
MEZCLADO
PRENSADO_ELABORACI
SOLDADURA_ESTRUCTU
VACIADO_DEL_CEMENTI
CENTRIFUGADORA
SECADO_A_VAPOR
PINTURA_Y_RESANAR
TRANSPORTE PRODUCTO

Tasa de Operación: 40 Por min

Cerrar Ayuda

operación	minutos
Material	40
Mezclado_1	40
Rondanas	80
Estructura	60
Molde	60
Producto terminado	50
Total	330

Tipo de Objeto:

Entidades

MATERIAL
MEZCLADO_1
RONDANAS
ESTRUCTURA
MOLDE
POSTE_SEMITERMINADO
PRODUCTO_TERMINADO

Costo Inicial: 500000

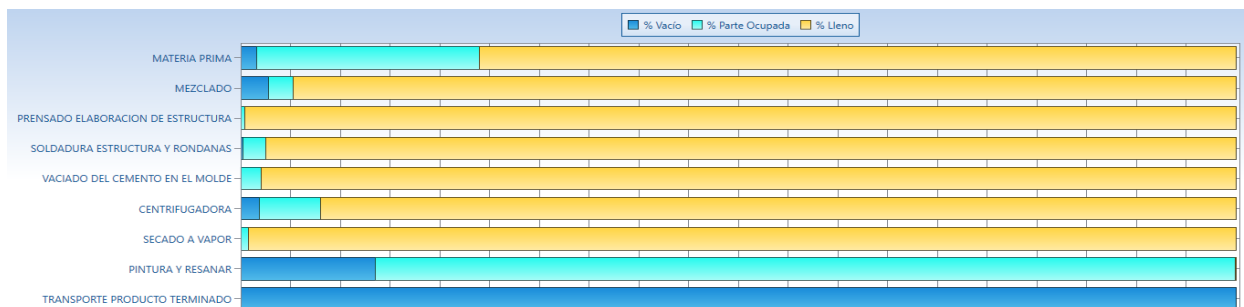
Cerrar Ayuda

Producción	Costo por jornada
Materia prima	\$ 300.000
Rondanas	\$ 500.000
Estructura	\$ 85.000
Formado del poste	\$ 210.000
Total	\$ 1'095.000

Fuente: ProModel 2016

Figura 240.

Múltiple capacidad



Fuente: ProModel 2016

Tabla 23.*Interpretación de porcentajes*

Proceso	Vacío	Parte ocupada	Lleno
Materia prima	1,65	22,38	75,98
Mezclado	2,83	2,46	94,70
Prensado	0	0,37	99,62
Soldadura	0,21	2,32	97,47
Vaciado	0	2,07	97,93
Centrifugado	1,86	6,21	91,93
Secado a vapor	0	0,73	99,25
Pintura y resanar	13,54	86,40	0
Transporte producto terminado	100	0	0

Fuente: ProModel 2016

Con base en la simulación que considera el aumento en la producción de productos significativos, se logra evidenciar en la tabla 26 que la organización se puede centrar en la mayor elaboración de los productos con alto porcentaje de utilidad. También se observa que los porcentajes de tiempos en el sistema aumentaron por la elevación de la cantidad de materia prima. A partir de los datos obtenidos los recursos, mano de obra y maquinaria son los que representan una alta ocupación en la producción de los productos ya especificados: postes en concreto de 8 metros, bordillo, caja de inspección y tubería en concreto, los cuales van a generar un mejor porcentaje de utilidad, aunque se verían afectados los tiempos en el sistema promedio y en operación.

Tabla 24.*Cuadro de indicadores escenario 2*

Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Costo Promedio
MATERIAL	1200	30	40	\$ 150.000
MEZCLADO 1	1050	30	40	\$ 150.000
RONDANAS	900	40	80	\$ 500.000
ESTRUCTURA	750	50	60	\$ 85.000
MOLDE	600	30	60	\$ 210.000
PROD. TERMINADO	530	60	50	\$ 1'095.000

Fuente: ProModel 2016

En la parte inicial del proceso cuando llega la materia prima a la empresa, se dispone una cantidad inicial para la elaboración de 1200 productos en la jornada laboral diaria, el cual muestra un aumento en los tiempos del sistema promedio debido a que se presenta mayor congestión en la espera de la ejecución de cada uno de los procesos y los traslados de los productos. Por ende, se ve reflejado la mayor ocupación en las locaciones de trabajo. No obstante, se incrementarían alrededor de 530 productos con un precio aproximado de \$ 1'095.000 para una jornada de trabajo teniendo en cuenta todos los costos determinados anteriormente.

Tabla 25.*Utilidad escenario 2 para alta producción*

PRODUCTOS	CANTIDAD A PRODUCIR (ESCENARIO 2)	COSTO VALOR UNITARIO	PRECIO DE VENTA VALOR UNITARIO	GANANCIA UTILIDAD UNITARIO	MARGEN DE GANANCIA O UTILIDAD	UTILIDAD ESCENARIO 2
BORDILLO	80	\$ 20.000	\$ 33.333	\$ 13.333	40%	\$ 1.066.667
CAJA DE INSPECCION	50	\$ 35.000	\$ 58.333	\$ 23.333	40%	\$ 1.166.667
TUBERIA EN CONCRETO SIMPLE	20	\$ 380.000	\$ 633.333	\$ 253.333	40%	\$ 5.066.667
POSTE EN CONCRETO 8 M	25	\$ 221.000	\$ 368.333	\$ 147.333	40%	\$ 3.683.333
SARDINEL	35	\$ 12.000	\$ 17.143	\$ 5.143	30%	\$ 180.000
ADOQUIN	100	\$ 5.000	\$ 7.143	\$ 2.143	30%	\$ 214.286
REJILLAS	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923
TAPAS DE ACUEDUCTO	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923
VIGUETAS	80	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 240.000
LOSETAS	120	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 360.000
TOTAL	530	\$ 723.000	\$ 1.193.004	\$ 470.004		\$ 12.171.465

Fuente: Elaboración propia

En este escenario los productos que aumentaron respecto a la cantidad de producción fueron: bordillo 50 (+30), cajas de inspección 30 (+20), tubería en concreto simple 12 (+8) y postes en concreto de 8 metros 15 (+10) siendo los más relevantes dentro de la organización. Respecto a los demás productos mantienen la producción habitual para determinar los costos de producción y tiempos de ejecución. Finalmente, se obtuvo una producción de 530 productos y una utilidad de \$ 12'171.465 que es el valor determinado a través de todo el proceso de simulación para el escenario número dos (2).

Escenario 3

En este escenario se va a implementar una reducción en la producción para los productos con alta participación porcentual, determinando las cantidades mínimas de producción requeridas, teniendo en cuenta la producción normal para el resto de los productos, estableciendo así con exactitud los tiempos promedios en sistema y los tiempos en operación promedio con el fin de reducir cuellos de botella, reprocesos, tiempos muertos, manteniendo un flujo de proceso óptimo para que la maquinaria y el personal logre realizar las labores de forma eficiente con el objetivo principal de mantener bajos costos y una utilidad esperada en todas las operaciones.

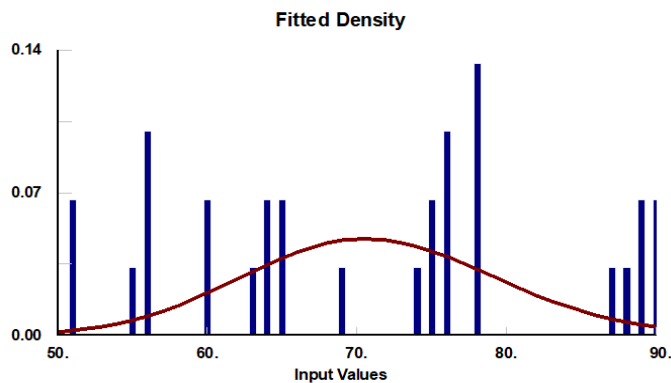
Figura 41.

Variables

Intervals:		Points:	30
1	60		
2	78		
3	51		
4	89		
5	78		
6	65		
7	74		
8	88		
9	90		
10	60		
11	75		
12	64		
13	87		
14	56		
15	89		
16	75		
17	64		
18	76		
19	51		
20	55		
		21	63
		22	76
		23	78
		24	69
		25	65
		26	78
		27	90
		28	56
		29	76
		30	56

Fuente: StatFit

De acuerdo a la tabla se proponen treinta (30) datos que están en un rango de 60 a 90 minutos para determinar el dato más apropiado. Posteriormente se procede a configurar las distribuciones de probabilidad respecto a los datos obtenidos en la figura 41 que dan como resultado a partir de la distribución Binomial y Poisson.

Figura 25.*Densidad ajustada**Fuente: StatFit*

Después de realizar el procedimiento de tabular los datos en el software de Statfit, la distribución de Poisson es la más acertada, en este caso el valor más eficiente es (71.1) para implementarlo en la simulación de ProModel, el cual va a utilizar en la introducción de material solicitado para la ejecución de la producción diaria.

Figura 26.*Bondad de ajuste*

Poisson		
lambda	=	71.0667
Chi Squared		
total classes		4
interval type		equal probable
net bins		3
chi**2		9.91
degrees of freedom		2
alpha		0.05
chi**2(2,0.05)		5.99
p-value		0.00705
result		REJECT
Kolmogorov-Smirnov		
data points		30
ks stat		0.175
alpha		0.05
ks stat(30,0.05)		0.242
p-value		0.281
result		DO NOT REJECT

Fuente: StatFit

De acuerdo a la figura 43, la distribución de Poisson muestra que son aceptadas (do no reject), de acuerdo con las pruebas chi cuadrado y Kolmogórov-Smirnov respecto a los treinta (30) datos mostrados anteriormente, con el valor más acertado que es (71.1) y es el que utilizaremos para la simulación en ProModel.

Diseño del Escenario 3

Para ejecutar el desarrollo del modelo del sistema de producción del tercer escenario de la organización se utilizó el programa ProModel. Para efectuar el modelo fue necesario identificar a través del software StatFit, la probabilidad estadística en cuanto al tiempo de entrada de la cantidad de materia prima que ingresaría a la organización. En este caso se estipula una baja demanda en los productos de menor participación.

Figura 27.

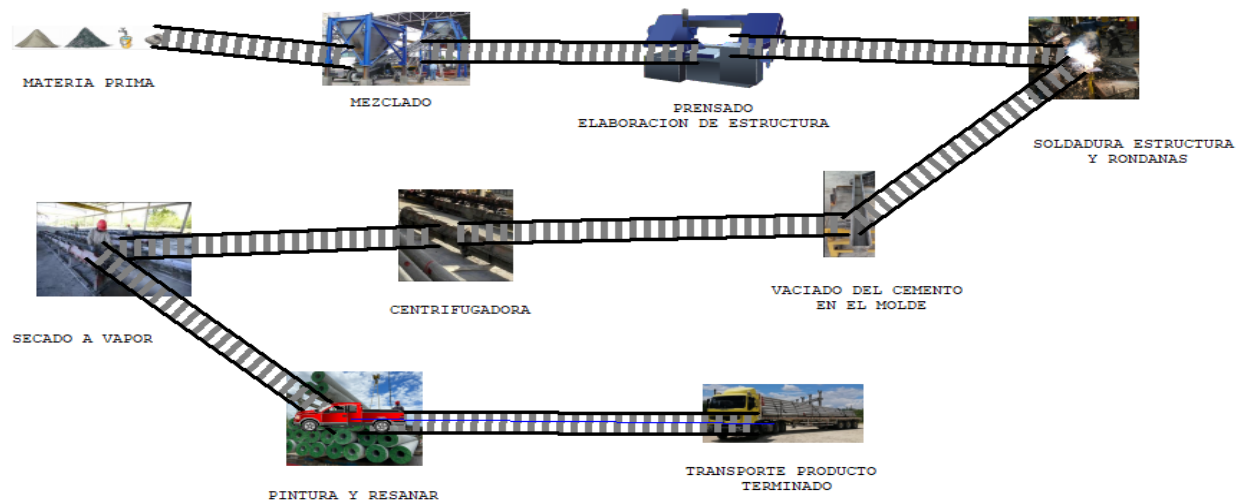
Proceso Escenario 3

Entidad...	Locación...	Operación...
MATERIAL	MATERIA_PRIMA	COMBINE P(71.1) WAIT 1 MIN
MATERIAL	BANDA1	WAIT 2 MIN
MATERIAL	MEZCLADO	WAIT 25 MIN
MEZCLADO_1	BANDA2	WAIT 2 MIN
MEZCLADO_1	PRENSADO_ELABORACION_DE_ESTRUCTURA	WAIT 50 MIN
RONDANAS	BANDA3	WAIT 2 MIN
ESTRUCTURA	VACIADO_DEL_CEMENTO_EN_EL_MOLDE	WAIT 30 MIN
ESTRUCTURA	BANDA4	WAIT 2 MIN
ESTRUCTURA	SOLDADURA_ESTRUCTURA_Y_RONDANAS	WAIT 60 MIN
MOLDE	BANDA5	WAIT 2 MIN
MOLDE	CENTRIFUGADORA	WAIT 25 MIN
POSTE_SEMITERMINADO	BANDA6	WAIT 2 MIN
POSTE_SEMITERMINADO	SECADO_A_VAPOR	WAIT 350 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	BANDA7	WAIT 2 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	PINTURA_Y_RESANAR	COMBINE 10 WAIT 10 MIN
PRODUCTO_TERMINADO	TRANSPORTE_PRODUCTO_TERMINADO	

Fuente: ProModel 2016

Figura 28.

Proceso de fabricación de productos



Fuente: ProModel 2016

Tabla 26.

Costos de fabricación escenario 3

Costos de fabricación escenario 3

Tipo de Objeto:

Locaciones

Tasa de Operación: 30 Por min

Cerrar Ayuda

- MATERIA PRIMA
- MEZCLADO
- PRENSADO_ELABORACI
- SOLDADURA_ESTRUCTI
- VACIADO_DEL_CEMENTO
- CENTRIFUGADORA
- SECADO_A_VAPOR
- PINTURA_Y_RESANAR
- TRANSPORTE PRODUCTO

operación	minutos
Material	30
Mezclado_1	30
Rondanas	60
Estructura	50
Molde	50
Producto terminado	50
Total	270

Tipo de Objeto:

Entidades

MATERIAL
MEZCLADO_1
RONDANAS
ESTRUCTURA
MOLDE
POSTE_SEMITERMINADO
PRODUCTO_TERMINADO

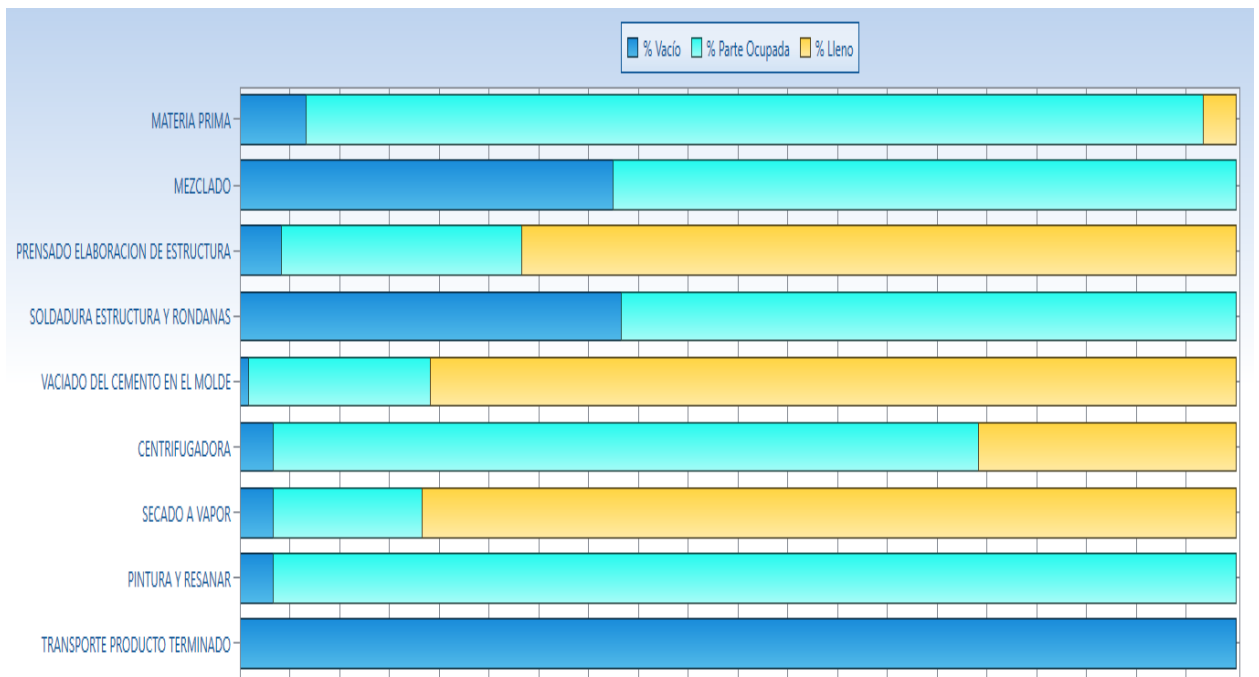
Costo Inicial:

Producción	Costo por jornada
Materia prima	\$ 200.000
Rondanas	\$ 300.000
Estructura	\$ 35.000
Formado del poste	\$ 100.000
Total	\$ 635.000

Fuente: ProModel 2016

Figura 29.

Múltiple capacidad



Fuente: ProModel 2016

Tabla 30.*Interpretación de porcentajes*

Proceso	Vacío	Parte ocupada	Lleno
Materia prima	6,67	90,00	3,33
Mezclado	37,50	62,50	0
Prensado	4,17	24,17	71,67
Soldadura	38,33	61,67	0
Vaciado	0,83	18,83	90,83
Centrifugado	3,33	70,83	25,83
Secado a vapor	3,33	15,00	81,67
Pintura y resanar	3,33	96,67	0
Transporte producto terminado	100	0	0

Fuente: ProModel 2016

Con base en la simulación determinando los productos que presentan un porcentaje bajo de participación que hacen referencia a estos productos: sardinel, viguetas de anclaje, losetas, adoquín y los demás productos tendrán una producción normal evidenciando que los porcentajes de tiempos en el sistema disminuyeron debido al cambio de producción en dichos productos.

La maquinaria y mano de obra son los que presentan una mejor distribución para realizar una producción de forma eficiente cumpliendo con las metas estipuladas, de tal manera se puede evidenciar la reducción en costos de fabricación, así mismo los tiempos de operación se ven reflejados de una mejor manera para abarcar con la producción enfocándose en generar la mayor utilidad posible que es el objetivo principal para la organización.

Tabla 27.*Cuadro de indicadores escenario 3*

Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Costo Promedio
MATERIAL	1200	15	30	\$ 100.000
MEZCLADO 1	1050	15	30	\$ 100.000
RONDANAS	950	20	60	\$ 300.000
ESTRUCTURA	700	25	50	\$ 35.000
MOLDE	430	15	50	\$ 100.000
PROD. TERMINADO	400	30	50	\$ 635.000

Fuente: ProModel 2016

En la parte inicial del proceso cuando llega la materia prima a la empresa, se dispone una cantidad inicial para la elaboración de 1200 productos en la jornada laboral diaria, el cual muestra que disminuyen los tiempos del sistema promedio debido a la reducción en producción en algunos productos, solventando la ejecución en los productos que tienen una producción normal teniendo una línea de procesos continúa evitando tiempos de espera, traslados de productos, ocupación de maquinaria y personal en productos que generan menor utilidad, a su vez se fabricarían alrededor de 400 productos terminados con un costo aproximado de \$ 635.000 para un día de trabajo teniendo en cuenta todos los costos determinados anteriormente.

Tabla 28.*Utilidad escenario 3 para producción baja*

PRODUCTOS	CANTIDAD A PRODUCIR (ESCENARIO 3)	COSTO VALOR UNITARIO	PRECIO DE VENTA VALOR UNITARIO	GANANCIA UTILIDAD UNITARIO	MARGEN DE GANANCIA O UTILIDAD	UTILIDAD ESCENARIO 3
BORDILLO	20	\$ 20.000	\$ 33.333	\$ 13.333	40%	\$ 266.667
CAJA DE INSPECCION	10	\$ 35.000	\$ 58.333	\$ 23.333	40%	\$ 233.333
TUBERIA EN CONCRETO SIMPLE	7	\$ 380.000	\$ 633.333	\$ 253.333	40%	\$ 1.773.333
POSTE EN CONCRETO 8 M	8	\$ 221.000	\$ 368.333	\$ 147.333	40%	\$ 1.178.667
SARDINEL	35	\$ 12.000	\$ 17.143	\$ 5.143	30%	\$ 180.000
ADOQUIN	100	\$ 5.000	\$ 7.143	\$ 2.143	30%	\$ 214.286
REJILLAS	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923
TAPAS DE ACUEDUCTO	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923
VIGUETAS	80	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 240.000
LOSETAS	120	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 360.000
TOTAL	400	\$ 723.000	\$ 1.193.004	\$ 470.004		\$ 4.640.132

Fuente: Elaboración propia

En este escenario los productos que se redujeron en la cantidad de producción fueron: bordillo 50 (-30), cajas de inspección 30 (-20), tubería en concreto 12 (-5) y poste en concreto de 8m 15 (-7), siendo los productos que representan mayor porcentaje de participación en la organización. En cuanto a los demás productos mantienen su producción habitual para determinar costos de producción, tiempo de ejecución. Finalmente, se obtuvo una producción de 400 productos generando una utilidad de \$ 4'640.132 que es el valor determinado a través de todo el proceso de simulación para el escenario número tres (3).

Tabla 29.*Relación de utilidades para los tres escenarios*

PRODUCTOS	CANTIDAD A PRODUCIR (ESCENARIO 1)	CANTIDAD A PRODUCIR (ESCENARIO 2)	CANTIDAD A PRODUCIR (ESCENARIO 3)	COSTO VALOR UNITARIO	PRECIO DE VENTA VALOR UNITARIO	GANANCIA UTILIDAD UNITARIO	MARGEN DE GANANCIA O UTILIDAD	UTILIDAD ESCENARIO 1	UTILIDAD ESCENARIO 2	UTILIDAD ESCENARIO 3
BORDILLO	50	80	20	\$ 20.000	\$ 33.333	\$ 13.333	40%	\$ 666.667	\$ 1.066.667	\$ 266.667
CAJA DE INSPECCION	30	50	10	\$ 35.000	\$ 58.333	\$ 23.333	40%	\$ 700.000	\$ 1.166.667	\$ 233.333
TUBERIA EN CONCRETO SIMPLE	12	20	7	\$ 380.000	\$ 633.333	\$ 253.333	40%	\$ 3.040.000	\$ 5.066.667	\$ 1.773.333
POSTE EN CONCRETO 8 M	15	25	8	\$ 221.000	\$ 368.333	\$ 147.333	40%	\$ 2.210.000	\$ 3.683.333	\$ 1.178.667
SARDINEL	35	35	35	\$ 12.000	\$ 17.143	\$ 5.143	30%	\$ 180.000	\$ 180.000	\$ 180.000
ADOQUIN	100	100	100	\$ 5.000	\$ 7.143	\$ 2.143	30%	\$ 214.286	\$ 214.286	\$ 214.286
REJILLAS	10	10	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923	\$ 96.923	\$ 96.923
TAPAS DE ACUEDUCTO	10	10	10	\$ 18.000	\$ 27.692	\$ 9.692	35%	\$ 96.923	\$ 96.923	\$ 96.923
VIGUETAS	80	80	80	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000
LOSETAS	120	120	120	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 3.000	30%	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000
TOTAL	462	530	400	\$ 723.000	\$ 1.193.004	\$ 470.004		\$ 7.804.799	\$ 12.171.465	\$ 4.640.132

Fuente: Elaboración propia

A partir de las cantidades del escenario uno que hacen referencia a la producción diaria se determinaron los cuatro (4) productos con mayor porcentaje de participación. Con base en estos se realizaron otras dos simulaciones en donde se incrementó y disminuyó las cantidades en cada producto con el fin de medir los costos generados en cada uno de ellos, así mismo la utilidad en cada

caso determinando cuál de los tres (3) escenarios tiene más rentabilidad. Para determinar un mayor porcentaje de confiabilidad vamos a analizar los costos y la utilidad favorable por medio del software Risk.

Análisis de escenarios

Tabla 30.

Resultados de utilidades

Producto	Probabilidad	Ocurrencia	Min	Normal	Max	Costo unitario	Pv Unitario	Escenario simulado	Costos	Ventas	Utilidad
Bordillo	73%	-5,37778704	20	50	80	\$ 20.000	\$ 33.333	48	\$ 968.452	\$ 1.614.071	\$ 645.619
Caja de inspeccion	62%	35,5287642	10	30	50	\$ 35.000	\$ 58.333	30	\$ 1.055.679	\$ 1.759.455	\$ 703.776
Tuberia concreto	71%	9,63702354	7	12	20	\$ 380.000	\$ 633.333	10	\$ 3.926.732	\$ 6.544.550	\$ 2.617.818
Poste concreto	65%	14,64086	8	15	25	\$ 221.000	\$ 368.333	14	\$ 3.074.240	\$ 5.123.729	\$ 2.049.489
Sardinel	64%	34,0706853	35	35	35	\$ 12.000	\$ 17.143	35	\$ 420.000	\$ 600.005	\$ 180.005
Adoquin	72%	97,433237	100	100	100	\$ 5.000	\$ 7.143	100	\$ 500.000	\$ 714.300	\$ 214.300
Rejillas	75%	9,45840458	10	10	10	\$ 18.000	\$ 27.692	10	\$ 180.000	\$ 276.920	\$ 96.920
Tapas de acueducto	68%	9,05018779	10	10	10	\$ 18.000	\$ 27.692	10	\$ 180.000	\$ 276.920	\$ 96.920
Vigueta de anclaje	64%	84,0644051	80	80	80	\$ 7.000	\$ 10.000	80	\$ 560.000	\$ 800.000	\$ 240.000
Loseta	63%	125,695692	120	120	120	\$ 7.000	\$ 10.000	120	\$ 840.000	\$ 1.200.000	\$ 360.000
			400	462	530	\$ 723.000	\$ 1.193.002	Utilidad total	\$ 11.705.104	\$ 18.909.950	\$ 7.204.846

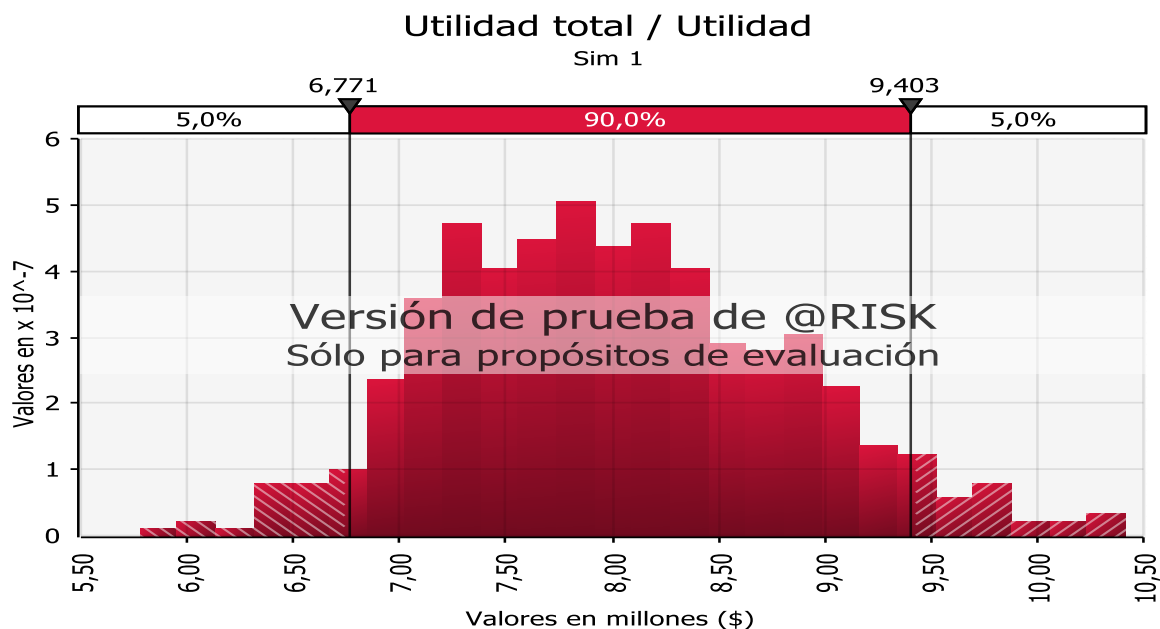
Fuente: Risk Simulator

Una vez realizada la simulación en el software Risk, el cual nos enfocamos en el modelo de Montecarlo para la creación de escenarios y un oportuno análisis de toda la información mostrada anteriormente, esto permite identificar el comportamiento de los costos e ingresos para gestionar de manera eficiente la utilidad que mejor represente beneficio a la empresa. El programa genera un número más acertado en la cantidad y fabricación de cada uno de los productos teniendo en cuenta el rango mínimo, normal y máximo estableciendo una cantidad de 457 productos que es el número que sería propuesto contando con un mayor porcentaje de exactitud siendo el más conveniente para la producción a partir de los productos con mayor relevancia en donde se obtiene un costo total de \$11'705.104 y unas ventas de \$18'909.950, finalmente generando una utilidad total de \$7'204.846 resaltando que este es uno de los resultados con mayor índice de confianza (IC) a través de las mil (1000) iteraciones que se realizaron en el software. A continuación, se determinan los rangos con mayor probabilidad de

ocurrencia y así mismo determinamos los costos que más se aproximan a generar a partir de la cantidad de producción.

Figura 30.

Utilidad total

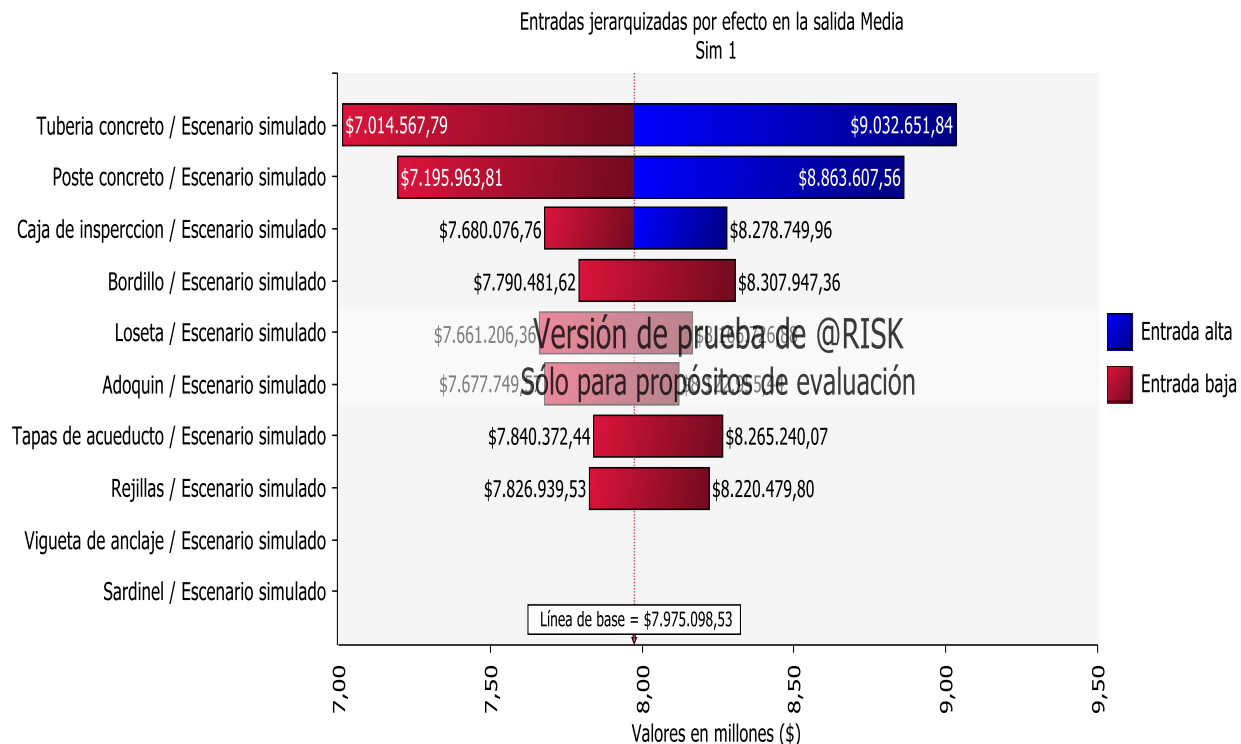


Fuente: Risk Simulator

Para obtener la figura anterior, realizamos 1000 iteraciones o las que se crea conveniente. Se dispone de tres (3) simulaciones para los escenarios y luego se inicia con la ejecución determinando nuestro índice de confianza, el cual obtuvimos como resultado un IC de 90%. En nuestro caso oscila el número de utilidades más cercanos a la realidad, teniendo en cuenta el margen de error que se puede presentar por diversos factores que alteren los costos y ganancias. Por tanto, el rango que arrojo el programa está entre \$6'770.612 y \$9'403.322 que son los valores con mayor índice de frecuencia. La media registra un promedio de \$8'004.871 y a su vez la desviación estándar muestra un valor de \$791.653.

Figura 31.

Costos de productos



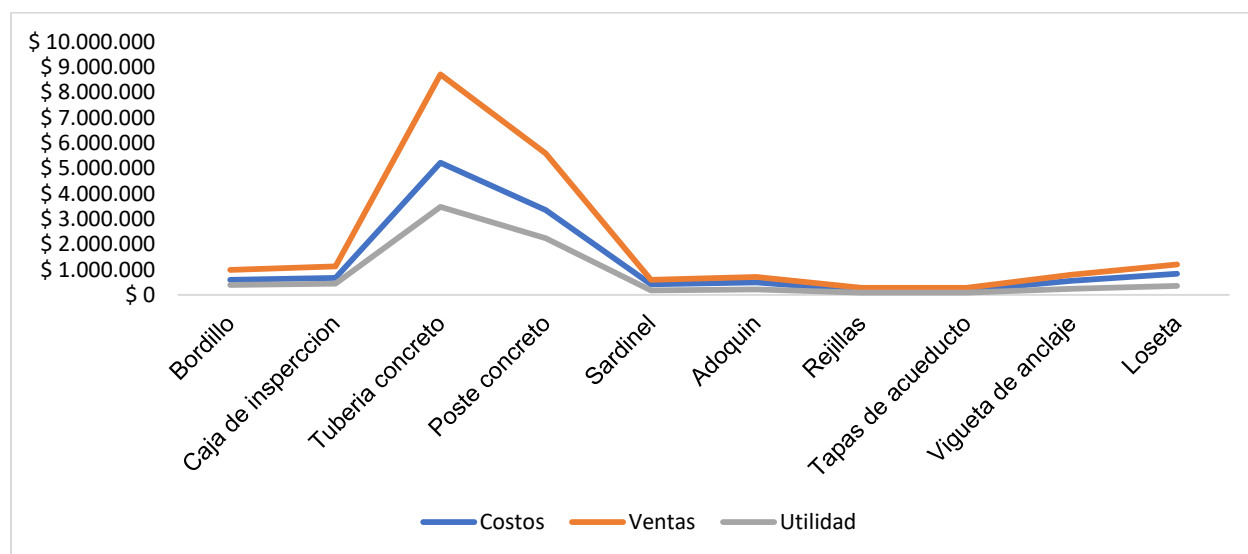
Fuente: Risk Simulator

De acuerdo a la anterior gráfica, determinamos las entradas altas y bajas respecto a cada uno de los productos, es decir la producción con mayor optimismo generando la utilidad más alta y de igual forma la producción pesimista que puede presentar la utilidad más baja. Con base en los resultados, los productos que manejan un mayor índice en la producción y que la empresa debe enfocarse son: tubería en concreto, postes en concreto y cajas de inspección. Por el contrario, los productos que podrían presentar una entrada menos significativa se encuentran

bordillo, losetas, adoquín, tapas de acueducto, rejillas, viguetas de anclaje y sardinel. De igual forma, estos productos siguen representando una base importante para la producción de la organización.

Figura 32.

Índice probabilidad de utilidad en los productos



Fuente: Risk Simulator

Tabla 31.

Resumen relación utilidades de escenarios

Escenarios	Producción	Cantidad producida	Costos de fabricación + Costos fijos	Utilidad	Utilidad neta
1	Normal	462	\$814.017 + \$575.000 = \$1'389.017	\$ 7'804.799	\$ 6'415.782
2	Alta	530	\$1'095.000 + \$575.000 = \$1'670.000	\$ 12'171.465	\$ 10'501.465

3	Baja	400	\$635.000 + \$575.000	\$ 4'640.132	\$ 3'430.132
			= \$1'210.000		

Fuente: Elaboración propia

El escenario dos (2) es el que representa mayor utilidad respecto a los demás escenarios simulados debido a que en el momento de identificar los productos con mayor relevancia e incrementar su producción. Además de disminuir los precios en la elaboración de bienes de menor relevancia, administrando de manera eficiente los valores que se disponen para los materiales, el tiempo de fabricación, uso adecuado de maquinaria y personal, esto representa una utilidad de \$ 10'501.465 con costos variables de \$1'670.000 y una cantidad producida de 530 productos.

Por otro lado, el programa Risk nos muestra la cantidad más viable y eficiente que equivalen a 457 productos, estableciendo un costo total de \$11'705.104, ventas de \$18'909.950 generando una utilidad total de \$7'204.846. Finalmente, este último escenario representaría un mayor porcentaje de exactitud.

Conclusiones

Para el análisis interno se elaboró un pronóstico del estado real de la compañía, donde se tuvo en cuenta actividades principales como distribución en planta, maquinaria y equipos para cada proceso con su respectiva descripción, adicionalmente se elaboró un análisis de cada uno de los cargos existentes, además la caracterización de los procesos al interior de la organización, esto con el fin de conocerla más a fondo. Es así como, por medio de la investigación de software que faciliten la simulación de procesos que garanticen un desempeño muy cercano a la realidad. Se destacó ProModel, el cual fue seleccionado para nuestro proyecto, siendo un programa con un alto rango de variables que pueden ser tenidas en cuenta, incluyendo un sistema estadístico o statfit para el seguimiento de tiempos y movientes dentro el proceso, simulación explícita en áreas de trabajo, maquinaria, equipos y personal encargado, además este software logra tener en cuenta el costo presupuestal en cada área. Teniendo como referencia dichas opciones de trabajo, decidimos realizar un estimado de siete (7) escenarios en donde nos enfocamos en tres escenarios principalmente que reflejan de una manera más cercana la realidad estudiada, arrojando resultados como tiempos de operación, tiempos en el sistema y variabilidad de costos que se podrían adaptar para la reducción y mejora en la producción. Así mismo, a través de la simulación nos permite identificar el estado actual del proceso por medio de la verificación, la implicación que tiene respecto a los costos y al simular los escenarios planteados en cuanto a la problemática en el que se muestra una mejora en la reducción de costos. Al mismo tiempo, a partir de la observación y de la recolección de datos obtenidos por parte de la organización logramos identificar, comprobar y diseñar los tiempos estipulados, ciclos de producción, maquinaria disponible, cantidad de personal que maneja actualmente la empresa de esa manera extraer los datos necesarios para diseñar el modelo actual y todos los modelos que situamos para

el estudio, enfocándonos en los que planteamos con la ayuda de herramientas de calidad, flujos de proceso, entre otros. En efecto, la consolidación de los cambios que se ejecutaron en la elaboración de postes en concreto en la compañía Prefabricados del Sol se efectúa mediante estudios fundamentados en herramientas propias de la Ingeniería Industrial.

Recomendaciones

Se sugiere optimizar el proceso en general, el cual se propone que la primera propuesta a ejecutar sea la nueva distribución en planta, de tal manera que se priorice la reducción de tiempo total en la producción de los productos. Así mismo se recomienda realizar el seguimiento a las mejoras, de manera que asegure la continuidad en el tiempo de ejecución en cada uno de los procesos que conforman la planta de Prefabricados del Sol. Para ello es muy importante y se recomienda involucrar al personal operativo en la toma de decisiones siendo parte fundamental y establecer las líneas de comunicación existentes con la gerencia y área administrativa. De otra parte, se recomienda organizar el área de almacenamiento de materias primas para mejorar, de manera tal que los tiempos y alistamiento de los productos terminados sean los más óptimos y se ajusten a los escenarios planteados. En efecto, implementar las mejoras dentro de la producción especialmente en los procesos de moldeo, prensado, soldadura y secado. Después de verificar el tipo de problemática, se implementó el software ProModel, el cual es el más eficiente logrando establecer unas mejoras en el proceso a través de la realización de los escenarios. De igual manera, actualizar el portafolio de las líneas de productos de la empresa, el cual contenga información detallada que le permita al cliente conocer los productos con más especificaciones, identificando nuevas alternativas y tomando la decisión adecuada de acuerdo a sus necesidades. De este modo se debe tener en cuenta el modelo de simulación, como alternativa de mejora en los procesos de fabricación de los productos con el fin de coordinar y controlar que conlleva a la mejora continua y calidad en la producción. Estos costos pueden ser útiles para el control de los mismos, tomando decisiones que sean satisfactorios y beneficiosos. Esta información se concentra en las áreas potenciales para reducir costos.

Lista de referencias

- Aguirre, M. (2015). Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares de la empresa Mincotrall S.R.L. [Tesis Titulación de grado en Ingeniera de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Anderson, H. (2007). Conceptos básicos de contabilidad de costos. Madrid: Continental S.A.
- Aracil, J. (2008). Introducción a la dinámica de sistemas. Alianza Editorial. Madrid.
- Barfield, J. (2005). Contabilidad de costos. Tradiciones e innovaciones. México: Thomson Editores.
- Bolaños, O. (2014). Importancia de la simulación en la mejora de procesos. [Tesis Titulación de grado en Ingeniera Industrial, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Chase, R. (2005). Administración de la producción y operaciones. México: Editorial McGraw Hill.
- Córdoba, L; Méndez A. (2015). Proyecto Modelación y Simulación.
https://www.academia.edu/9416618/Proyecto_Modelacion_y_Simulacion.
- Coss Bu, R. (2011). Simulación: Un enfoque practico. Editorial Limusa.
- Edwards (2009), Calidad productividad y competitividad: La salida de la crisis, edita Díaz Santos S.A, Madrid.
- Fernández, B. (2017). Plan de mejoras, basado en gestión por procesos, para incrementar la productividad en la empresa distribuciones A&B. [Tesis Titulación de grado en Ingeniera Industrial, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú].

- Hansen, M. (2014). Administración de costos: contabilidad y control. México: International Thomson Editores.
- Horngrén, C. (2007). Contabilidad de costos: un enfoque gerencial. México: Pearson Education.
- Mariño, N (2018). Simulación de eventos discretos. Algunas recomendaciones para usarla efectivamente. <https://zonalogistica.com/simulacion-de-eventos-discretos-algunas-recomendaciones-para-usarla-efectivamente/>.
- Muther, R. (2001). Distribución en planta, segunda edición, editorial hispano Europea, Barcelona, España.
- Niebel, B; Freivalds A. (2001). Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo, duodécima edición, México.
- Peurifoy, Roberto L. (1983). Estimación de costos de construcción” 2ª edición México LIMUSA.
- Pinos, E (2016). Implementación de una fábrica de postes de hormigón armado basada en la creación de valores. [Tesis Magister en Administración de Empresas con Mención en Finanzas, Universidad de Cuenca de Ecuador].
- Puche, Carpena, A; Gómez, J; López, R. (2005). Guía para la simulación de procesos industriales.
- Quinteta (2011), Estudio preventivo de elementos prefabricados en la edificación, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Ramírez, C; García, M; Pantoja C. (2010). Fundamentos y técnicas de costos (págs. 237-245). http://www.unilibre.edu.co/cartagena/pdf/investigacion/libros/ceac/FUNDAMENTOS_Y_TE_CNICAS%20DE%20COSTO.pdf.

Rayburn, G. (1999). Contabilidad y administración de costos. México: McGraw-Hill Editores.

Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. (6 de febrero de 2012). Obtenido de:

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20587/1/Simulacion_de_un_proceso_industrial_mediante_FlexSim.pdf.

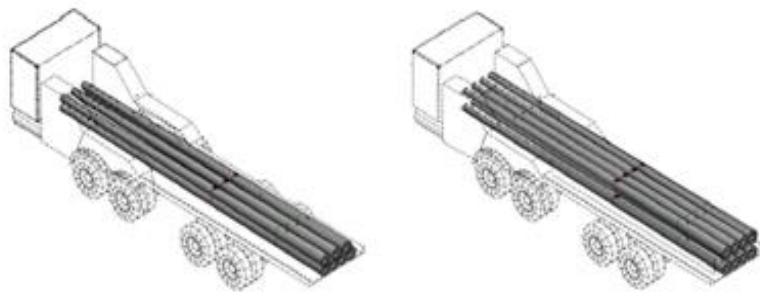
Szulanski, F.; Rodríguez, P. (2001), "Utilizando la simulación para mejorar la efectividad del Tablero de Comando" <http://www.5campus.com/lección/simulatablero>.

Taha, H. (2004). Investigación de operaciones. Editorial Pearson educación, México, p. 8.

Anexos

Anexo 1.

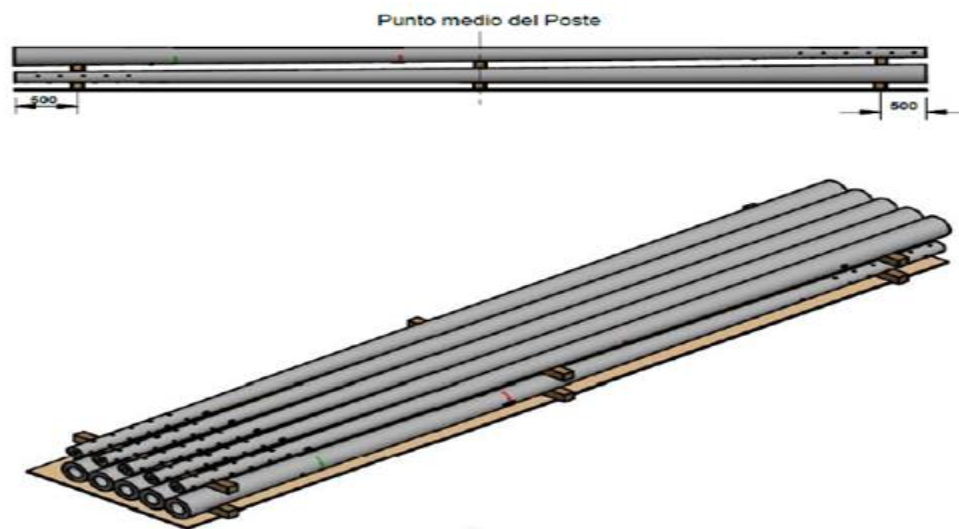
Formas de colocación de postes en el vehículo de transporte



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.

Disposición de cuartones para postes de 8m



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.*Complemento de escenarios*

Escenarios	Tipo de variable	Iteraciones	Resultados
4	Aumento de producción para todos los productos	5	No favorable
5	Disminución de producción para todos los productos	5	Tiempos prolongados y costos elevados
6	Incremento en área de centrifugado	5	Costos elevados, por tanto, no son satisfactorios
7	Producción diaria de un solo producto	5	No favorable

Fuente: Elaboración propia


Anexo 4.*Carga mínima de rotura*

Carga mínima de rotura
5 001,5 N
7 355,1 N
1 0297,1 N
1 3239,2 N

Fuente: Norma técnica colombiana - NTC 1329

Anexo 5.

Inspección para aceptación de postes

 PREFABRICADOS DEL SOL																																												
CUADRO 1. INSPECCION PARA ACEPTACION DE POSTES																																												
Proyecto:			Tipo:																																									
Fabricante:			Altura:																																									
Lugar de fabricación:			Número de postes a recibirse:																																									
Número de postes del lote:			Fecha:																																									
Lote y serie:			Fiscalizador:																																									
CARACTERISTICAS DE FABRICACION																																												
Materiales	CEMENTO	ARENA	RIPIO	AGUA	ADITIVO	DOSIFICACION																																						
Diseño	kg	kg	kg	l	cm ³																																							
Al peso/m ³																																												
Procedencia																																												
Límite de fluencia del hierro: $f_y =$ kg/cm ²																																												
Tipo de aditivo																																												
SISTEMA DE FABRICACION																																												
Clasificación	EQUIPO			PROCESO		CONTROL DE PRODUCCION																																						
	CONCRETERA	VIBRADOR	FORMALETA	VACIADO	SOLDADURA	INSTALACION PERSONAL																																						
CARACTERISTICAS FISICAS																																												
Dimensión	Tipo	LONGIT. TOTAL (m)	SECCION EN LA BASE (m)		SECCION EN LA PUNTA (m)																																							
De diseño																																												
En fábrica																																												
Diferencia																																												
Tolerancia		$\pm 1^{\circ}/o$ M _{áx.} = 10 cm	$\pm 5^{\circ}/o$ M _{áx.} = +2 cm M _{ín.} = -0,5 cm		$\pm 5^{\circ}/o$ M _{áx.} = +2 cm M _{ín.} = -0,5 cm																																							
CURVATURA LONGITUDINAL LIMITE $\Rightarrow 0,5^{\circ}/o$ DE LONGITUD TOTAL CARA "A" CARA "B"																																												
DIMENSIONES ENTRE EJES DE PERFORACIONES																																												
Perforación no.	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td> </tr> </table>																						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22																							
Dimensión																																												
CARA "A"																																												
Diseño																																												
Fábrica																																												
Diferencia																																												
Tolerancia $\pm 5^{\circ}/o$																																												
Perforación no.	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;">1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td> </tr> </table>																						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22																							
Dimensión																																												
CARA "B"																																												
Diseño																																												
Fábrica																																												
Diferencia																																												
Tolerancia $\pm 5^{\circ}/o$																																												
NOTAS:																																												

Fuente: Prefabricados del Sol

Anexo 6.

Formato recepción de postes en concreto

**FORMULARIO
RECEPCIÓN DE POSTES DE CONCRETO**

Fecha _____ Hoja _____ de _____

Tipo de poste: Longitud: _____ Carga: _____ N Tipo de fabricación: Vibrado _____ Pretensado _____ Centrifugado _____

Fabricante _____ Período de fabricación _____ a _____

Contrato No. _____ Pedido No. _____ Entrega No. _____

Tamaño del lote _____ No. muestras requeridas: Aspecto Visual _____ Flexión _____ Rotura _____

Aceptación _____

Rechazo _____

Defecto	Especificación	Cumplimientos					Defecto	Observaciones
Visuales Formación grietas y ranuras	Pequeñas en exceso - Rechazo						Mayor	
Dstrucción secciones cima y base	No aceptable - Rechazo						Crítico	
Resanes por defectos de vaciado	No aceptable - Rechazo						Crítico	
Hormigueros y burbujas	No aceptable en cantidad apreciable						Mayor	
Estructura metálica a la vista	No aceptable - Rechazo						Crítico	
Armadura visible en perforaciones	No aceptable - Rechazo						Crítico	

Fuente: Norma técnica colombiana - NTC 1329

Anexo 7.*Características técnicas***FORMULARIO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Fabricante _____ Proveedor _____

Normas técnicas de diseño y tipo de fabricación _____

Características	Tipo de poste				
Longitud total (m)					
Diámetro en la cima (cm)					
Diámetro en la base (cm)					
Peso total (N)					
Volumen de concreto (m ³)					
Peso refuerzo longitudinal (N)					
Diámetro del refuerzo principal (mm)					
Peso espiral (N)					
Peso aros de armado (N)					
Tamaño máximo gravilla (cm)					
Resistencia mínima concreto f_c (MPa)					
Límites fluencia mínimo acero f_y (MPa)					
Tipo de acero para ref. longitudinal					
Tipo de acero espirales o aros					
Carga mínima de rotura (N)					

Fuente: Norma técnica colombiana - NTC 1329