

## INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

### 1.- DATOS GENERALES:

Apellido y Nombres: D´Andrea Juan Franco	Apellido y Nombres del Director: Medina Galván Marcelo E.
DNI 39.698.186	DNI: 25.922.471
Tema: "Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de materiales para la construcción"	
Opción de Práctica Profesional: Trabajo de Aplicación de conceptos y técnicas de administración en situación laboral o ambiente real.	
Lugar de Trabajo: Cerámica Marcos Paz S.R.L	

### 2.- INFORME FINAL DE SU TRABAJO DE PRACTICA PROFESIONAL

Se presentó el plan de trabajo a mediados de agosto, con la situación problemática, los objetivos, la metodología y el marco teórico que sustentó luego el trabajo de campo. A partir de entonces, comencé una intensa lectura de bibliografía para comprender la herramienta Dinámica de Sistemas, la cual se extendió a lo largo de toda la realización de la PP. Fueron llevadas a cabo entrevistas y observación in situ para comprender el ambiente y los procesos de la empresa. A partir de éstas, se procedió a bosquejar los flujogramas de los procesos de producción y comercialización, junto con las principales variables implicadas. Luego, el siguiente paso fue la elaboración del diagrama causal para representar las relaciones de esas variables junto con el signo de las mismas. Posteriormente, se avanzó con el diagrama de Forrester, para el cual fue necesario distinguir entre variables de flujo, de estado y auxiliares. Todos estos pasos fueron iterativos, es decir a medida que se procedía en cada uno, surgían correcciones o nuevas interpretaciones que requerían volver a pasos anteriores para efectuar cambios. Siempre con el apoyo de la bibliografía y otros trabajos de dinámica de sistemas. Una vez que conté con el modelo, comencé a recolectar datos de la empresa y a analizarlos a fin de poder comenzar a armar las ecuaciones y los parámetros que se incluyeron en el modelo. Fue necesario llevar a cabo una evaluación del modelo con estos datos, para probar por última vez que sea válido para representar el sistema real de la empresa. Habiéndolo hecho, se decidió efectuar el análisis para dos escenarios distintos y compararlos con lo que se considera la situación más "normal" de la fábrica. Así se probó un escenario "pesimista" y otro "optimista". Por último, se efectuó una conclusión en donde se intenta explicar el poder que tiene la herramienta para analizar casi cualquier tipo de sistema que se desee representar, junto con los resultados del propio modelo para la empresa. Además, se agregaron recomendaciones a tener en cuenta para una segunda instancia del trabajo.

Se realizaron exposiciones en dos oportunidades, la primera en una reunión de avance de la PP en la propia Facultad de Ciencias Económicas de la UNT y la segunda en el marco de la muestra académica de fin del período lectivo 2019.

## INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

### 3.- CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE TRABAJO ORIGINAL:

100%	75%	50%	25%	menos del 25%
X				

Justifique en caso de que el cumplimiento del plan de trabajo sea menor de 100%

Adjunte el Plan de Trabajo presentado

Adjunte los informes parciales presentados, firmados por el Director

### 4.- DIVULGACIÓN

Reunión de Discusión del Instituto de Administración - Avances de la Práctica Profesional. Fecha: 18 de septiembre de 2019.

VI Muestra Académica “Jornadas de Investigación” organizada por el Instituto de Administración de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNT. Fecha: 13 y 14 de noviembre de 2019. Lugar: San Miguel de Tucumán.

### 5.- CURSOS Y/O ESTADÍAS DE CAPACITACIÓN:

N/A

### 6.- REALICE UN BALANCE DE SU EXPERIENCIA EN LA PRACTICA PROFESIONAL:

Aprovecho este espacio para expresar mi enorme apoyo para la práctica profesional dentro del plan de estudios de la Licenciatura en Administración. Me encuentro muy orgulloso de no sólo el resultado de estos meses de trabajo, sino también del tan enriquecedor proceso que fue necesario para conseguir el mismo. Durante este tiempo pude poner en práctica años de aprendizaje que me dieron mi querida Facultad de Ciencias Económicas de la UNT. Considero que es fundamental que dentro del plan de carrera se den la elaboración de los trabajos de investigación propios de nuestra profesión, porque justamente como futuros Licenciados, tendremos la necesidad y el deber de estar constantemente investigando y analizando situaciones, datos, hechos, casos, personas, números y hasta sentimientos. Hecho que justifica la vitalidad de que, siendo estudiantes, ya comencemos a alimentar ese entusiasmo por la generación de conocimiento.

Quiero además expresar mi agradecimiento a mi tutor, profesor Lic. Marcelo E. Medina Galván por el apoyo y entusiasmo que me generó para poder realizar el trabajo. También a mis compañeros de facultad y de trabajo, a mi familia y amigos por todo el aporte que desde su lugar fueron capaces de darme. Muchas gracias.

<p><b>INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION</b></p>
---

**7.- DOCUMENTACIÓN PROBATORIA**

Adjunte toda la documentación probatoria

Firma del Estudiante\_\_\_\_\_

Fecha\_\_\_\_\_

Aclaración\_\_\_\_\_

Firma del Director\_\_\_\_\_

Fecha\_\_\_\_\_

Aclaración\_\_\_\_\_

## INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

### COMENTARIO DEL DIRECTOR SOBRE EL DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Durante el período de la Práctica Profesional el estudiante Juan Franco D'Andrea cumplió en forma excelente el tramo formativo de este espacio curricular.

Ha demostrado como competencias destacables el pensamiento analítico, la proactividad y el manejo de la incertidumbre.

Se destaca la amplia lectura de bibliografía sobre el tema Dinámica de Sistemas, ya que el mismo no se encuentra dictado formalmente en el currículum de la Licenciatura en Administración.

Ha participado en las reuniones de tutorías, en reuniones de discusión de avances de la Práctica Profesional y la Muestra Académica organizada en por el Instituto de Administración.

Como contribución a la Práctica Profesional, el trabajo elaborado por Franco representa un valioso aporte como aplicación de un modelo de simulación a la gestión de las pymes, permitiendo una mejor administración de la incertidumbre en este tipo de organizaciones.

El desempeño de Franco se considera excelente y altamente satisfactorio, representando un verdadero salto cualitativo en su formación como Licenciado en Administración.

Firma del Director \_\_\_\_\_

Aclaración \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Fecha

## 1° Informe de Avance PP

Nombre del trabajo: Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de bienes para la construcción.

Alumno: Juan Franco D'Andrea – DNI:39.698.186

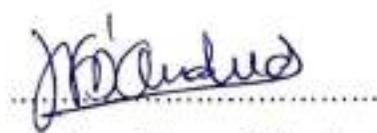
Tutor: Marcelo E. Medina Galván

### Actividades realizadas durante el primer mes:

- Presentación del Plan de Trabajo.
- Lectura de bibliografía sobre logística externa empresarial.
- Lectura de material respecto a la herramienta que se va a utilizar para el modelaje del trabajo.
- Se realizaron dos entrevistas con la Gerente de Ventas de la empresa, en donde nos comentó problemas y dificultades que tenía a la hora de concretar ventas con los clientes así también como del proceso que lleva a cabo para hacerlo.
- Se llevó a cabo también una reunión con el gerente de producción para validar la información recopilada de entrevistas con operarios de la fábrica y de la observación in situ del proceso productivo.
- A partir de toda la información adquirida en estos pasos anteriores, se procedió a realizar los flujogramas respectivos para el proceso de producción y el de ventas, en este último relacionándolo con el primero.
- Una vez con el proceso entendido, se buscó las variables más relevantes que se encuentran a lo largo de éste. Para esto se utilizó la metodología de un libro explicativo para utilizar Dinámica de sistemas. El mismo se encuentra en la bibliografía del trabajo de campo.
- Una vez con las variables identificadas, comencé a ilustrar el diagrama causal, que es el primer bosquejo en el proceso de la implementación de Dinámica de Sistemas.
- Durante este primer mes tuve cuatro reuniones con mi tutor además de contacto por mensajes.
- Finalmente realicé la presentación del avance en la reunión de discusión de la PP realizada el miércoles 18/09.



.....  
Lic. Marcelo E. Medina Galván



.....  
Juan Franco D'Andrea

## 2° Informe de Avance PP

Nombre del trabajo: Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de bienes para la construcción.

Alumno: Juan Franco D´Andrea – DNI:39.698.186

Tutor: Marcelo E. Medina Galván

### Actividades realizadas durante el segundo mes:

- Investigación y lectura sobre los pasos a seguir para el armado del modelo. Sobre todo, acerca de los diagramas causales. Con esto, además comencé a construir el marco teórico del trabajo de campo.
- Con lo anterior, identifiqué mejoras a realizar en el diagrama causal que había logrado construir. Estas consistieron en agregar y reorganizar las variables para lograr representar los bucles de realimentación negativos que son propios del sistema de producción de la fábrica.
- Junto con la reorganización, comencé a identificar que variables del diagrama causal podrían ser de flujo y de stock en el diagrama de Forrester. Para esto, me encuentro leyendo sobre el proceso de armado de este último.
- Considero apropiado, en esta instancia, informar que durante este mes tuve la intención de llevar a cabo una entrevista más con el gerente de producción para entender mejor el proceso de planificación del programa de producción semanal. Pero me encontré con que el propio gerente es un gatekeeper en cuanto a la divulgación de la información.
- Identifiqué que variables presentan información en el sistema de la empresa y cuáles no. Para éstas últimas habrá todavía que analizar la manera en la que se va a recolectar dicha información.
- Finalmente, observé videos explicativos sobre el software VENSIM en la plataforma YouTube, a fin de entender cómo usarlo al momento de manipular el modelo.

.....  
Lic. Marcelo E. Medina Galván

.....  
Juan Franco D´Andrea

### **3° Informe de Avance PP**

Nombre del trabajo: Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de bienes para la construcción.

Alumno: Juan Franco D´Andrea – DNI:39.698.186

Tutor: Marcelo E. Medina Galván

#### Actividades realizadas durante el tercer mes:

- Se procedió a descargar el Software Vensim PLE, en donde se llevó a cabo la manipulación del modelo.
- Recolección y análisis de datos provistos por la empresa.
- Construcción del Diagrama de Forrester.
- Adicionalmente se ilustró de manera gráfica la información recolectada en entrevistas, para lo cual se optó por una nube de palabras para hacerlo.
- Para justificar el modelaje de un solo tipo de producto, preparé un análisis ABC de productos para encontrar cual era el de mayor importancia.
- Se evaluó el modelo con los datos reales para corroborar su validez.
- Manipulación final del modelo considerando tres posibles escenarios, uno pesimista, uno normal y uno optimista.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta en una segunda instancia del trabajo.
- Dos reuniones de tutoría y comunicaciones vía mail y Whatsapp.
- Exposición del trabajo en la muestra académica organizada por el Instituto de Administración de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNT. Los días 13 y 14 de noviembre de 2019.
- Y, por último, preparación del informe final de la Práctica Profesional.

.....  
Lic. Marcelo E. Medina Galván

.....  
Juan Franco D´Andrea

Cronograma de exposición de la Reunión de Discusión del Instituto de Administración - Avances de la Práctica Profesional.

## AULA 15

<b>Hora</b>	<b>Título del Trabajo</b>
18:30	<b>“Optimización del Proceso de Reclutamiento y Selección en Escencial Consultora”</b> Alumno: Amaya, María Belén Tutor: Grunauer, Erika
18:45	<b>“AUDITORÍA DE GESTIÓN PARA MR. CLEAN: EMPRESA DE SERVICIOS VARIOS PARA EL HOGAR QUE OPERA A TRAVÉS DE APLICACIÓN MÓVIL”</b> Alumno: Andrada Hillen, María Florencia Tutor: García, Javier Antonio
19:00	<b>“Elaboración de una matriz del conocimiento de los puestos de trabajo críticos en la fábrica Arcor – Planta Misky”</b> Alumno: Antúnez Chaud Marcelo Daniel Tutor: D' Arterio Humberto
19:15	<b>“Control de gestión aplicado a PYMES”</b> Alumna: Araoz Constanza Belén Tutor: Medina Galván, Marcelo Enrique
19:30	<b>“Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de bienes para la construcción.”</b> Alumno: D'Andrea, Juan Franco Tutor: Medina Galván, Marcelo E.
19:45	<b>“APLICACION DE LA AUDITORIA SME IA EN EMPRESA AGROINDUSTRIAL”</b> Alumno: Maranzana, María Agostina Tutor: Gor, Natalia
20:00	<b>“Reorganización del sistema administrativo de una empresa: Enfocado a los procesos, procedimientos y el control interno de las actividades”</b> Alumno: López del Río, Carlos Ezequiel Tutor: Medina Galván, Marcelo

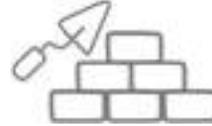
Cronograma de exposición de la VI Muestra Académica de Trabajos de Investigación de la Licenciatura en Administración.



inst\_adm\_face\_unt 3 min

## Práctica Profesional y Control de Gestión

Miercoles			
	Alumno o Grupo	Materia	
14:20	M&A	Control de Gestión	
14:40	Exequiel Bizone	PP	Aula 18
15:00	Teran nougues guadalupe	PP	Aula 18
15:20	Amaya belén	PP	Aula 18
15:40	Santiago Vega	PP	Aula 18
16:00	Luis Martinez	PP	Aula 18
16:20	Asfoura Hugo	PP	Aula 18
16:40	Lanzar Lourdes	PP	Aula 18
17:00	<b>D'Andrea Juan Franco</b>	PP	Aula 18
17:20	Estefania Herrera	PP	Aula 18
17:40	Dominguez Florencia	PP	Aula 18
18:00	Novillo, Agustín.	PP	Aula 18
18:20	Martin Gonçalves	PP	Aula 18
18:40	Guyot	PP	Aula 18
19:00	Marcelo Antunez	PP	Aula 18
19:20	Exequiel López Del Rio	PP	Aula 18
19:40	Melisa wierna	PP	Aula 18
20:00	Edith reyna	PP	Aula 18
20:20	Paula Saracho	PP	Aula 18
20:40	Pilar rodriguez del busto	PP	Aula 18
21:00	Avila Luciana	PP	Aula 18
21:20	Blue bell SA	Control de gestión	Aula 18



## PRÁCTICA PROFESIONAL 2019

“Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de materiales para la construcción”



### OBJETIVO GENERAL

Modelizar el sistema de producción y comercialización de la empresa mediante Dinámica de Sistemas para conocer las principales variables involucradas y la manera en la que se relacionan entre ellas



### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Flujograma

Variables - Diagrama causal

Diagrama de Forrester

Conclusiones

Recolección y análisis de datos



### METODOLOGÍA

Enfoque mixto

Lectura de bibliografía

Observación

Entrevistas

Análisis de datos

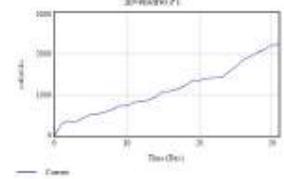
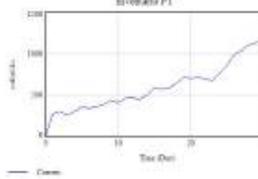
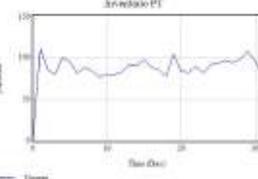
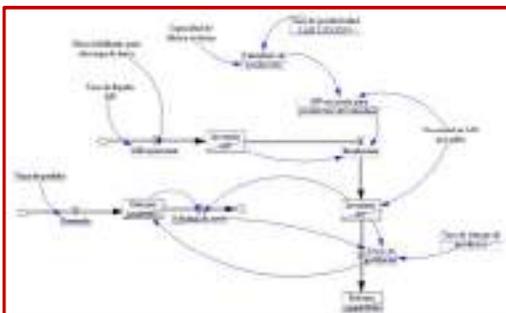
## ANÁLISIS Y RESULTADOS

### ESCENARIOS

“pesimista”

“normal”

“optimista”



### CONCLUSIONES



DS herramienta muy útil



Interpretar complejas estructuras



Permite a la gerencia evaluar cualquier escenario factible



Recomendaciones para 2° instancia



D<sup>o</sup> Andrea Juan Franco  
fdandrea96@gmail.com

Tutor: Marcelo E. Medina Galván

# PRÁCTICA PROFESIONAL

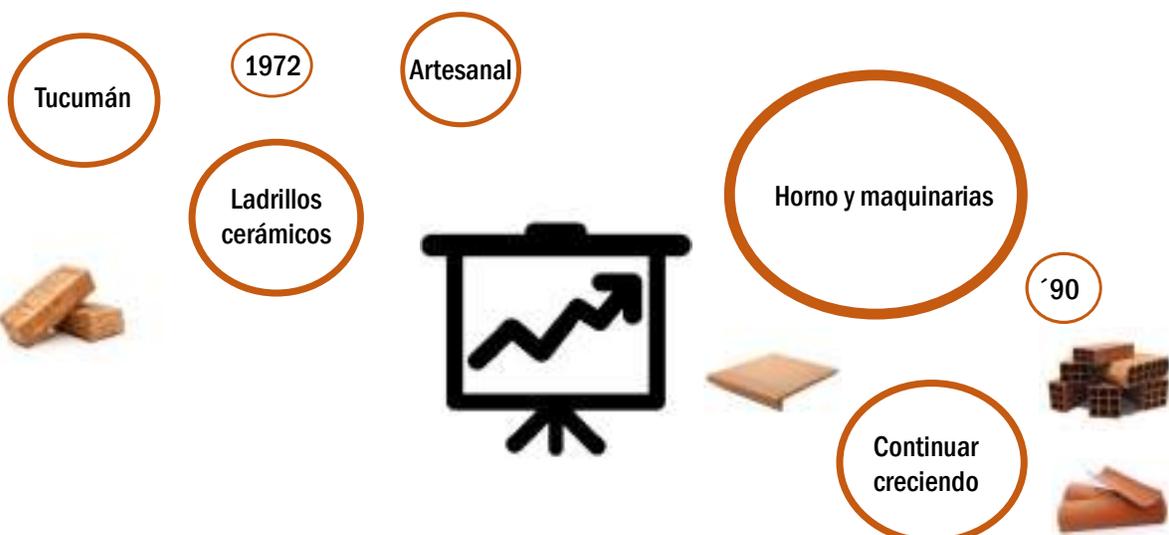
“Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de materiales para la construcción”



- ➔ D. Andrea Juan Franco
- ➔ fdandrea96@Gmail.com
- ➔ Tutor: Marcelo E. Medina Galván



## LA EMPRESA



## Problema

Falta de una política estricta para el análisis y la toma de decisiones respecto a producción y comercialización de productos.  
OPORTUNIDAD: Dinámica de Sistemas.

## Objetivos



### General

Modelizar el sistema de producción y comercialización de la empresa para conocer las principales variables involucradas y la manera en la que se relacionan entre ellas.



### Específicos



Flujograma

Lectura de bibliografía sobre Dinámica de Sistemas

Definir variables y desarrollar diagrama causal

Diagrama de Forrester

Recolección, análisis y elaboración de informe final con los datos de la empresa



## Metodología



Enfoque mixto

Estudio de caso



Lectura de bibliografía



Observación



Entrevistas



Análisis de datos y números proporcionados por la compañía



Elaboración de informe final



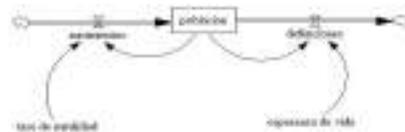
## La herramienta: Dinámica de Sistemas

- ➔ Causas estructurales
- ➔ Comportamiento del sistema
- ➔ Comprenderlos y tomar decisiones
- ➔ Modelos de simulación
- ➔ Relaciones entre las partes

### Diagrama causal

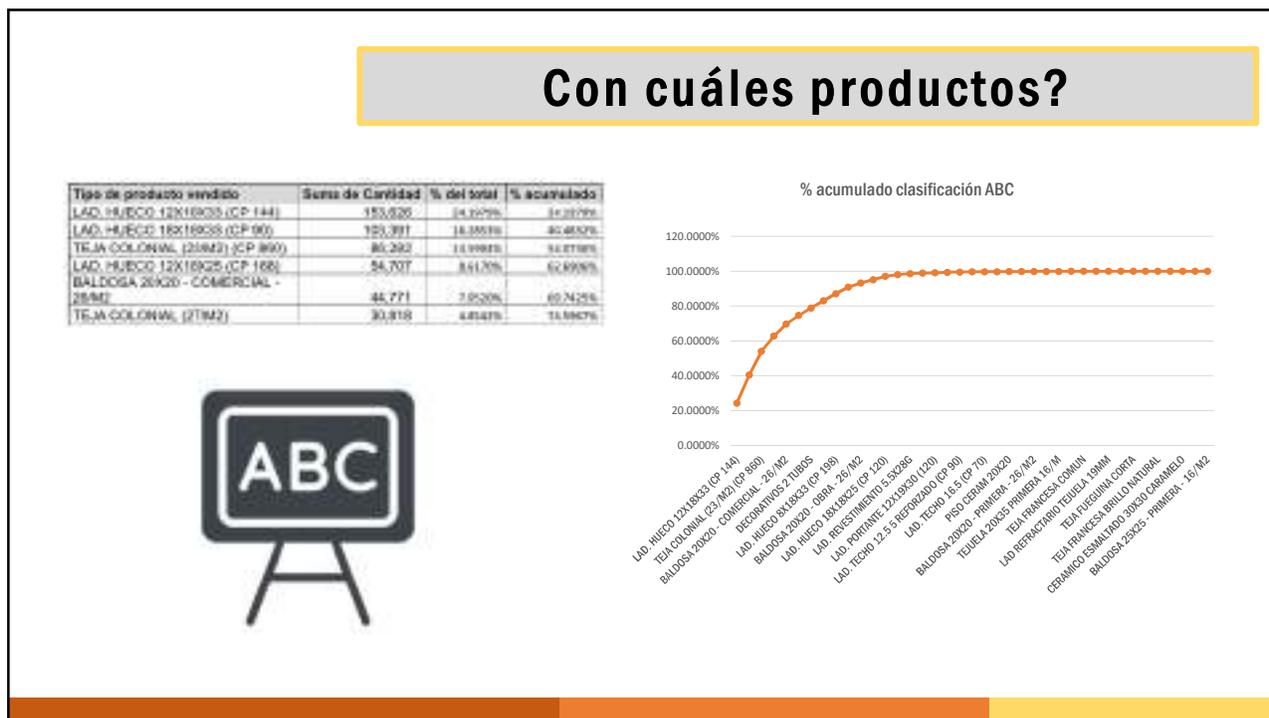
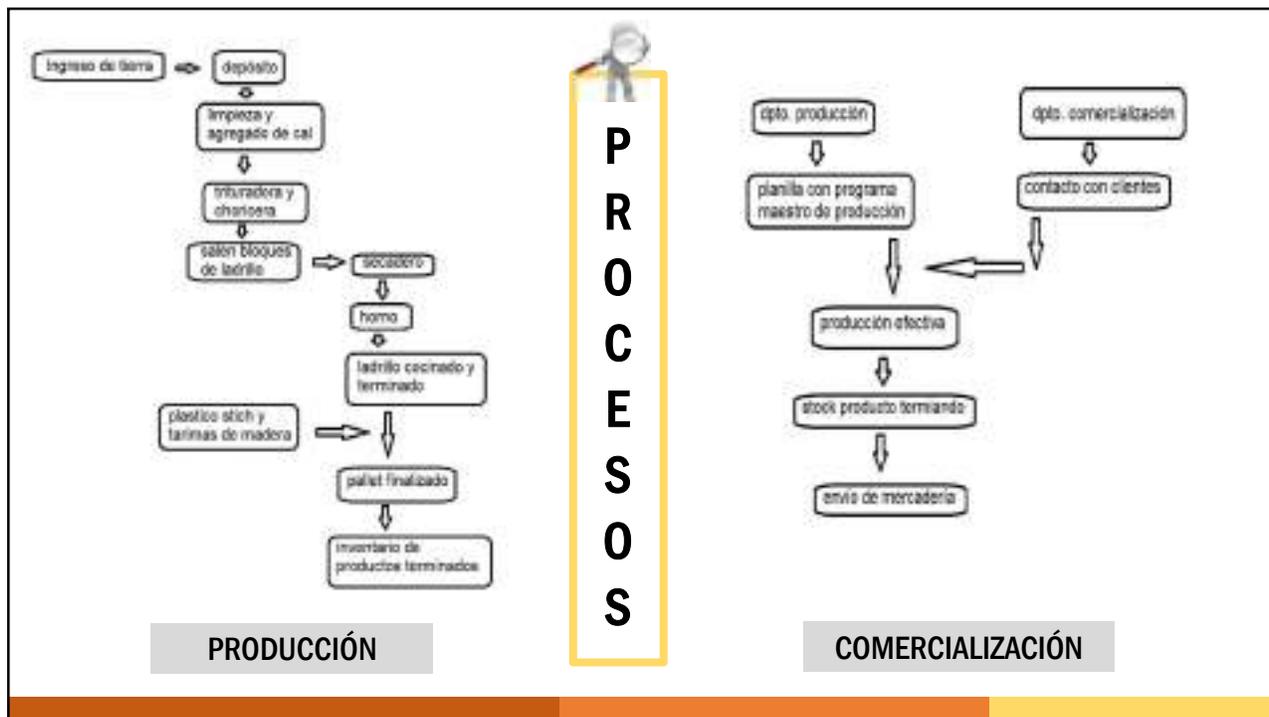


### Diagrama de Forrester

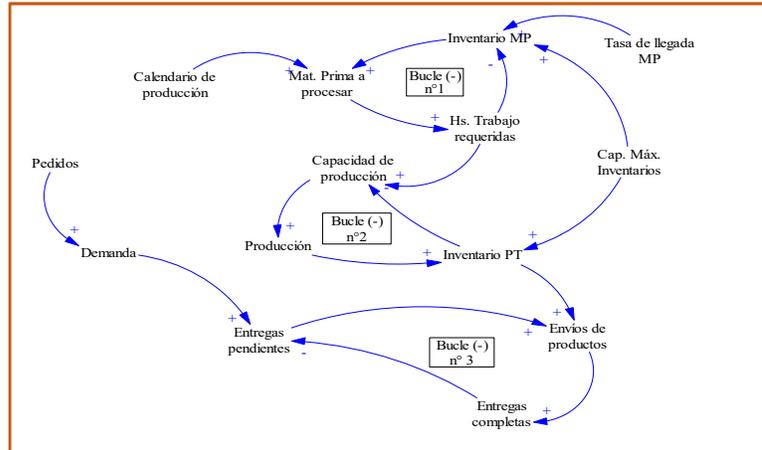
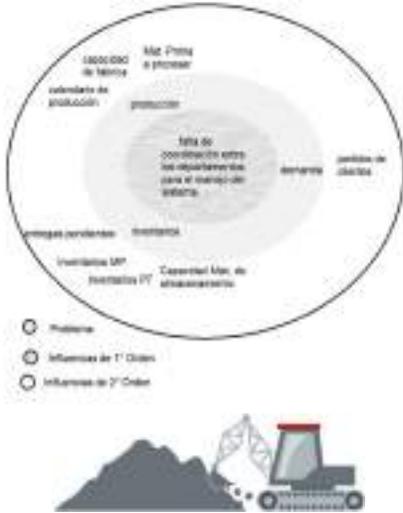


## Situación actual

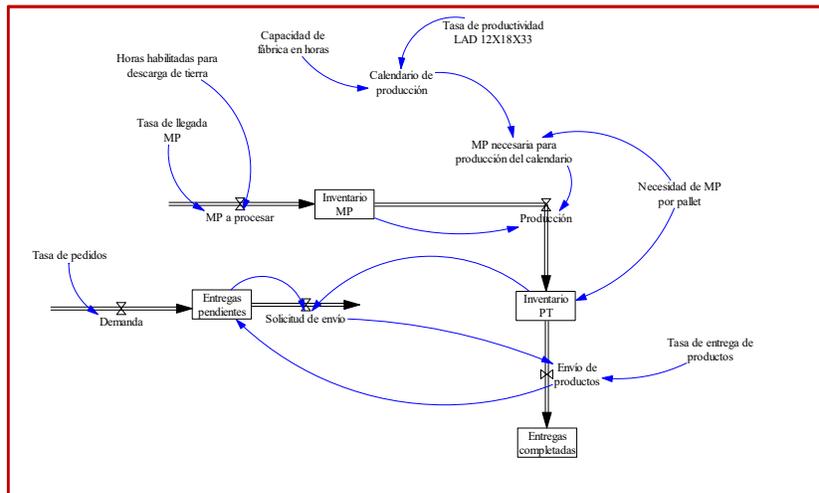




# Diagrama Causal



# Diagrama de Forrester

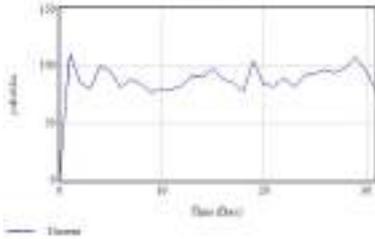




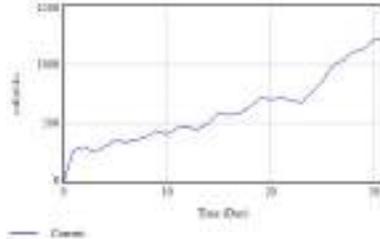
## Análisis de escenarios



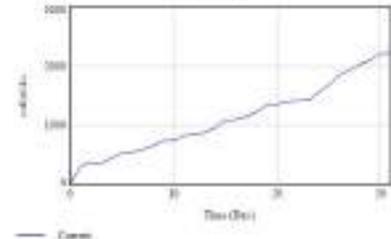
Inventario PT



Inventario PT



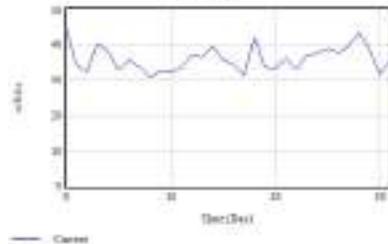
Inventario PT



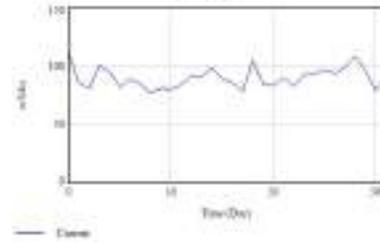
## Análisis de escenarios



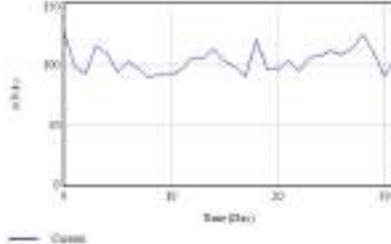
Producción



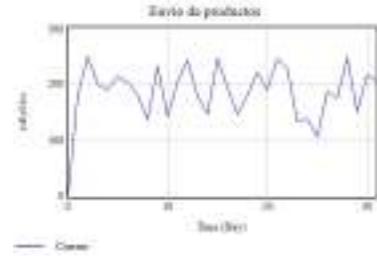
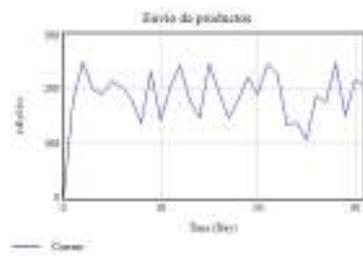
Producción



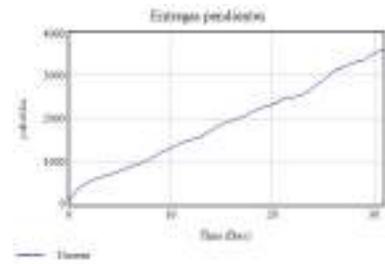
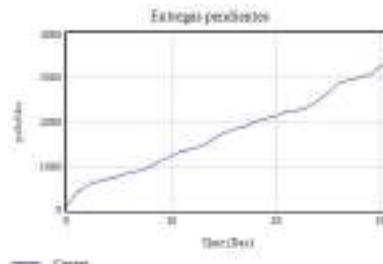
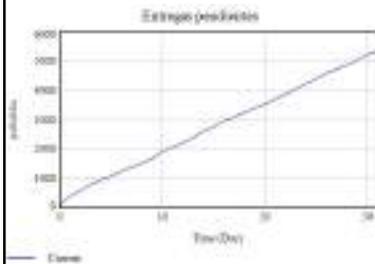
Producción



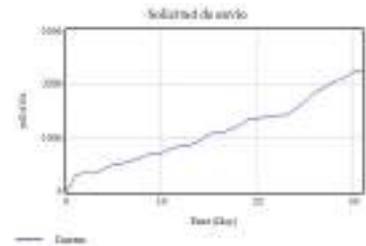
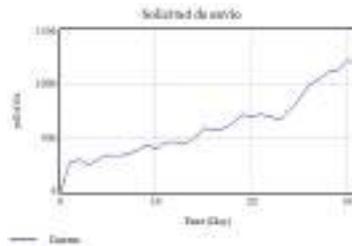
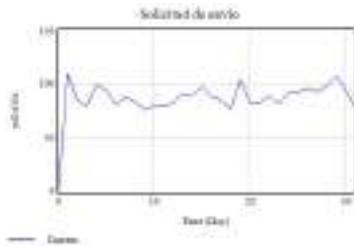
## Análisis de escenarios



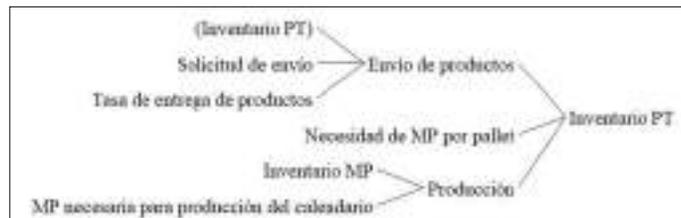
## Análisis de escenarios



## Análisis de escenarios



## Gráficos



## Conclusiones y recomendaciones

DS herramienta útil ✓

Permitió una visión integrada ✓

Representa de manera satisfactoria el funcionamiento ✓

Permite a la gerencia evaluar cualquier escenario factible ✓

Capacidad para hacer envíos limita los picos de actividad ✓



+ variables

+ productos

Desperdicios

Nivel general  
de actividad

% aceptación  
de pedidos

## Bibliografía



Aracil, J., & Gordillo, F. (1995). *Dinámica de sistemas* (pp. 10-12). Madrid: Isdefe.

Roberto Hernández Sampieri (2014) *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.

Render, Stair, Hanna. (2013) - *Métodos cuantitativos para los negocios*.  
*Undécima edición*. Editorial Prentice Hall.

García, J. M. (2017). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas: Dinámica de Sistemas con VENSIM PLE*. Juan Martín García.

Javier Aracil y Francisco Gordillo (1997). *Dinámica de sistemas*. Alianza editorial, S.A., Madrid.

**MUCHAS GRACIAS !**





# Plan de Trabajo

Investigación y modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de bienes para la construcción.

- Alumno: D'Andrea Juan Franco – DNI: 39.698.186
- Profesor titular: Lic. Marcelo E. Medina Galván
- Fecha: 2º cuatrimestre 2019

## **Índice**

Resumen.....	pág. 2
Introducción.....	Pág. 3
Problema.....	pág. 5
Objetivos	
• Generales.....	pág. 5
• Específicos.....	pág. 5
Marco Teórico.....	pág. 5
Marco metodológico.....	pág. 8
Cronograma.....	pág. 10
Justificación de las horas.....	pág. 10
Bibliografía.....	pág. 11

## **Resumen**

Las PyMES requieren apoyo y orientación para su desarrollo, ya que generalmente no poseen los conocimientos técnicos ni los recursos necesarios para alcanzar el nivel competitivo deseado, realizando la toma de decisiones empresariales de forma casi intuitiva.

El transporte de cargas constituye, sin dudas, un pilar fundamental en la dinámica industrial de cualquier sector económico. La distribución de los productos terminados para la gran mayoría de las industrias y empresas puede llegar a representar un 50% de los costos totales de logística de la misma.

Muchas decisiones pueden ser pertinentes a éste sector, como ser contar o no con flota de vehículos propios, tamaño de los envíos, cantidad de personas involucradas, la forma de asignar productos a los distintos clientes, etc.

Es necesario conocer y entender la manera en la que se desenvuelve el sistema de distribución de cada empresa en particular en un momento preciso, y a partir de esto proponer mejoras, a fin de encontrar el punto más eficiente. Para la empresa en cuestión la falta de una política estricta para el proceso conlleva a que se desconozca la manera en la cual se toman las decisiones y si estas son las más oportunas para maximizar la eficiencia.

Es por esto que el objetivo del presente trabajo es estudiar y modelizar el proceso de entrega de productos para comprenderlo y a partir de esto estudiar su eficacia y eficiencia. Esto es identificar cuáles son las variables que se involucran en la toma de decisiones de este sector y entender cómo se relacionan.

Se utilizará la Dinámica de Sistemas (DS) para modelizar el funcionamiento del proceso. Con ésta se alude a un método para el estudio del comportamiento de sistemas mediante la construcción de un modelo de simulación informática que ponga de manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su comportamiento.

La DS se basa en la utilización de dos tipos de diagramas, los Diagramas Causales y los Diagramas de Forrester, que tienen su origen en la Teoría General de Sistemas. El propósito de la DS no es realizar predicciones exactas del futuro de entornos que no podemos modificar, sino que el propósito es tomar decisiones que nos ayuden a modificar el presente y a solucionar un problema.

Dentro de la metodología, la misma tendrá un enfoque mixto comenzando con una investigación cualitativa para que, mediante una lógica inductiva, se llegue a conocer el ambiente y entender cómo funciona éste. Luego, se prevé tomar un enfoque cuantitativo, que mediante la lógica deductiva buscaré evaluar distintas decisiones y cómo estas vuelven el proceso de entrega de producto más o menos eficiente. Se utilizará el sistema informático Vensim, para llevar a cabo la manipulación del modelo. Finalmente

se llevará a cabo un informe final, con los resultados encontrados y explicando todo el análisis que se llevó a cabo durante la investigación.

### **Palabras clave:**

*Distribución de mercaderías - variables – relación - entendimiento - dinámica de sistemas*

## **Introducción**

Las PyMES requieren apoyo y orientación para su desarrollo, ya que generalmente son de origen familiar y no poseen los conocimientos técnicos ni los recursos necesarios para alcanzar el nivel competitivo deseado, realizando la toma de decisiones empresariales de forma casi intuitiva.

Las empresas operan en ambientes dinámicos que requieren reacciones rápidas frente a cambios en el entorno. Es posible utilizar herramientas como pronósticos o modelos matemáticos, informáticos y de simulación, para anticipar los posibles comportamientos de variables como ventas, producción, inventarios, entre otras, a un bajo costo y en poco tiempo.

El transporte de cargas constituye, sin dudas, un pilar fundamental en la dinámica industrial de cualquier sector económico. Se trata de una función logística que permite dinamizar el flujo de los productos, y en el cual se encuentran inmersos cerca del 45% al 50% de los costos logísticos totales de una compañía, lo que la convierte en un factor clave del éxito para la entrega oportuna de materia prima y productos terminados a los clientes finales de la cadena logística, y en un polo generador de valor para la organización.

El transporte de mercancías está sometido, o en su defecto debería estarlo, a una serie de normas y principios establecidos por la dirección de la empresa; o, en otras palabras, podríamos decir que la política de transporte está supeditada a la política general de la empresa.

Uno de los principales aspectos, a modo ejemplificador, está relacionado con la posesión o no de flota propia. En consecuencia, la flota de vehículos con la que podemos trabajar puede ser:

- Flota propia: (compra, alquiler, leasing, etc.)
- Flota ajena (servicio subcontratado)
- Flota mixta (ambos casos)

Entre las razones que se pueden encontrar para realizar el servicio de transporte con flota propia están menores costos; mantener el know-how de la distribución bajo nuestro control; mantener un nivel de calidad homogéneo y

aceptable; no perder el contacto con el cliente final y mantener una imagen de empresa con publicidad en vehículos.

Por otra parte, los principales argumentos para tener el servicio de transporte en manos de terceros se basan en, evitar gastos fijos e inversiones de capital (minimizar riesgos) y utilizar proveedores especializados, con un bajo coste debido a que aprovechamos las sinergias de otras rutas que nuestra empresa apenas trabaja.

Por último, la utilización de flota mixta fundamentalmente de basa en atender a picos de demanda sin incrementar recursos, o bien como consecuencia de rutas especiales que no cubrimos.

Decisiones como estas pueden, como se dijo, estar sujetas a las políticas de la empresa o simplemente basarse en experiencias y en intuición de las personas a cargo de las compañías.

Debido a la importancia de la distribución de mercaderías dentro de la entrega de valor al cliente, no puede dejarse de lado la planeación estratégica y la toma de decisiones fundamentadas en procesos verificables y medibles para ésta.

El proceso para decidir en base a información oportuna, debe comenzar con un entendimiento del sistema actual de una determinada compañía. Es decir cómo funciona actualmente, que variables lo afectan, cómo se relacionan dichas variables, porque funciona de tal manera, quienes son decisores en este, etc.

Diversas herramientas se encuentran para alcanzar dichos objetivos de entendimiento. Podemos mencionar en este caso a la Dinámica de Sistemas (DS) como una modelización eficaz cuyo objetivo es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema. Otra es la Programación Lineal, que busca encontrar la combinación correcta de las variables de decisión para cumplir con una función objetivo, que puede tener como fin ya sea maximizar beneficios o minimizar costos.

Decimos que debe comenzarse con esta comprensión de la situación actual, porque a partir de esta y sabiendo donde nos posicionamos en el presente, podremos proponer y llevar a cabo estudios para mejorar el proceso de toma de decisiones.

La empresa en donde se llevará a cabo la investigación se dedica a la producción y comercialización en el mercado mayorista de productos para la construcción, elaborados con arcilla. Posee tanto su fábrica como el centro de operaciones en la ciudad de San Miguel de Tucumán. Esta surgió como un emprendimiento familiar. Su fundador continúa en la dirección de la fábrica junto con sus tres hijos.

## **Problema**

Actualmente en la empresa falta una política estricta para el análisis y la toma de decisiones respecto a producción y comercialización de productos. En cambio, podemos observar que muchas decisiones se toman puramente por intuición. Desencadenando problemas y situaciones poco convenientes para la organización.

Por esto considero que el problema principal a estudiar en el presente trabajo es esa carencia de estructura y el desconocimiento de las variables, junto con sus respectivas relaciones, que intervienen en todo el sistema de entrega de productos de valor a los clientes.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Modelizar el sistema de producción y comercialización de empresa productora de bienes de arcilla destinados a la construcción, para conocer las principales variables involucradas y la manera en la que se relacionan entre ellas.

### **Objetivos específicos**

Estos serán:

- Construir un flujograma del proceso de entrega del producto.
- Estudiar la herramienta Dinámica de Sistemas.
- Definir las variables implicadas y con estas desarrollar el diagrama causal. Identificar los bucles de realimentación en caso que los haya.
- Construir el Diagrama de Forrester, diferenciando variables de stock y de flujo.
- Recolección y análisis de datos de la empresa.
- Elaboración de un informe final de los resultados de la investigación.

## **Marco teórico**

Con la DS se alude a un método para el estudio del comportamiento de sistemas mediante la construcción de un modelo de simulación informática que ponga de manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su comportamiento.

El término sistema posee varias acepciones en su uso ordinario. En ésta ocasión, un sistema es un objeto formado por un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es precisamente el sistema. Esta interacción coordina a las partes dotando al conjunto de una entidad propia. Las partes y la interacción entre ellas son los elementos básicos en esta concepción de sistema. Un sistema se percibe como algo que posee una entidad que lo distingue de su entorno, aunque mantiene interacción con él. Esta identidad permanece a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes.

Por tanto, un sistema es un cierto aspecto de la realidad al que podemos adscribir una descripción en la que básicamente se enuncien una serie de partes componentes y una forma de interacción entre ellas que suministre un vínculo que las organice en la unidad que es el sistema.

A estos sistemas aludimos corrientemente diciendo que forman parte del mundo externo o extralingüístico que nos afecta con sus solicitudes. Por otra parte, existen los sistemas formales, formados por objetos abstractos (símbolos y relaciones) que aportan los útiles con los que representar a esos sistemas concretos que forman nuestro entorno. El objeto de un constructor de un modelo de dinámica de sistemas será precisamente el producir esos objetos formales con los que representar sistemas del mundo real, de forma análoga a como un mapa representa un ámbito geográfico.

En la locución dinámica de sistemas, junto con el término sistema aparece el de dinámica. A un nivel superficial, el término dinámica lo empleamos por oposición al de estática, y queremos expresar con él el carácter cambiante de aquello que adjetivamos con ese término.

Otro concepto que conviene revisar es el de modelo. Como sucede con sistema, el término modelo se emplea con múltiples sentidos. De estos usos ordinarios el que a nosotros nos interesa, es al de modelo cuando nos referimos a una maqueta que pretende reproducir un determinado aspecto de la realidad (modelo como representación). El modelo es un objeto que representa a otro.

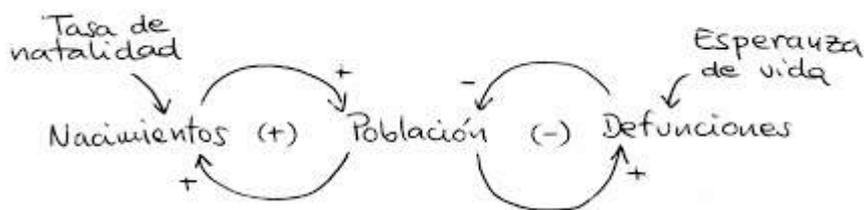
Con un modelo se pretende describir un cierto fenómeno o proceso. Por tanto, recogerá sólo aquellos aspectos que –en opinión de su constructor, y según su buen saber y entender- resulten relevantes. Presupone, por tanto, la adopción de un criterio de relevancia con respecto a aquello que se va a incluir en el modelo.

La dinámica de sistemas (DS) es una metodología definida que permite construir modelos de simulación de sistemas basada en el estudio de las relaciones que existen entre las partes del mismo, para comprenderlos y tomar decisiones en entornos complejos.

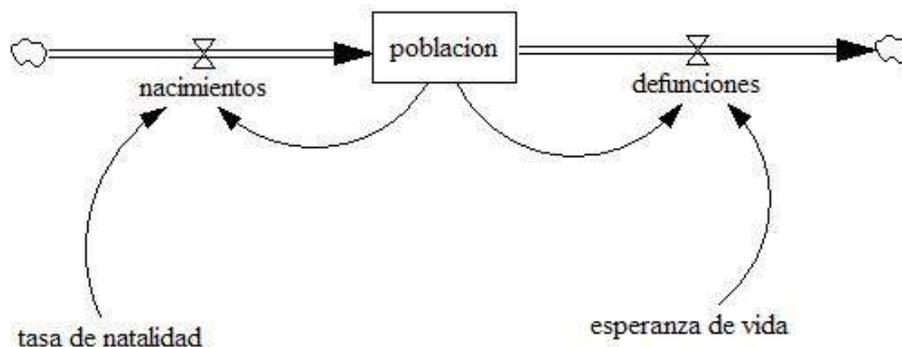
La DS se basa en la utilización de dos tipos de diagramas, los Diagramas Causales y los Diagramas de Forrester, que tienen su origen en la Teoría General de Sistemas. El propósito de la DS no es realizar predicciones exactas del futuro de entornos que no podemos modificar, como por ejemplo

los modelos de simulación meteorológica, sino que el propósito es tomar decisiones que nos ayuden a modificar el presente y a solucionar un problema; pudiendo detectar tendencias respecto al comportamiento del sistema en el tiempo.

Los Diagramas Causales se establecen de manera inicial, ya que busca mostrar a las variables implicadas junto con la relación existente entre cada una de estas variables. Esta relación puede ser positiva o negativa. Supongamos las variables "X" e "Y", si decimos que "X" se relaciona positivamente con "Y", entonces significa que si "X" aumenta, "Y" también lo hará. En cambio si la relación es negativa cuando "X" aumente, "Y" por su parte disminuirá. A continuación se muestra una representación.



Los Diagramas de Forrester o Diagrama de Flujo-Stock, utilizan la información proporcionada por los diagramas causales para identificar las variables de stock y las de flujo. Las primeras son aquellas que acumulan información, ya que son variables de estado, memoria o almacén y dependen del tiempo. Por ejemplo la población en un país en un momento dado. En cambio las variables de flujo representan la variación que se produce (positiva o negativa) en las variables de stock. En nuestro ejemplo serían los nacimientos y las defunciones. A continuación se muestra una representación.



La DS propone una aplicación que buscaría incrementar la potencialidad y permitir a los gerentes evaluar la estrategia antes de implementarla o una vez que ya está en marcha; identificando la estructura del sistema y pronosticando su comportamiento en el tiempo, es decir, estableciendo las relaciones entre las variables y estimando su evolución en el tiempo. Esto permitiría poder determinar aquellas variables que son claves para el cumplimiento de los objetivos y cuya variación afectan la performance de la empresa. La empresa

podría así “evaluar” su estrategia antes de implementarla, y analizar alternativas de mejora y corrección del rumbo organizacional.

La DS, situada en la misma área de conocimiento que la teoría general de sistemas, la automática y la cibernética, nació de la aplicación —realizada en la década de los 50 por Jay W. Forrester— de la teoría de los bucles de realimentación a un caso concreto de gestión industrial. Aplicada en 1970 al estudio del mundo como sistema dinámico (investigación que sirvió de base para el primer informe del Club de Roma), esta metodología, cuyo objetivo es construir modelos dinámicos de sistemas sociales basándose en la opinión de expertos y el uso de la simulación con computadores, es actualmente una herramienta que cubre un amplio campo de aplicaciones, desde la gestión de empresas hasta la construcción de modelos urbanos, regionales, sociológicos y ecológicos.

## **Marco metodológico**

Dentro de la metodología que sustentará la investigación, encontré propicio mencionar a Hernández Sampieri quien en su libro “Metodología de la Investigación” explica claramente los distintos tipos de enfoques para llevar a cabo una investigación así también como los pasos necesarios a seguir para que esta sea efectuada de manera correcta.

La misma tendrá un enfoque mixto, comenzando con una investigación cualitativa para que, mediante una lógica inductiva, se llegue a conocer el ambiente y entender cómo funciona éste.

Dentro de este enfoque se llevara a cabo lectura de bibliografía relacionada con el tema, así también como observación del proceso de decisión de entrega de productos hasta su efectiva carga y despacho. Adicionalmente se realizaran entrevistas con la mayor cantidad de actores posibles, que estén involucrados en el proceso.

Luego, se prevé tomar un enfoque cuantitativo, que mediante la lógica deductiva buscaré evaluar distintas decisiones históricas en base a los datos y números proporcionados por la compañía.

Para entender y modelizar este tipo de sistema, se utiliza DS para describir el comportamiento estructural de los fenómenos. La DS es una metodología de modelado, con características complementarias a la de los métodos cuantitativos y fundamentados en la estadística, donde los parámetros se derivan directa e individualmente de la base de datos mental, escrita o numérica, permitiendo la construcción de modelos de sistemas sociales y ecológicos, caracterizados muchas veces por la existencia de escasas bases de datos numéricas, debido a que se centra en el estudio evolutivo de patrones de comportamiento.

Para manipular el modelo que se prevé crear, vamos a hacer uso del Vensim. Vensim es el software de creación de modelos de simulación de Ventana Systems. Éste permite conceptualizar, construir, simular, analizar, optimizar y desarrollar modelos de sistemas dinámicos complejos.

Vensim puede usarse en un equipo de trabajo personal y posee varias configuraciones para que el usuario pueda escoger la que más se adapta a sus necesidades. La configuración Básica permite crear y simular modelos, mostrando con claridad la estructura los resultados de las simulaciones. La configuración Profesional de Vensim agrega prestaciones adicionales que facilitan el desarrollo y uso de modelos de mayor complejidad y tamaño. La configuración Vensim DSS proporciona instrumentos para construir sistemas de apoyo en la toma de decisiones y simuladores o laboratorios de aprendizaje. La migración de los modelos creados entre las diferentes configuraciones es automática. Vensim ofrece pues varias configuraciones para atender las necesidades de los usuarios.

Permite, además, crear con facilidad los modelos de simulación, partiendo de un diagrama causal que se traduce en diagrama de flujos, que permite comprender en todo momento lo que sucede en el modelo, como reflejo de lo que sucede en la realidad, a través de la observación de la evolución gráfica de las variables del sistema.

Finalmente se llevará a cabo un informe final, con los resultados encontrados y explicando todo el análisis que se llevó a cabo durante la investigación.

## Cronograma

Actividades	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recopilación de bibliografía	■															
Lectura de bibliografía		■	■	■	■											
Observación in situ						■	■									
Entrevistas con actores								■	■							
Modelizar el sistema de transporte										■	■	■	■	■		
Formulación de conclusiones															■	
Redacción del informe final																■

### Justificación de horas:

- Elaboración del plan de trabajo: 20hs
- Elaboración de 3 informes de avance: 20hs cada uno (60hs en total)
- Trabajo en la empresa: 300hs
- Elaboración del informe final: 20hs

## **Bibliografía**

- ✓ Moral, L. A. (2014). *Logística del transporte y distribución de carga*. Ecoe Ediciones. RECUPERADO JULIO DE 2019 - <https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=8to3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=log%C3%ADstica+del+transporte&ots=qAQ-2xfBi3&sig=Fun99tmZu9dol7pOn-1q3ccbcio#v=onepage&q=log%C3%ADstica%20del%20transporte&f=false>
  
- ✓ Tejero, J. J. A. (2015). *El transporte de mercancías 2ª edición: Enfoque logístico de la distribución*. ESIC Editorial. RECUPERADO JULIO DE 2019 - [https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=miuXBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA189&dq=log%C3%ADstica+del+transporte&ots=FKN8C5ojOB&sig=KVJb\\_c8YjWZr28\\_8ogj29IkSxFA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=miuXBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA189&dq=log%C3%ADstica+del+transporte&ots=FKN8C5ojOB&sig=KVJb_c8YjWZr28_8ogj29IkSxFA#v=onepage&q&f=false)
  
- ✓ Aracil, J., & Gordillo, F. (1995). *Dinámica de sistemas* (pp. 10-12). Madrid: Isdefe. RECUPERADO JULIO DE 2019 - <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Aracil%20Gordillo%20DS.pdf>
  
- ✓ Roberto Hernández Sampieri (2014) *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
  
- ✓ Render, Stair, Hanna. (2013) - *Métodos cuantitativos para los negocios. Undécima edición*. Editorial Prentice Hall.
  
- ✓ Del Depósito Zuñiga, Lorena; Lozano, Gabriel Antonio; Michalus, Juan Carlos; Santelices Malfanti, Iván. *Aplicación de Dinámica de Sistemas a un establecimiento de elaboración primaria de Yerba Mate*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.
  
- ✓ Schneider, Romina S.; Mansilla, Emanuel; Martinez, Facundo. *Aplicación de Dinámica de Sistemas a un cuadro de mando integral*. Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.



# Trabajo de campo

Modelización del proceso de producción y comercialización de mercadería en empresa productora de materiales para la construcción.

- Alumno: D'Andrea Juan Franco – DNI: 39.698.186
- Profesor titular: Lic. Marcelo E. Medina Galván
- Fecha: 2º cuatrimestre 2019

# **Índice**

Resumen.....	2
Introducción.....	3
<b><u>Capítulo 1: Marco Metodológico</u></b> .....	<b>4</b>
Problema y objetivos.....	4
Metodología.....	5
<b><u>Capítulo 2: Marco Teórico</u></b> .....	<b>7</b>
Generalidades.....	7
Metodología sistémica.....	8
Aplicaciones de la dinámica de sistemas.....	9
Un lenguaje elemental para la descripción de sistemas.....	10
Bucle de realimentación negativa.....	13
Bucle de realimentación positiva.....	15
Comportamiento de un diagrama de influencias.....	17
<b><u>Capítulo 3: Aplicación</u></b> .....	<b>19</b>
La empresa.....	19
Situación de la empresa.....	19
Descripción de los procesos a estudiar .....	22
- Producción.....	22
- Comercialización.....	24
Creación del diagrama causal.....	25
Creación del diagrama de Forrester.....	29
Recolección y análisis de datos.....	32
Evaluación del modelo.....	34
Análisis de escenarios.....	38
<b><u>Capítulo 4: Recomendaciones y conclusiones</u></b> .....	<b>43</b>
Apéndice.....	45
Anexo.....	49
Bibliografía.....	52

## **Resumen**

Las empresas que operan en ambientes dinámicos requieren reacciones rápidas frente a cambios en el entorno. Para analizar estas reacciones existen herramientas como pronósticos o modelos matemáticos, informáticos y de simulación, para anticipar los posibles comportamientos de variables como ventas, producción, inventarios, entre otras, a un bajo costo y en poco tiempo. Podemos mencionar en este caso a la Dinámica de Sistemas (DS) como una modelización eficaz cuyo objetivo es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema.

Surge entonces la oportunidad de utilizar la herramienta Dinámica de Sistemas para entender mejor los procesos y la manera en la que funcionan los mismos, para una empresa de comercialización de productos de arcilla, ubicada en la provincia de Tucumán. Es por eso que el objetivo principal de presente trabajo es modelizar el sistema de producción y comercialización de la misma.

Dentro de la metodología la misma tuvo un enfoque mixto, comenzando con una investigación cualitativa que, mediante una lógica inductiva, permitió conocer el ambiente y entender cómo funciona éste. Luego, se decidió tomar un enfoque cuantitativo que mediante la lógica deductiva buscó evaluar datos y números proporcionados por la compañía. Con estos se procedió a formular las ecuaciones matemáticas correspondientes a cada variable del modelo.

A través de entrevistas, observación y análisis de datos, se llevaron a cabo nubes de palabra, flujogramas, ilustraciones y el diseño de los diagramas causales y de Forrester representativos del sistema.

Una vez evaluado el modelo y habiendo hecho análisis de distintos escenarios se pudo observar como la DS facilita la comprensión y observación del comportamiento general del sistema en condiciones normales y ante escenarios alternativos, permitiendo observar cómo influyen en él las políticas que lo determinan.

Por último, se listan una serie de recomendaciones a seguir y/o tener en cuenta en una segunda instancia del trabajo.

### **Palabras clave:**

*Modelos representativos - variables – relación - escenarios - dinámica de sistema.*

## **Introducción**

Las PyMES requieren apoyo y orientación para su desarrollo, ya que generalmente son de origen familiar y no poseen los conocimientos técnicos ni los recursos necesarios para alcanzar el nivel competitivo deseado, realizando la toma de decisiones empresariales de forma casi intuitiva.

Las empresas operan en ambientes dinámicos que requieren reacciones rápidas frente a cambios en el entorno. Es posible utilizar herramientas como pronósticos o modelos matemáticos, informáticos y de simulación, para anticipar los posibles comportamientos de variables como ventas, producción, inventarios, entre otras, a un bajo costo y en poco tiempo.

El proceso para decidir en base a información oportuna, debe comenzar con un entendimiento del sistema actual de una determinada compañía. Es decir cómo funciona actualmente, que variables lo afectan, cómo se relacionan dichas variables, porque funciona de tal manera, quienes son decisores en este, etc.

Diversas herramientas se encuentran para alcanzar dichos objetivos de entendimiento. Podemos mencionar en este caso a la Dinámica de Sistemas (DS) como una modelización eficaz cuyo objetivo es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema.

Decimos que debe comenzarse con esta comprensión de la situación actual, porque a partir de esta y sabiendo donde nos posicionamos en el presente, podremos proponer y llevar a cabo estudios para mejorar el proceso de toma de decisiones.

La empresa en donde se llevará a cabo la investigación se dedica a la producción y comercialización en el mercado mayorista de productos para la construcción, elaborados con arcilla. Posee tanto su fábrica como el centro de operaciones en la Provincia de Tucumán. Esta surgió como un emprendimiento familiar. Su fundador continúa en la dirección de la fábrica junto con sus tres hijos.

# **Capítulo 1: Marco Metodológico**

## **Problema**

Actualmente en la empresa falta una política estricta para el análisis y la toma de decisiones respecto a producción y comercialización de productos. En cambio, podemos observar que muchas decisiones se toman puramente por intuición. Desencadenando problemas y situaciones poco convenientes para la organización.

Por esto considero que el problema principal a estudiar en el presente trabajo es esa carencia de estructura y el desconocimiento de las variables, junto con sus respectivas relaciones, que intervienen en todo el sistema de entrega de productos de valor a los clientes.

Surge entonces la oportunidad de utilizar la herramienta Dinámica de Sistemas para entender mejor los procesos y la manera en la que funcionan los mismos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Modelizar el sistema de producción y comercialización de empresa productora de bienes de arcilla destinados a la construcción, para conocer las principales variables involucradas y la manera en la que se relacionan entre ellas.

### **Objetivos específicos**

Estos serán:

- Construir un flujograma del proceso de entrega del producto.
- Estudiar la herramienta Dinámica de Sistemas.
- Definir las variables implicadas y con estas desarrollar el diagrama causal.
- Construir el Diagrama de Forrester, diferenciando variables de stock y de flujo.
- Recolección y análisis de datos de la empresa.
- Elaboración de un informe con las conclusiones y recomendaciones finales.

## **Metodología**

Dentro de la metodología que sustenta la investigación, es propicio mencionar a Hernández Sampieri quien en su libro “Metodología de la Investigación” explica claramente los distintos tipos de enfoques para llevar a cabo una investigación así también como los pasos necesarios a seguir para que esta sea efectuada de manera correcta.

La misma tiene un enfoque mixto, comenzando con una investigación cualitativa que, mediante una lógica inductiva, permitió conocer el ambiente y entender cómo funciona éste.

Dentro de este enfoque se llevó a cabo lectura de bibliografía relacionada con el tema, así también como observación del proceso de decisión de entrega de productos hasta su efectiva carga y despacho. Adicionalmente se realizaron entrevistas con la mayor cantidad de actores posibles involucrados en el proceso.

Luego, se decidió tomar un enfoque cuantitativo que mediante la lógica deductiva buscó evaluar datos y números proporcionados por la compañía. Con estos se procedió a formular las ecuaciones matemáticas correspondientes a cada variable del modelo.

Para entender y modelizar este tipo de sistema, se utilizó DS para describir el comportamiento estructural de los fenómenos. La DS es una metodología de modelado, con características complementarias a la de los métodos cuantitativos y fundamentados en la estadística, donde los parámetros se derivan directa e individualmente de la base de datos mental, escrita o numérica, permitiendo la construcción de modelos de sistemas sociales y ecológicos, caracterizados muchas veces por la existencia de escasas bases de datos numéricas, debido a que se centra en el estudio evolutivo de patrones de comportamiento.

Para manipular el modelo se decidió hacer uso del Vensim. Vensim es el software de creación de modelos de simulación de Ventana Systems. Éste permite conceptualizar, construir, simular, analizar, optimizar y desarrollar modelos de sistemas dinámicos complejos.

Vensim puede usarse en un equipo de trabajo personal y posee varias configuraciones para que el usuario pueda escoger la que más se adapta a sus necesidades. La configuración Básica permite crear y simular modelos, mostrando con claridad la estructura y los resultados de las simulaciones. Cabe aclarar que ésta configuración es la que se utilizó en el presente trabajo.

Permite, además, crear con facilidad los modelos de simulación, partiendo de un diagrama causal que se traduce en diagrama de flujos, que permite comprender en todo momento lo que sucede en el modelo, como reflejo de lo que sucede en la realidad, a través de la observación de la evolución gráfica de las variables del sistema.

Finalmente se llevó a cabo un informe final, con los resultados encontrados y con la explicación de todo el análisis que se realizó durante la investigación.

## **Capítulo 2: Marco teórico**

### **Generalidades**

Como se indicó, en este trabajo se va a tratar con la *dinámica de sistemas*. Conviene empezar aclarando los sentidos en que emplearemos los dos términos que aparecen en esa locución. En primer lugar, empezemos por sistema. Este término se emplea con frecuencia, aunque con distintas acepciones. De modo coloquial hablamos de un sistema, como de un modo o manera de hacer algo; así, decimos que tenemos un sistema para resolver un problema o para alcanzar un objetivo. No es ese el sentido que nos interesa aquí. Más formalmente hablamos de un sistema como de un objeto dotado de alguna complejidad, formado por partes coordinadas, de modo que el conjunto posea una cierta unidad, que es precisamente el sistema. Así, hablamos del sistema planetario, formado por los planetas unidos mediante las fuerzas gravitatorias; de un sistema económico, formado por agentes económicos, relacionados entre sí por el intercambio de bienes y servicios; de un sistema ecológico, formado por distintas poblaciones, relacionadas mediante cadenas alimentarias o vínculos de cooperación; de una empresa, como sistema, en la que los distintos departamentos se coordinan en la organización empresarial; de una máquina, cuyas diferentes partes interactúan para lograr el fin para el que ha sido concebida. Este es el uso del término sistema que vamos a adoptar.

Un sistema, en este sentido, lo entendemos como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común. Es algo que se percibe como una identidad que lo distingue de lo que la rodea, y que es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes.

De casi todo lo que nos rodea se puede decir que es un sistema. El hecho de que incluso en física no hayamos encontrado una partícula fundamental nos indica que todo está formado por partes ligadas por alguna forma de coordinación. Sin embargo, la consideración de que en la realidad todo está relacionado con todo puede pecar de excesivamente etérea, y resultar poco operativa. Nos interesará, como veremos, concentrarnos en ciertos aspectos de la realidad a los que quepa considerar como sistemas, aunque para ello tengamos que prescindir de alguna de sus conexiones.

Aquí nos ocuparemos de la clase de sistemas caracterizada por el hecho de que podemos especificar claramente las partes que los forman y las relaciones entre estas partes mediante las que se articulan en la correspondiente unidad. La descripción más elemental que podemos hacer de ellos es sencillamente enunciar ese conjunto de partes y establecer un esbozo de cómo se influyen esas partes entre sí.

El otro término que aparece en la locución dinámica de sistemas es dinámica. El término dinámica lo empleamos por oposición a estática, y queremos con él expresar el carácter cambiante de aquello que adjetivamos con ese término. Al hablar de la dinámica de un sistema nos referimos a que las distintas variables que podemos asociar a sus partes sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas. Su comportamiento vendrá dado por el conjunto de las trayectorias de todas las variables, que suministra algo así como una narración de lo acaecido al sistema. Por otra parte, el término dinámico tiene una connotación no sólo de cambio, sino de la fuerza, de la determinación, que lo engendra.

### **Metodología sistémica**

Para el estudio de los sistemas en general se ha desarrollado lo que se conoce como metodología sistémica, o conjunto de métodos mediante los cuales abordar los problemas en los que la presencia de sistemas es dominante. En realidad, la metodología sistémica pretende aportar instrumentos con los que estudiar aquellos problemas que resultan de las interacciones que se producen en el seno de un sistema, y no de disfunciones de las partes consideradas aisladamente.

El análisis de un sistema consiste en su disección, al menos conceptual, para establecer las partes que lo forman. Sin embargo, el mero análisis de un sistema no es suficiente; no basta con saber cuáles son sus partes. Para comprender su comportamiento necesitamos saber cómo se integran; cuáles son los mecanismos mediante los que se produce su coordinación. Necesitamos saber cómo se produce la síntesis de las partes en el sistema.

Por ello, en el estudio de un sistema, tan importante es el análisis como la síntesis. El énfasis en la síntesis distingue la metodología sistémica de las metodologías científicas más clásicas de análisis de la realidad, en las que se tiende a sobrevalorar los aspectos analíticos por oposición a los sintéticos, mientras que en la metodología sistémica se adopta una posición más equilibrada. Tan importante es el análisis, que nos permite conocer las partes de un sistema, como la síntesis, mediante la cual estudiamos cómo se produce la integración de esas partes en el sistema.

En dinámica de sistemas vamos a ocuparnos de analizar cómo las relaciones en el seno de un sistema permiten explicar su comportamiento. Un sistema, ya lo hemos visto, es un conjunto de elementos en interacción. Esta interacción es el resultado de que unas partes influyen sobre otras. Estas influencias mutuas determinarán cambios en esas partes. Por tanto, los cambios que se producen en el sistema son reflejo, en alguna medida, de las interacciones que tienen en su seno. Los cambios en un sistema se manifiestan mediante su comportamiento (recuérdese la Figura 1b). Por otra parte, la trama

de relaciones constituye lo que se denomina su estructura (Figura 1a). Lo que acabamos de decir se puede parafrasear diciendo que en dinámica de sistemas se trata de poner de manifiesto cómo están relacionados su estructura y su comportamiento. Su objetivo es el conciliar estas dos descripciones, de modo que aparezcan como las dos caras de una misma moneda.

### **Aplicaciones de la dinámica de sistemas**

La dinámica de sistemas es una metodología ideada para resolver problemas concretos. Inicialmente se concibió para estudiar los problemas que se presentan en determinadas empresas en las que los retrasos en la transmisión de información, unido a la existencia de estructuras de realimentación, da lugar a modos de comportamiento indeseables, normalmente de tipo oscilatorio. Originalmente se denominó dinámica industrial. Los trabajos pioneros se desarrollan a finales de los años 50, y durante los 60 tiene lugar su implantación en los medios profesionales.

A mediados de los 60, Forrester propone la aplicación de la técnica que había desarrollado originalmente para los estudios industriales, a sistemas urbanos. Surge así lo que se denominó la dinámica urbana en la que las variables consideradas son los habitantes en un área urbana, las viviendas, las empresas, etc. Una aplicación análoga a la dinámica urbana la constituye la dinámica regional. Con estos modelos se pretende aportar un elemento auxiliar para la planificación urbana y regional, representando las interacciones que se producen entre las principales magnitudes socio-económicas del área correspondiente, y generando, a partir de ellas, las evoluciones de las magnitudes consideradas significativas: habitantes, indicadores económicos, etc. para, a partir de estas evoluciones, planificar las necesidades de infraestructura y otras.

A finales del decenio de los 60 se produce el estudio que posiblemente más haya contribuido a la difusión de la dinámica de sistemas. Se trata del primer informe al Club de Roma, sobre los límites al crecimiento, que se basó precisamente en un modelo de dinámica de sistemas, en el que se analizaba la previsible evolución de una serie de magnitudes agregadas a nivel mundial como son la población, los recursos y la contaminación. En este modelo se analizaba la interacción de estas magnitudes y se ponía de manifiesto cómo, en un sistema, debido a las fuertes interacciones que se producen en su seno, la actuación sobre unos elementos, prescindiendo de los otros, no conduce a resultados satisfactorios. El informe correspondiente tuvo una gran incidencia en la opinión pública y ha sido objeto de múltiples debates, tanto a favor como en contra. Recientemente se ha publicado una reelaboración de sus

conclusiones, en la que prácticamente se mantienen las recomendaciones de aquel informe.

A raíz de la realización de este último informe, se puso de manifiesto que la dinámica de sistemas era algo más que la dinámica industrial o la dinámica urbana, y se convino adoptar la denominación de dinámica de sistemas, con la que se conoce actualmente.

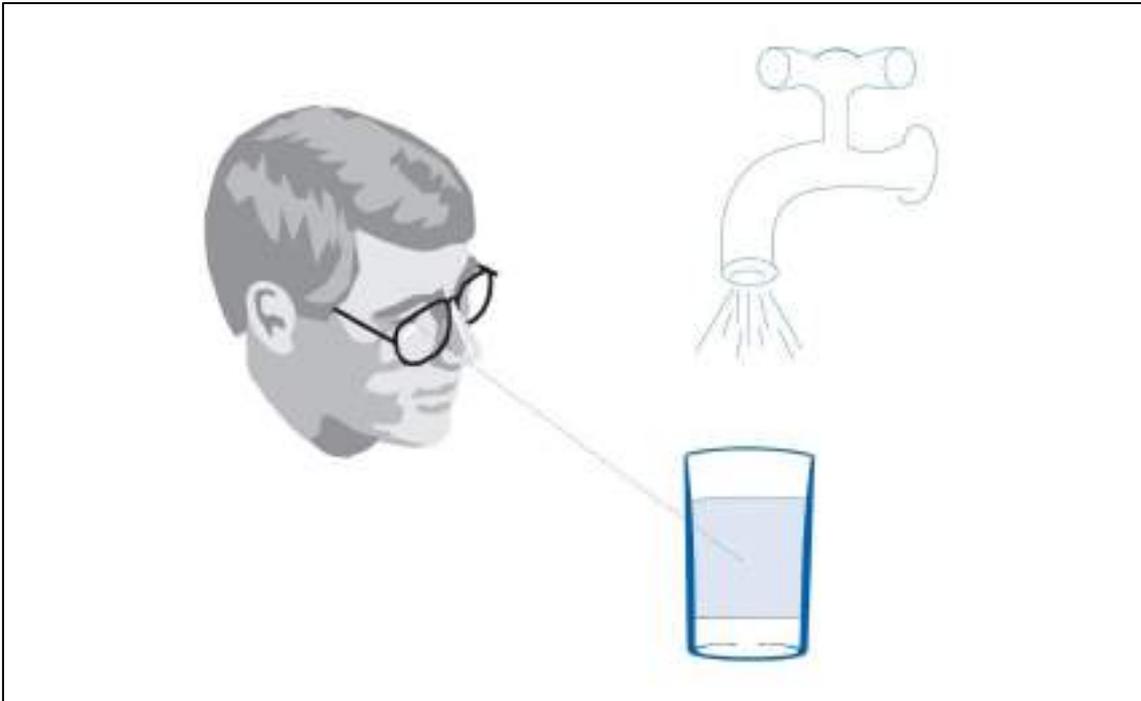
Los campos de aplicación de la dinámica de sistemas son muy variados. Durante sus más de 30 años de existencia se ha empleado para construir modelos de simulación informática en casi todas las ciencias. Por ejemplo, en sistemas sociológicos ha encontrado multitud de aplicaciones, desde aspectos más bien teóricos como la dinámica social de Pareto o de Marx, hasta cuestiones de implantación de la justicia. Un área en la que se han desarrollado importantes aplicaciones es la de los sistemas ecológicos y medioambientales, en donde se han estudiado, tanto problemas de dinámica de poblaciones, como de difusión de la contaminación. No es casual que, como hemos mencionado, esta metodología fuese empleada por el Club de Roma. Otro campo interesante de aplicaciones es el que suministran los sistemas energéticos, en donde se ha empleado para definir estrategias de empleo de los recursos energéticos. Se ha empleado también para problemas de defensa, simulando problemas logísticos de evolución de tropas y otros problemas análogos.

Más allá de las aplicaciones concretas que acabamos de mencionar, la difusión de estas técnicas ha sido muy amplia, y en nuestros días se puede decir que constituye una de las herramientas sistémicas más sólidamente desarrolladas y que mayor grado de aceptación e implantación han alcanzado.

### **Un lenguaje elemental para la descripción de sistemas**

La descripción mínima de un sistema viene dada por la especificación de las distintas partes que lo forman, mediante el conjunto  $C$  de su composición, y por la relación  $R$  que establece cómo se produce la influencia entre esas partes. Veamos mediante un sencillo ejemplo cómo podemos analizar la estructura sistémica de un proceso. Supongamos el hecho elemental de llenar un vaso de agua. En la Ilustración 1 se muestra una ilustración gráfica de ese proceso. Su descripción, en lenguaje ordinario, es muy simple: el que llena el vaso de agua, mediante la observación del nivel alcanzado en el vaso, actúa sobre el grifo, de modo que lo va cerrando según se alcanza el nivel que estima oportuno. El proceso que tiene lugar lo describiríamos como sigue: el agente (el que llena el vaso) compara el nivel alcanzado en el vaso con el nivel deseado, si existe discrepancia actúa sobre el grifo, con lo que se influye sobre el nivel alcanzado, que es de nuevo comparado (en realidad se trata de un proceso

continuo) con el nivel deseado; según disminuya la discrepancia, se irá cerrando el grifo, hasta que al anularse esta, se cierre definitivamente.

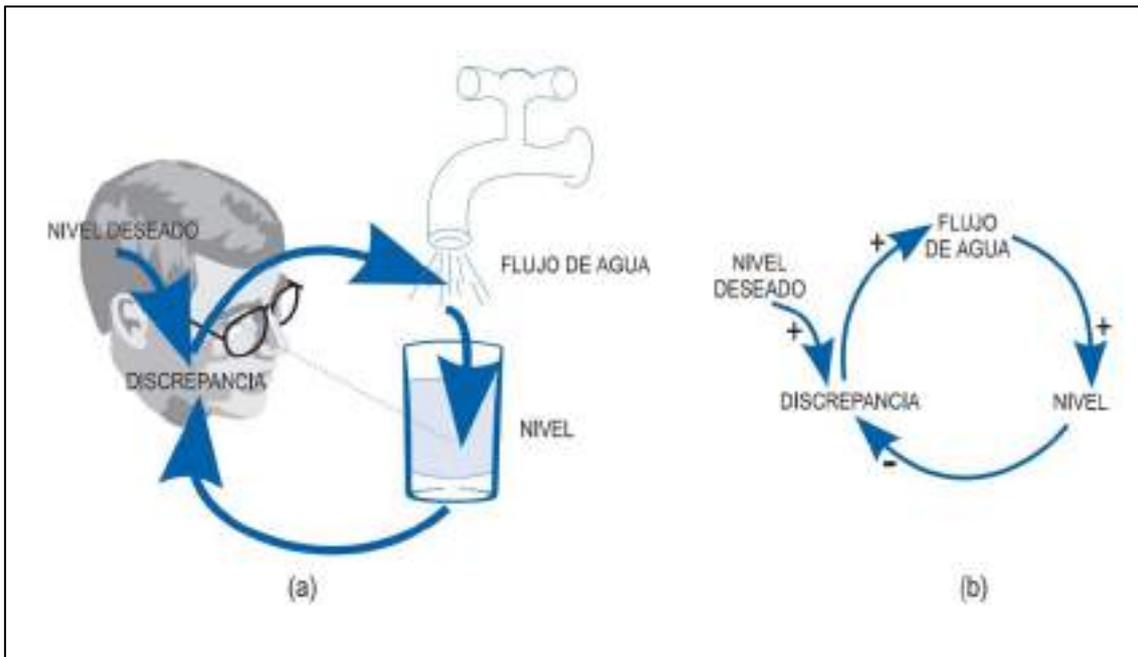


*Ilustración 1 - Proceso de llenar un vaso*

El proceso así descrito se puede representar de forma más sintética mediante un diagrama como el que se superpone en la Ilustración 2a. En este diagrama se indican los hitos más importantes que intervienen en el proceso, de acuerdo con la descripción anterior, y que son el nivel alcanzado en el vaso, la discrepancia entre ese nivel y el deseado, y el flujo de agua que modifica aquel nivel. Estos elementos básicos del proceso están unidos entre sí mediante flechas que indican las influencias que se establecen entre ellos. Por ejemplo, el nivel alcanzado depende del flujo de agua o, lo que es lo mismo, el flujo de agua influye sobre el nivel alcanzado, lo que se indica, en el diagrama, mediante una flecha que va desde «flujo de agua» a «nivel» alcanzado. Esta relación de influencia se escribe:

FLUJO DE AGUA      —————>      NIVEL

De forma análoga, la «discrepancia» se determina a partir del «nivel deseado» y del «nivel» alcanzado (en realidad es la diferencia entre ambas). Por último, la «discrepancia» determina el «flujo de agua». Articulando todas las relaciones de influencia se tiene el diagrama de la Ilustración 2a.



*Ilustración 2. - Diagrama básico del proceso de llenar un vaso de agua: (a) con un grafo orientado; (b) con un grafo signado -*

En esta figura se observa que las flechas que unen la discrepancia con el flujo de agua, éste con el nivel alcanzado, para acabar de nuevo en la discrepancia, forman una cadena circular o cerrada de influencias. Es lo que se conoce como un bucle de realimentación, que es un elemento básico en la estructura del sistema.

Este ejemplo constituye una muestra de cómo se puede analizar un sistema, descomponerlo en sus elementos esenciales, y relacionar estos elementos mediante un bosquejo de cómo se producen las influencias entre ellos. De este modo se tiene la descripción más elemental que podemos tener de ese sistema, que se limita a establecer qué partes lo forman y cuáles de ellas se influyen entre sí. La influencia, en esta descripción, se mantiene a un nivel cualitativo, en el sentido de que únicamente se dice si se produce o no influencia, pero no la forma o magnitud que tenga. En general, si **A** y **B** son dos partes de un sistema, el hecho de que **A** influya sobre **B** se representa mediante una flecha de la forma  $A \rightarrow B$  e indica que **B** es una función de **A**, es decir  $B = f(A)$ , aunque no conozcamos la forma matemática exacta de la función.

El conjunto de las relaciones entre los elementos de un sistema recibe la denominación de estructura del sistema y se representa mediante el diagrama de influencias o causal. El diagrama de influencias de la Ilustración 2a constituye un ejemplo de la estructura de un sistema. La estructura juega un papel esencial en la determinación de las propiedades sistémicas.

En su forma más simple el diagrama de influencias está formado por lo que se conoce como un grafo orientado. A las flechas que representan las aristas se puede asociar un signo. Este signo indica si las variaciones del antecedente y del consecuente son, o no, del mismo signo. Supongamos que entre A y B existe una relación de influencia positiva

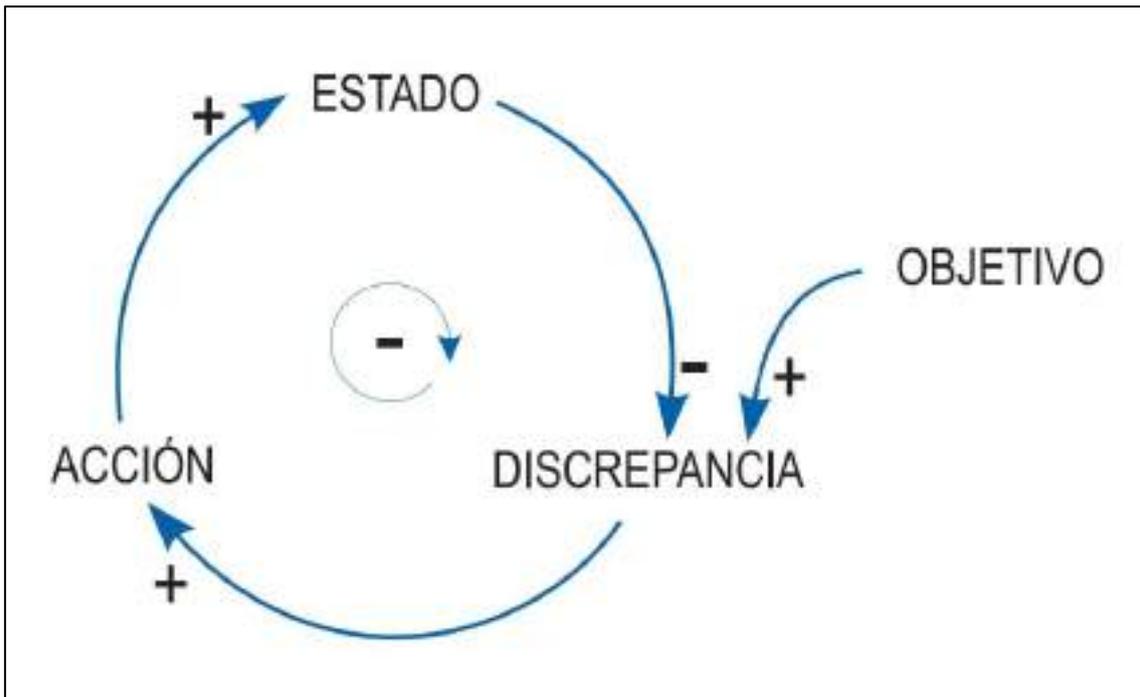
$$A \quad + \quad B$$

Ello quiere decir que si A se incrementa, lo mismo sucederá con B; y, por el contrario, si A disminuye, así mismo lo hará B. Por otra parte, si la influencia fuese negativa a un incremento de A seguiría una disminución de B, y viceversa. De este modo, asociando un signo a las relaciones de influencia, se tiene un diagrama que suministra una información más rica sobre la estructura del sistema, aunque continúe conservando su carácter cualitativo. El grafo correspondiente se dice que está signado. En la Ilustración 2b se muestra el diagrama del proceso de llenar un vaso, con un grafo de este tipo.

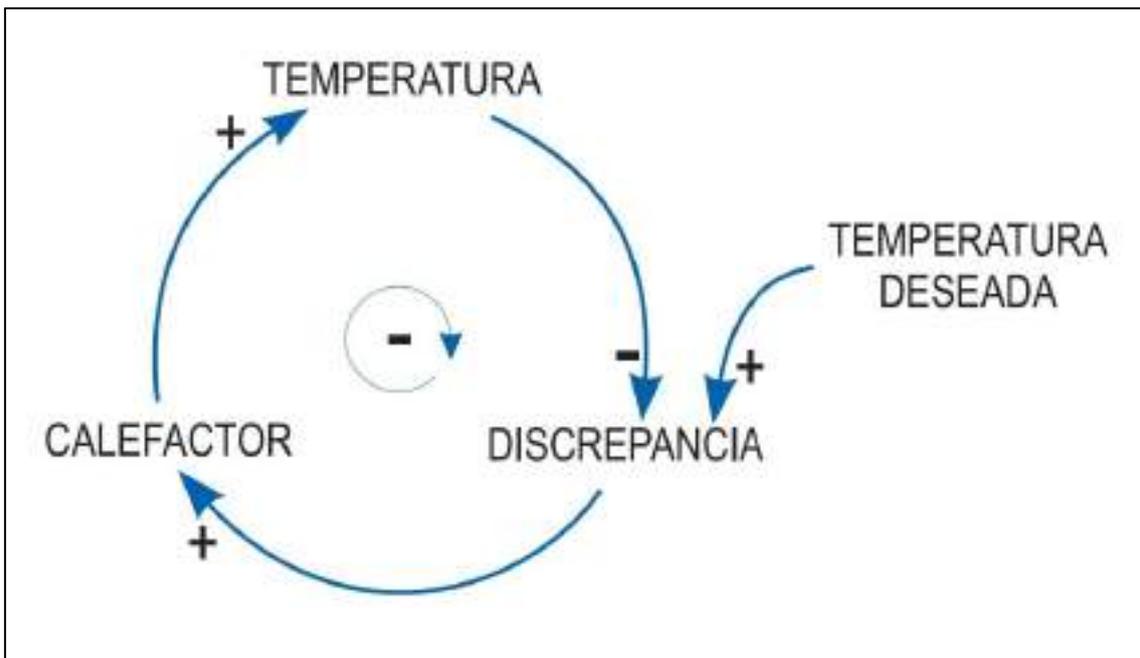
### **Bucle de realimentación negativa**

El proceso considerado en la Ilustración 1, al que se ha asociado el diagrama de influencias de la Ilustración 2, es un caso particular de la situación general que se considera en la Ilustración 3. En esta figura se tiene que el estado alcanzado por una cierta magnitud (el nivel de agua en el ejemplo anterior) viene determinado por una acción (el flujo de agua) que a su vez es consecuencia de la discrepancia entre el estado alcanzado por esa magnitud y el valor que se pretende que tenga, que en la Ilustración 3 se denomina objetivo. Es decir, la discrepancia entre el estado y objetivo determina la acción que modifica el estado en el sentido de que alcance el objetivo deseado (que la discrepancia se anule).

El diagrama de la Ilustración 3 recibe la denominación de bucle de realimentación negativa, y representa un tipo de situación muy frecuente en el que se trata de decidir acciones para modificar el comportamiento con el fin de alcanzar un determinado objetivo. Un diagrama de esta naturaleza se puede aplicar tanto al sencillo acto de coger un lápiz, detectando mediante la vista la discrepancia entre las posiciones de la mano y del lápiz; al proceso de regulación de la temperatura en una habitación, en el que la discrepancia entre la temperatura deseada y la considerada confortable determina la actuación de un calefactor (si estamos en invierno) para corregir esa discrepancia (ver Ilustración 4); y tantos otros procesos de naturaleza semejante. El diagrama de un bucle de realimentación negativa aporta el esquema básico de todo comportamiento orientado a un objetivo.



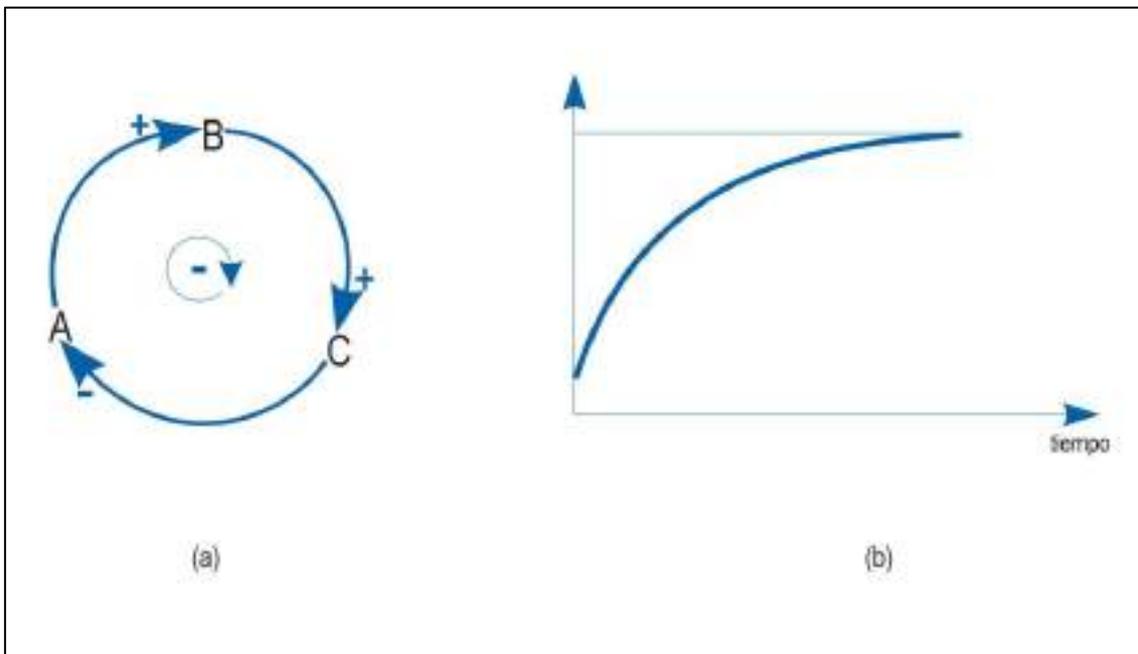
*Ilustración 3. - Diagrama básico de un bucle de realimentación negativa –*



*Ilustración 4 - Estructura de realimentación negativa del proceso de regulación de temperatura –*

Un bucle de realimentación negativa tiene la notable propiedad de que si, por una acción exterior, se perturba alguno de sus elementos, el sistema, en virtud de su estructura, reacciona tendiendo a anular esa perturbación. En efecto, consideremos el bucle de la Ilustración 5a, en el que los elementos se han representado, de forma general, mediante las letras A, B y C. Supongamos

que uno cualquiera de ellos, por ejemplo el B, se incrementa. En virtud de las relaciones de influencia, el incremento de B determinará el de C, ya que la relación de influencia correspondiente es positiva. A su vez, el incremento de C determinará el decrecimiento de A, ya que así lo determina el carácter negativo de la influencia. El decrecimiento de A dará lugar al de B, pues la relación es positiva. Por tanto, el incremento inicial de B le «vuelve», a lo largo de la cadena de realimentación, como un decremento; es decir, la propia estructura de realimentación tiende a anular la perturbación inicial, que era un incremento, generando un decremento. De este modo se comprende que los bucles de realimentación negativa son bucles estabilizadores, que tienden a anular las perturbaciones exteriores. El efecto de un bucle de realimentación negativa es, por tanto, el tratar de conseguir que las cosas continúen como están, que no varíen. Son bucles que estabilizan los sistemas.



*Ilustración 5 - Estructura de realimentación negativa en (a) y comportamiento correspondiente en (b) –*

### **Bucle de realimentación positiva**

La otra forma que puede adoptar un bucle de realimentación es la que se muestra en la Ilustración 6, en la que se tiene un bucle de realimentación positiva. Se trata de un bucle en el que todas las influencias son positivas (o si las hubiese negativas, tendrían que compensarse por pares). En general la Ilustración 6 representa un proceso en el que un estado determina una acción, que a su vez refuerza este estado, y así indefinidamente. En este caso el estado es una población, y la acción su crecimiento neto. En tal caso, cuanto

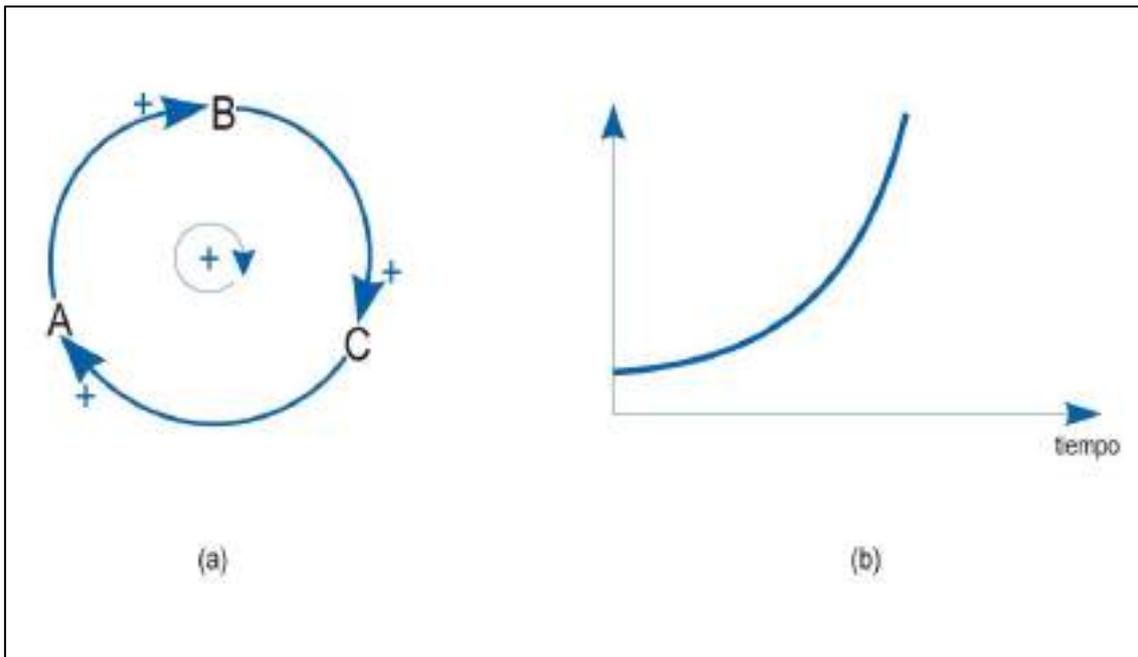
mayor sea la población, mayor es su crecimiento, por lo que a su vez mayor es la población, y así sucesivamente. Se tiene, por tanto, un crecimiento explosivo de la población.



*Ilustración 6 - El crecimiento de una población como proceso de realimentación positiva –*

En la Ilustración 7a se representa de forma esquemática, mediante las letras A, B y C, un bucle de esta naturaleza. Con ayuda de este diagrama se puede analizar, de forma general, el comportamiento que genera este bucle. Si cualquiera de sus elementos sufre una perturbación, ésta se propaga, reforzándose, a lo largo del bucle. En efecto, si A crece, entonces, en virtud del signo de la influencia, lo hará B, lo que a su vez determinará el crecimiento de C y, de nuevo, el de A. Por lo tanto, la propia estructura del sistema determina que el crecimiento inicial de A «vuelva» reforzado a A, iniciándose de este modo un proceso sin fin que determinará el crecimiento de A (Ilustración 7b). Este efecto se conoce vulgarmente como «círculo vicioso» o «bola de nieve». El cambio se amplifica produciendo más cambio.

Se trata, por tanto, de una realimentación que amplifica las perturbaciones y que, por tanto, inestabiliza al sistema. En este sentido se puede decir que su efecto es contrario al de la realimentación negativa. Si aquella estabilizaba, esta desestabiliza.



*Ilustración 7 - Estructura de realimentación positiva en (a) y comportamiento correspondiente en (b) –*

Antes de terminar con esta presentación elemental de los bucles de realimentación positiva y negativa debe quedar bien claro que el comportamiento asociado a estos bucles, sea el comportamiento autorregulador del bucle de realimentación negativa o el comportamiento explosivo del positivo, son modos de comportamiento que cabe imputar a la estructura del sistema, y no a las partes que lo forman. Recuérdense las Ilustraciones 5 y 7 que nos han suministrado el esquema básico de estos bucles de realimentación. Con estas Figuras hemos podido entender el comportamiento correspondiente, prescindiendo de los elementos concretos que representasen A, B y C. En este sentido decimos que los bucles de realimentación son elementos básicos para la generación endógena (desde dentro del propio sistema) del comportamiento.

### **Comportamiento en un diagrama de influencias**

Existe una clasificación de las distintas variables que aparecen en un diagrama de influencias en tres grupos: variables de nivel o estado, variables de flujo y variables auxiliares. Las variables de nivel son normalmente las variables más importantes y representan esas magnitudes cuya evolución es especialmente significativa. Asociada a cada variable de nivel se encuentran una o varias variables de flujo, que determinan su variación a lo largo del tiempo. Por último, las variables auxiliares son el resto de las variables que

aparecen en el diagrama, y representan pasos intermedios para la determinación de las variables de flujo a partir de las variables de nivel.

En el ejemplo del grafo presentado anteriormente, la variable de flujo sería la canilla de agua, la de estado correspondería al vaso, y la auxiliar sería la observación de la persona que decide cuando abrir o cerrar la canilla.

Si somos capaces de realizar esa clasificación vamos a poder dar un paso de significación considerable para llegar a una descripción del sistema más formalizada.

## **Capítulo 3: Aplicación**

### **La Empresa**

La empresa analizada se encuentra ubicada en la localidad de Yerba Buena, Tucumán y tiene sus inicios en el año 1972. Se dedica principalmente a la fabricación de ladrillos huecos cerámicos.

En sus primeros pasos, contaba con una planta puramente artesanal, en la que los ladrillos eran macizos y hechos a mano. Los procesos de secado se realizaban a la intemperie y debajo del sol, sobre todo en las temporadas de verano. Lo que significaba que era muy dependiente del clima para poder producir. Contaba con un pequeño “horno” que a una temperatura baja cocinaba los ladrillos durante mucho tiempo.

Con el pasar del tiempo la fábrica fue creciendo y comenzó a incorporar primero un horno más grande y después montó un secadero para el proceso anterior al cocinado.

Ya para la década del '90, contaba con un secadero y horno equipados, además de máquinas moldeadoras de ladrillos cerámicos, pero ahora huecos.

En los años siguientes la empresa siguió creciendo y en consecuencia continuó realizando mejoras y ampliaciones de las instalaciones mencionadas.

Propio del crecimiento de las PYMES, ésta presentó y sigue encontrando problemas o dificultades que deben ser resueltas para poder continuar creciendo. El presente trabajo se centra en utilizar la herramienta Dinámica de Sistemas para analizar el proceso de entrega de valor al cliente, para cumplir con éstos en un plazo pactado.

A continuación, se explica los procedimientos y actividades que se llevaron a cabo a lo largo del trabajo para tratar de entender mejor la situación empresarial y ofrecer más información a la hora de tomar decisiones.

### **Situación de la empresa**

De una entrevista con la gerencia de ventas, operarios del sector de producción y una observación in situ; puedo conocerse la siguiente información:

- Hay diferencias entre el sector de producción y el de ventas para concretar el plan maestro de producción semanal. Esto debido a una falta de coordinación.
- Los operarios de producción ejercen presión para producir siempre el producto que más rápidamente puede finalizarse, debido a que así incrementan su premio por productividad.

- La forma en la que se establece la producción es la siguiente; el sector de fábrica, por medio de su gerente y su experiencia histórica en el área, pasa la planilla de lo que se va a producir para una semana, a lo que ventas, en base al contacto con los clientes, intentan negociar para cambiar la planificación de la producción si es que no se cumplen con los pedidos para esa misma semana. Aquí es común que los clientes exijan cierta cantidad y tipo de producto para “ayer” como es común escuchar en la organización.
- La producción de los distintos ladrillos se hace cambiando el molde en la máquina a la que le llaman “choricera”. Cuando se cambia el molde se espera que por lo menos éste continúe funcionando por medio día. No se hace cambios de molde para producir por 3-4 horas ya que los costos asociados a preparar la máquina son elevados. Además, por cuestiones de temperatura en el horno y características de cada producto, después de hacer por ejemplo el ladrillo del tipo 1, conviene continuar produciendo solo el ladrillo tipo 3 o 6, a modo de ejemplo, y no cualquier otro tipo.
- Hay producción que solo puede producirse durante los fines de semana, ya que tienen menor demanda y por ende se utiliza los días en donde no hay egreso de mercadería para intentar armar un stock para los próximos días.
- Hay producción que se vende sí o sí. De un tipo de ladrillo que se llama “Hueco 19X33”. Siempre hay demanda en Córdoba, pero no es lo que más se prefiere acá en Tucumán. Por lo que ante cumplir con la demanda de la región o la de otra provincia, eligen primero la local.
- Espacio es el gran problema que acarrean hoy. Hasta mediados de julio de 2019 estaban tapados de inventario, no había ventas y había mucha mercadería pendiente para entregar porque en los corralones no había espacio. Aquí conviene aclarar que es común que muchos corralones compren grandes cantidades de mercadería, pero posteriormente ellos deciden cuando recibirla, por lo que hay stock que ya tiene dueño pero que se mantiene en los inventarios de la empresa hasta que es retirado. Luego de unas semanas, aproximadamente a comienzos de agosto se reactivó el despacho de materiales y ahora no tienen stock para responder a la demanda. Y actualmente la competencia es una fábrica de Salta que cuando la oferta es insuficiente manda sus productos hacia Tucumán.

- Gerente de venta me comentaba que cuando estaban tapados de inventario de muchísimo material ella quería hacer productos que después cuando se reactive todo no conviene hacerlos (portantes). Pero los de producción no querían.
- No existe organización para inventariar. Esto se hace de manera desordenada y es común que se “tape” un producto con otro, y después cuando se necesita sacar el producto que quedo atrás, no se lo puede hacer.
- Una característica del producto es que es muy voluminoso y pesado, por lo que los costos de moverlo son altos.
- Cuando hay, como se explicó, desorden en la planificación de inventario la rotación de ciertos materiales es muy baja. Lo que pasa con esto es que se echa a perder el strich (plástico que envuelve el pallet de ladrillo) y las tarimas que es encima de donde se coloca el mismo. Después los costos de poner a una persona a reparar esto se hacen costosos.
- Además, la planta posee una playa de carga al lado de la planta de producción que no es muy grande, y que es donde ingresan los camiones para cargarse de material, por lo que el stock en dicho espacio no puede ser muy voluminoso. Por esto existen dos depósitos al frente pero que tienen cosas (como repuestos de maquinarias y tarimas nuevas para utilizar) que ocupan espacio para el stock de producto terminado. El problema acá es que a partir de las 6 de la tarde se cierran esos depósitos y no se puede sacar ni poner material o tarimas de ahí. Y entonces la producción durante la noche tiene que si o si guardarse en la playa de carga que queda al lado de la planta. También se necesita tener ahí mismo la cantidad de tarimas de madera necesarias para esa producción nocturna que sale.

A modo de presentar la anterior información de una manera más ilustrativa y sencilla, decidí utilizar la página “nubedepalabras.es” para armar la siguiente imagen. El procedimiento consiste en colocar el texto a representar en un cuadro indicado y a partir de ahí el software automáticamente genera la nube de palabras. El resultado lo presento a continuación.



Como se puede observar, las palabras que fueron el eje de las conversaciones son: espacio, inventarios, stock, pedidos, demanda y producción.

## Descripción de los procesos

### **PRODUCCION**

Se procede a explicar el proceso productivo de la empresa. El mismo se consigue a través de observación y entrevistas con personal de la planta. Posteriormente se realizó una reunión con el gerente de producción para que verifique que la información obtenida sea verídica.

Primero que todo, llega la tierra de la cantera de la compañía en camiones los cuales la descargan y acopian en un depósito para tal efecto. De ahí ésta se coloca en una cinta transportadora en donde se le extrae la “basura” que contiene (ramas, plástico, metales, etc). En esa misma línea, más adelante, se le agrega un poco de cal para que cuando se cocine el material, tenga más dureza. Después, la tierra cae en una “trituradora” en donde se le agrega agua para ablandarla y que sea más fácil darle forma. Se forma un engrudo que sale por la “choricera”. Que es un molde por donde la tierra sale a presión para cortarla en el tipo de ladrillo que corresponda al molde y que se desee producir. Aquí se usan alambres para cortar las tiras de ladrillo con la longitud deseada para cada bloque final. Estos se transportan hasta colocarse

en las “bandejas” que son carros de hierro en donde se apilan justamente bandejas con los ladrillos, para entrar así al secadero. En este lugar lo que se busca hacer es, sin cocinar el material, a altas temperaturas tratar de provocar que se elimine humedad del mismo, para que cuando entre al horno (fase posterior) este no sufra roturas. Una vez que sale del secadero, los ladrillos se pasan de las bandejas a lo que se llaman las vagonetas. En estas el material va apilado uno encima del otro sin ningún tipo de bandeja en medio, ya que la temperatura en el horno puede llegar a alcanzar hasta los 800 grados centígrados.

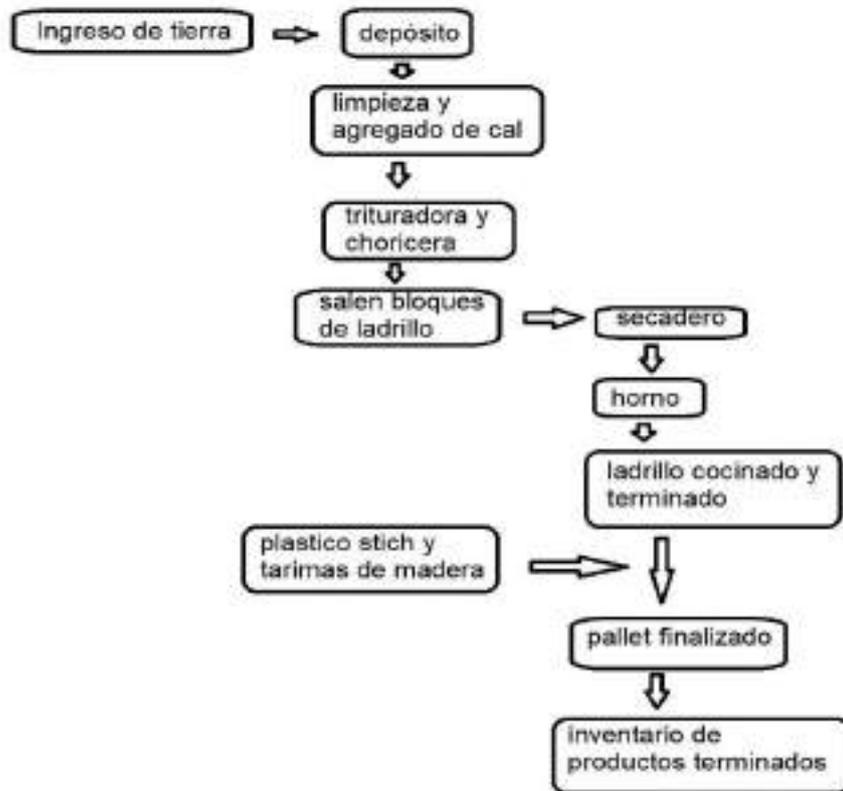
Luego de pasar un tiempo considerable dentro del horno estos salen cocidos y listos para empalletar. En la salida del horno las vagonetas hacen fila hasta que por medio de una maquina un operario levanta los ladrillos y los va colocando en las tarimas de madera. Estas tarimas, con el material encima, avanzan por una línea en donde son envueltos con plástico “stretch”. A partir de aquí es que se considera que existe un pallet finalizado. Al final de la línea espera un sampey que agarra el pallet por completo y procede a colocarlo en algún lugar para su stock (producto terminado).

El espacio para stockear el producto terminado está dividido en 4 depósitos o “áreas” diferentes. La fábrica está en el mismo predio que dos de los depósitos. Los otros dos restantes están separados entre sí y también de la fábrica por medio de una calle pública, lo que hace que se dificulte el proceso de stockear y manejar el producto, además que después de las 18hs el portón del predio de la fábrica queda cerrado y por lo tanto no se puede acceder más a los depósitos exteriores sino hasta el otro día, ya sea para dejar producto ni para buscar tarimas – stock de materia prima para elaborar el producto final.

Como la fábrica opera, generalmente, durante las 24hs del día, esta situación produce que durante la noche todo el stock de material que se termine deberá obligatoriamente ser stockeado en cualquiera de los dos depósitos del predio de la fábrica. Además, que parte de este mismo predio deberá ser ocupado por un stock de tarimas necesario para la producción nocturna y de fin de semana.

Sin embargo, como uno de los espacios en donde se stockea el producto terminado también sirve para que ingresen los camiones y se los cargue, este espacio nunca puede estar lleno de material. En el día a día esto a veces puede terminar sucediendo por el simple hecho de que ese espacio es el más cercano a la salida de la fábrica.

A continuación, se ilustra el proceso descrito en un flujograma.



## COMERCIALIZACION

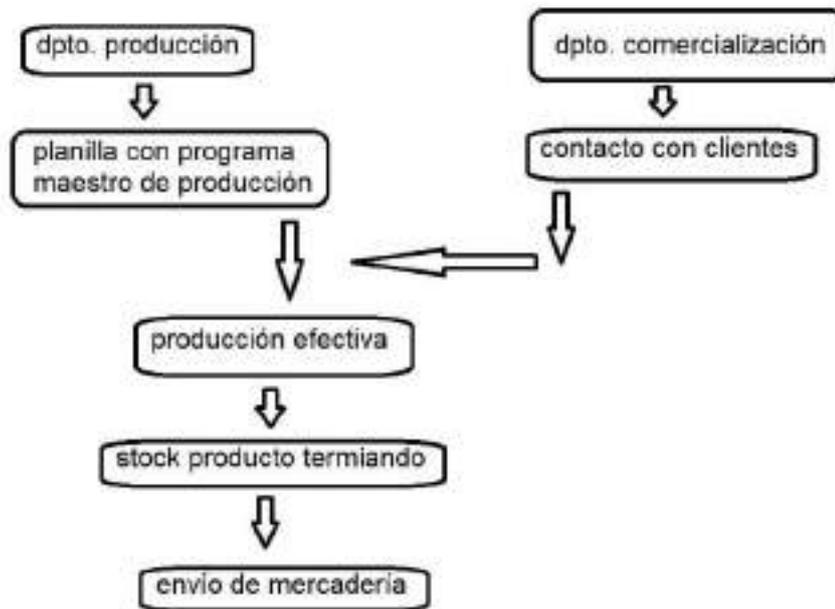
El proceso de ventas que realizan conjuntamente la gerente de tal sector con los vendedores del departamento, se obtuvo mediante una entrevista con todos estos. A continuación, se describen los pasos que se llevan a cabo.

Este proceso consiste en que la gerente de ventas, mediante comunicaciones con los distintos clientes y mediante planillas donde lleva la cantidad de entregas que se deben producir y que están "atrasadas", planifique semanal y mensualmente la cantidad de cada tipo de ladrillo que se debería producir para hacer frente a la demanda.

Este departamento a partir de esta planificación y junto con el departamento de producción, "negocian" la cantidad de cada producto a producir y en base a esto van estableciendo las entregas que se irán realizando a medida que se tenga el producto terminado.

Luego, los vendedores comunican a los respectivos clientes cuándo estará disponible el producto que solicitaron para efectivizar la entrega.

Para ilustrar el proceso de ventas descrito, se procedió a hacerlo junto con una parte del de producción, para demostrar cómo se relacionan los dos.



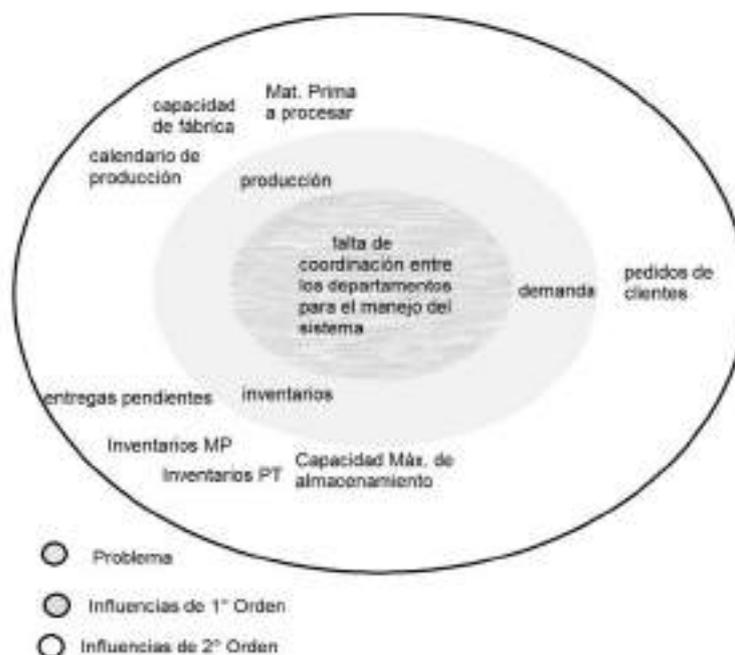
### Creación del diagrama causal

De los procesos descritos más arriba junto con las políticas o la situación actual de la empresa, se pudo ilustrar el diagrama causal inicial, el cual posteriormente fue modificado en reiteradas oportunidades. A continuación, se describe el proceso para su obtención. Cabe aclarar en esta oportunidad que se decidió modelar el proceso de producción y venta de un solo tipo de ladrillo, para el cual se llevó a cabo un análisis ABC para encontrar el de mayor importancia, el cual resultó ser el tipo “LAD. HUECO 12X18X33”. Como consecuencia, en una segunda instancia del trabajo, se prevé incluir en el modelo los distintos tipos de productos. Las explicaciones junto con los resultados de lo mencionado anteriormente se encuentran en el apartado “apéndice 1” del apéndice del presente trabajo. Y, por otra parte, corresponde mencionar que la unidad de medida que se utilizó para el modelaje y todo el resto del trabajo es “pallet”. Es la unidad que utiliza la empresa para sus inventarios y para comercializar el producto. A modo informativo, para el tipo de ladrillo que se mencionó más arriba la cantidad de estos en un pallet es de 144.

Existen muchos autores que coinciden en que son indudables algunas de las virtudes del diagrama causal, entre ellas tenemos en primer lugar que es un método sencillo de ordenar las ideas, con frecuencias confusas al inicio de cualquier estudio, en segundo lugar, visto como una simple etapa previa, permite pasar con facilidad los elementos y las relaciones del sistema al diagrama de flujos, y en tercer lugar permite una comunicación clara y fluida con el usuario final, cosa que el diagrama de flujos no permite.

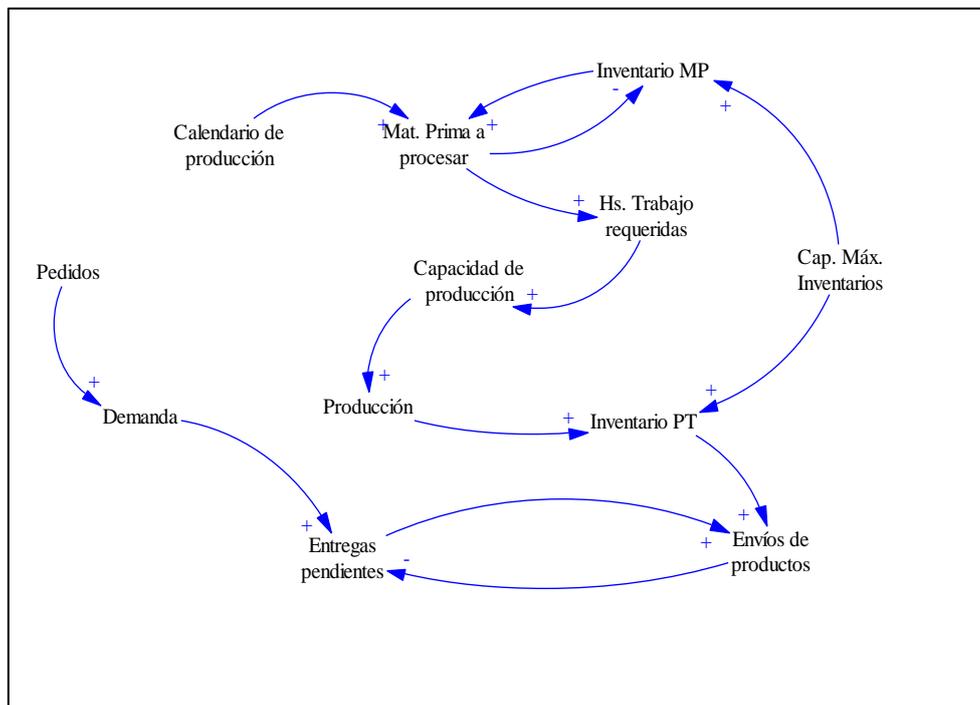
Los pasos que se utilizaron en el presente trabajo y que son comunes para la ilustración del diagrama causal, son los siguientes:

1. Definir le problema: sin duda esta es la etapa clave del estudio a realizar. El problema para el trabajo se encuentra especificado más arriba en este mismo documento. Con frecuencia el cliente no plantea con sinceridad al consultor que va a realizar el modelo el propósito final del estudio. Es necesario presionar tanto como sea posible para lograr una definición precisa del problema que debemos analizar. Es recomendable escribir el problema en el centro de una hoja en blanco. Más adelante se entenderá el por qué.
2. Definir las influencias de primer orden: En esta etapa es importante escribir el nombre de todos los elementos que creemos que tienen influencia en el problema. Aquí se escribió el nombre de estos elementos alrededor del nombre del problema que había escrito en el centro de la hoja en blanco.
3. Definir las influencias de segundo orden: Una vez que tenemos localizados los elementos que influyen directamente en el estado del problema en los términos que hemos definido, hemos de identificar los elementos que influyen en ellos, a los que llamaremos influencias de segundo orden.  
 Son elementos no relacionados directamente con el problema, pero que condicionan de forma decisiva a los que sí lo hacen. Por lo tanto, debemos de tener presente el estado y la evolución de los elementos.
4. Definir las influencias de tercer orden: Repetiremos el proceso con nuevos elementos que influyen en ellos, y repetiremos esta operación tantas veces como sea necesario. A continuación, se ilustra lo que se hizo hasta el paso numero 4:



5. Definir las relaciones: La siguiente etapa consiste en dibujar las flechas o influencias que creemos existen entre los elementos del sistema y en asignar un signo positivo o negativo a cada una de las relaciones. El sentido de la relación causal y su signo no debería presentar una gran dificultad.
6. Identificar los bucles de realimentación: Los bucles nos van a dar señales sobre el posible comportamiento del sistema, y también sobre las posibles medidas para incrementar sus efectos o bien para atenuarlos. Para ello deberemos de identificar tanto los bucles que existen como los signos de estos y a partir de ahí buscaremos en los bucles positivos los motores del cambio y en los negativos las causas de la estabilidad del sistema.  
Esta es una buena oportunidad para identificar aquellas relaciones donde existen retrasos significativos, ya sean de materiales o de información, y los señalaremos en el diagrama, ya que este aspecto va a crear una dinámica propia del sistema.
7. Depurar las influencias no relevantes: Es necesario depurar el sistema de aquellos elementos inicialmente incluidos en él pero que en las etapas siguientes hemos percibido que su papel en relación al problema que nos ocupa no es relevante, en ocasiones simplemente porque sus efectos se producen más allá del horizonte temporal con el que hemos planteado el problema.

Acto seguido, se presenta el diagrama causal al cual se llegó.



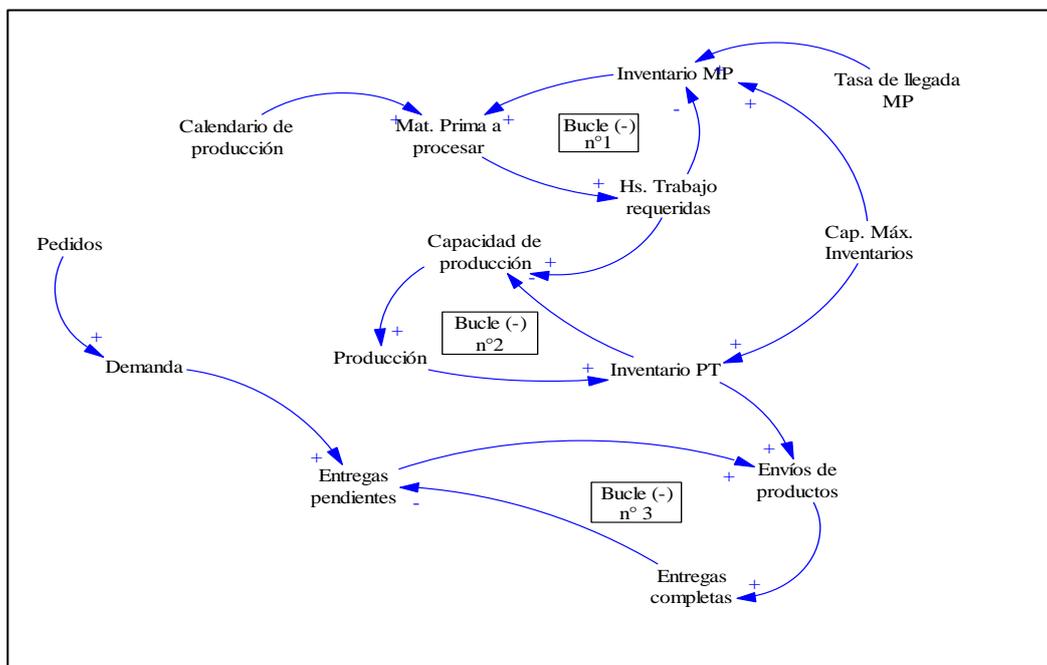
Fuente: Elaboración propia. Software VENSIM PLE

A medida que se avanzó en la lectura de la herramienta se pudieron observar algunas modificaciones que eran necesarias en el primer diagrama obtenido. Este nuevo diagrama se ilustra más adelante, pero antes procederé a explicar cuáles son estos cambios.

Por un lado, se hizo énfasis en representar de manera correcta tres bucles negativos que se encontraron en el funcionamiento del sistema. El bucle 1 está representado en la fase inicial del proceso. Como se puede observar la existencia de materia prima a procesar produce que se aumente las horas de trabajo necesarias para producir, lo que al hacerlo provoca que el inventario de MP disminuya debido a la utilización de la misma. Además, decidí agregar una variable auxiliar a la de Inventario de MP como tasa de llegada de MP.

El segundo bucle funciona como sigue, la capacidad de producción y stock que tiene la fábrica en un momento dado influencia a la producción en sí que se lleva a cabo para un momento dado. Luego la producción afecta a la variable “Inventario de producto terminado”, lo que a la vez influye negativamente en la capacidad de producción ya que a mayor inventario disminuye la capacidad de producir e inventariar debido a la falta de espacio.

El tercer y último bucle es el que se genera en el proceso de entrega de productos. Aquí la variable “Entregas pendientes” influencia positivamente a la variable “Envío de productos” la cual a su vez impacta positivamente en “Entregas completas”. Pero ésta última va a tener un efecto negativo en “Entregas pendientes” ya que, a mayores envíos completados disminuye la lista de los pendientes.



Fuente: Elaboración propia. Software VENSIM PLE

Se adjunta en el apartado “apéndice 2” del apéndice del trabajo, imágenes de los bosquejos y anotaciones que se llevaron a cabo previamente a la obtención de éste diagrama causal final.

## **Creación del diagrama de Forrester**

Para la elaboración de este diagrama comencé con diferenciar cuales variables eran de flujo y cuáles de stock. La explicación de que representa cada una de éstas se encuentra en el capítulo 1 del trabajo - Marco Teórico -. Sin embargo, a modo de resumen, las variables de stock son aquellas cuya evaluación es significativa para el estudio del sistema. También llamadas variables de estado, representan magnitudes que acumulan los resultados de acciones tomadas en el pasado. Esta función de acumulación puede asimilarse a la del nivel alcanzado por un líquido en un depósito; de ahí proviene la denominación de nivel.

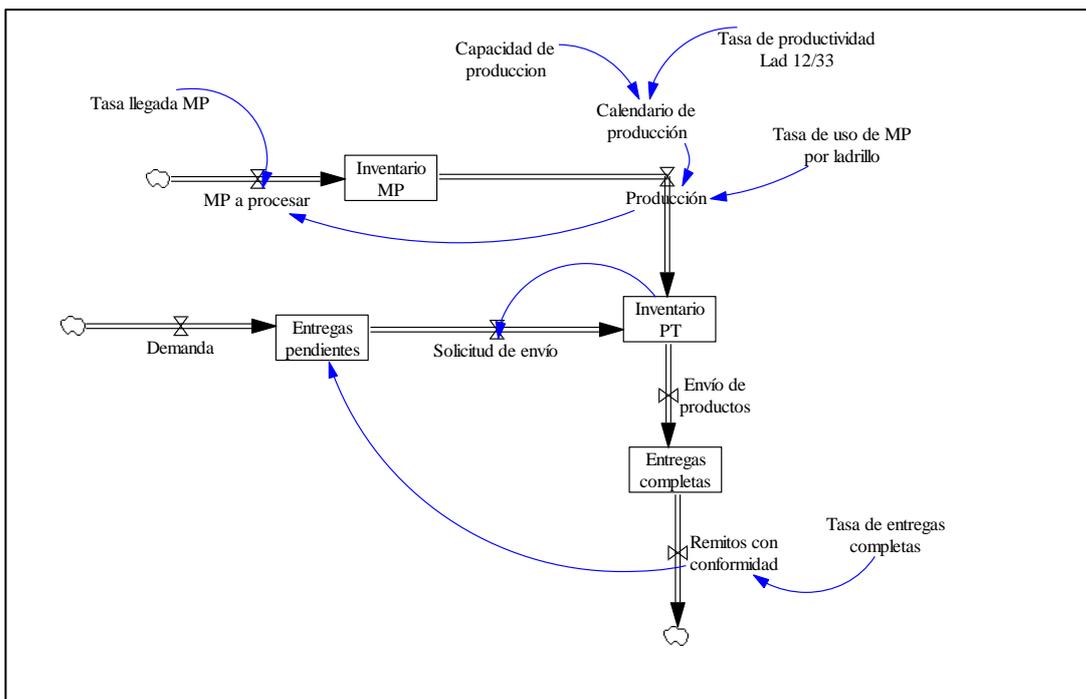
Las variables de flujo determinan las variaciones en los estados del sistema, es decir en las variables de stock. Las variables de flujo caracterizan las acciones que se toman en el sistema, las cuales quedan acumuladas en los correspondientes estados; es decir, determinan cómo se convierte la información disponible en una acción o actuación.

Habiendo aclarado lo anterior, procedo a explicar el desarrollo del diagrama de Forrester. A partir del último diagrama causal, el primer paso fue identificar que variables eran de stock, cuáles de flujo y cuales otras eran auxiliares. Una pregunta que me hice en esta instancia fue, de todas las variables que había logrado identificar ¿cuáles son variables que representan estados significativos para el funcionamiento del sistema? Entonces la respuesta fue casi automática: el inventario de productos terminados y las entregas completas. Luego entendí que también lo eran el inventario de materia prima, ya que en base a este se alimenta todo el sistema de producción, y por otra parte la variable de entregas pendientes, porque entiendo a ésta como un nivel que va a medir la eficiencia en el cumplimiento de los pedidos de los clientes.

El siguiente paso fue identificar que variables corresponderían a las de flujo, tanto de entrada como de salida, para cada una de las de estado previamente definidas. Este paso requirió de un proceso de análisis un poco más elaborado. Por un lado, porque me encontraba con que, por ejemplo, en el diagrama de influencias había dos variables de stock que se relacionaban directamente – entregas pendientes y envío de productos – por lo que tenía que poder relacionarlas con una de flujo para poder lograr el correcto funcionamiento del sistema. Fue así como decidí hacerlo por medio de la variable “solicitud de envío”, cuya función es disminuir las entregas pendientes

siempre y cuando haya stock de productos terminados suficiente para satisfacer la demanda. Además, fue necesaria la incorporación de variables auxiliares en forma de tasas ya sean de llegada de materia prima, de productividad o de entrega de mercadería. Éstas van relacionadas a variables de flujo, y proporcionan información para definir la función de entrada o salida de las mismas.

El primer diagrama de Forrester que obtuve se presenta a continuación.



Fuente: *Elaboración propia. Software VENSIM PLE*

Luego se procedió a manipular el modelo con datos estimados para verificar si el diseño funcionaba de manera correcta, lo cual me permitió advertir que era necesario realizarle modificaciones. En primer lugar, a la “capacidad de producción” se le agregó al nombre la palabra “horas” y que representa la cantidad de horas que la fábrica está en funcionamiento en un determinado día y que nos va a servir para establecer el calendario de producción diario. También se incluyó la variable “horas habilitadas para descarga de tierra”, la cual es una constante que indica la cantidad de horas durante las cuales la fábrica tiene abierto el depósito de tierra para descarga. Corresponde aclarar que las horas durante las cuáles se puede producir no necesariamente tiene que coincidir con las horas disponibles por día para la recepción de MP.

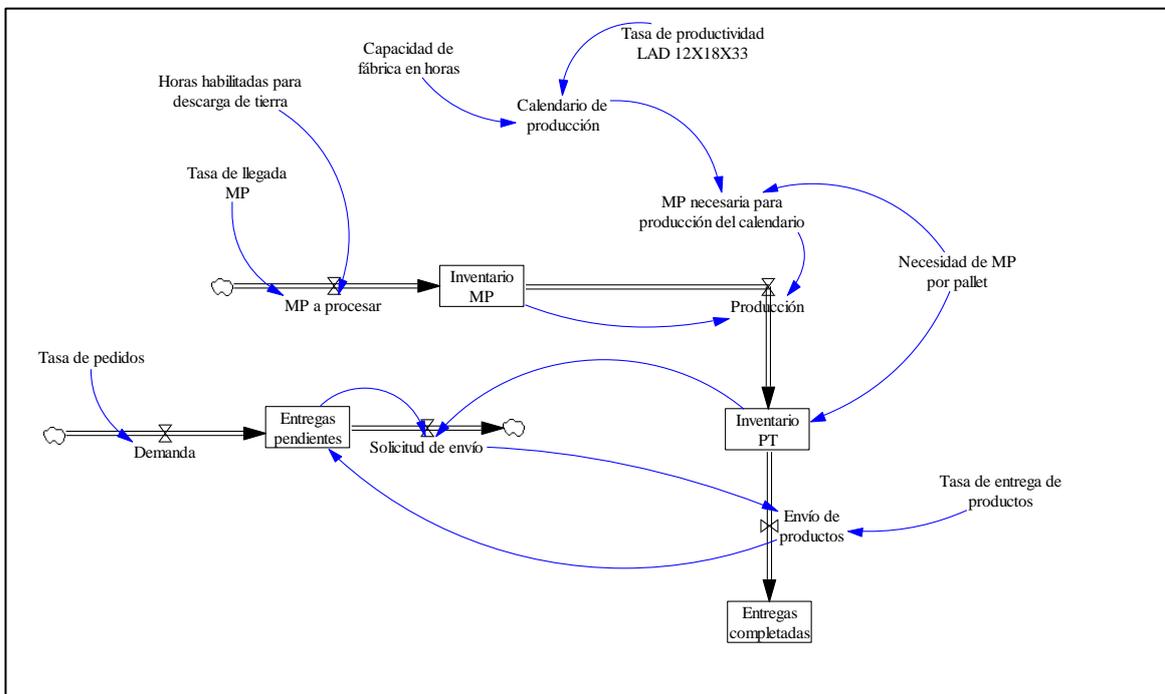
Otra modificación fue necesaria para la variable flujo de salida “producción”. Para simplificar la formulación de las ecuaciones, se decidió expresar a la propia producción en la unidad de medida del inventario de MP y una vez que la misma entra al inventario de PT, realizar aquí el cambio a la

unidad de medida correspondiente al producto final. Para esto, se incorporó la variable constante “necesidad de MP por ladrillo” y combinándola con la variable “calendario de producción” se obtuvo la “MP necesaria para el período”, la cual se usa a la vez para calcular la producción.

La última modificación, consistió en eliminar la variable de flujo de salida “remitos con conformidad” ya que entiendo que la variable entregas completadas va a acumular a través del tiempo todos los envíos efectuados.

Como puede observarse el proceso del modelado no es secuencial y en un solo sentido, sino que, con frecuencia al completar alguna fase, se debe volver a una fase anterior, para reconsiderar algunos supuestos y continuar perfeccionado así el modelado.

Por lo tanto, el modelo final del diagrama de Forrester quedó como sigue.



Fuente: Elaboración propia. Software VENSIM PLE

El siguiente paso, fue terminar de recolectar los datos necesarios para establecer las ecuaciones de las variables y poder así probar que el modelo esté correctamente elaborado para el sistema.

## **Recolección y análisis de datos**

Para concretar esta etapa, fue necesario acceder a la base de datos del sistema informático de la empresa. Para lo cual, debí contar con autorización y en algunas circunstancias con la presencia de un supervisor para extraer los datos.

En el sistema se encuentran listados de muchos años sobre recepción de tierra (MP del proceso), consumos de la MP a lo largo del proceso productivo, los pedidos generados por los clientes, la producción que se concretó, los inventarios, listas con todos los remitos emitidos, y una enorme cantidad de información adicional.

El primer dato que se buscó generar fue la tasa de llegada de MP. El procedimiento consistió en que de una lista con las cantidades de m<sup>3</sup> que llegaban por mes a la fábrica, se realizó una suma de las mismas correspondientes a todos los meses de 2017, 2018 y hasta mayo de 2019. Luego se calculó el número de días en que la fábrica estuvo recibiendo la tierra durante ese tiempo y se dividió la cantidad total de m<sup>3</sup> en los días para obtener la cantidad de tierra promedio que se recibieron por día en ese período. A su vez a este dato se lo dividió en la cantidad de horas que se habilitan por día para permitir que ingrese la tierra – dato estimado por capataz de la fábrica -, y así obtener los m<sup>3</sup> promedio que ingresan a la fábrica por hora.

Cantidad de m <sup>3</sup> de tierra ingresado	478,854
Nº de días en donde hubo ingreso	710
m <sup>3</sup> promedio ingresado por día	674
Horas diarias habilitadas para ingreso	10
m <sup>3</sup> promedio ingresado por hora	67.4

El segundo dato que se generó fue el de la necesidad de m<sup>3</sup> que requiere cada pallet del ladrillo 12X18X33. Esta información fue necesaria para poder indicarle al modelo cuánto del inventario de MP se reduce con la producción planificada para un período específico. Conté con la ayuda de un contador de la empresa, ya que son quienes manejan esa información para los cálculos de costos. Los datos que tenían eran el de cantidad de kilos que pesa cada ladrillo y el de cantidad de ladrillos que hay en un pallet. Entonces procedimos a averiguar cuantos kilos son un m<sup>3</sup> de tierra, al cual dividimos en los kilos que pesa un ladrillo para obtener cuántos de éstos se obtienen de un m<sup>3</sup>. Luego dividimos ese número en la cantidad de ladrillos que hay en un pallet para dar con el número de éstos que se fabrican con un m<sup>3</sup> de tierra.

Un m3 tierra son	1600	Kgs de tierra (Promedio)
Peso de cada ladrillo	4.5	Kgs
Con un m3 de tierra se produce	355.6	LADRILLOS
Cada pallet del 12X18X33 contiene	144	LADRILLOS
Con un m3 de tierra se produce:	2.47	PALLETS

El tercer dato fue el correspondiente a la tasa de entrega de productos. Para obtener el mismo, se utilizó como información un trabajo grupal realizado para la materia “Análisis cuantitativos de negocios”, durante el primer cuatrimestre del año 2019. En el mismo, a partir de un listado de remitos emitidos y por medio de la herramienta “tabla dinámica”, se calculó el total general de pallets que se entregaron por día de semana durante los últimos dos años y luego se lo dividió a cada uno en la cantidad de días respectivos en los que hubo entregas, obteniendo así el numero promedio de pallets entregados por día. Por último, se dividió ese número en la cantidad de horas por día habilitadas para despachar mercadería. Para los días de lunes a viernes se utilizó una franja horaria de 9 horas y para los sábados una de 4 horas.

Adicionalmente se calculó para los datos de pallets promedio entregados por día; el valor mínimo, máximo, la media y la desviación estándar.

Descripcion	LAD. HUECO 12X18X33 (CP 144)			
Etiquetas de fila	Suma de Cantidad	Cantidad de días	Pallets promedio entregados por día	Pallets promedio entregados por hora
lunes	26725.52	110	242.96	27.00
martes	29040	116	250.34	27.82
miércoles	29198	122	239.33	26.59
jueves	30009.6	123	243.98	27.11
viernes	26022.92	118	220.53	24.50
sábado	12630	121	104.38	26.10
Total general	153626.04			

104.38	Mínimo
250.34	Máximo
216.92	Media
56.05	Desviación estándar

El cuarto dato fue el de la tasa de productividad de pallets por hora. Para este se accedió a una planilla de Excel compartida entre el sector producción y ventas. En la misma se cargan por día, para los distintos meses, la cantidad producida por cada tipo de producto. Lo que se hizo fue a los totales por mes dividirlos en la cantidad de días que tiene el mes correspondiente. Luego a ese número se lo dividió en la cantidad de horas en promedio que se produjo por día – dato estimado por capataz de la fábrica en 22 horas diarias - para obtener la cantidad promedio de producción por hora para cada mes.

El último paso fue, calcular para todos esos valores el mínimo, máximo, la media y la desviación estándar.

<b>8.73</b>	<b>Mínimo</b>
<b>14.01</b>	<b>Máximo</b>
<b>11.00</b>	<b>Media</b>
<b>1.1662</b>	<b>Desv. Estándar</b>

El quinto y último dato que se requirió para operar el modelo fue el de la tasa de pedidos que existió para el tiempo en consideración y para el tipo de ladrillo seleccionado. Para la obtención del mismo se obtuvo una estimación por parte de la gerente de ventas, ya que la planilla en donde están plasmados los datos históricos por mes, no fue suministrada por la persona encargada después de reiterados pedidos. Ante esta situación, la estimación que recibí fue que la tasa de pedidos puede tener una variación de entre 220 y 350 pedidos por día en promedio y en condiciones normales.

Resulta oportuno informar que, por pedido de la empresa, las planillas y listados que se extrajeron del sistema para el cálculo de los datos no pueden ser incluidas en el presente trabajo por cuestiones de confidencialidad.

### **Evaluación del modelo**

Posteriormente, fueron incluidas las ecuaciones que describen el comportamiento de cada variable y los parámetros asociados para simular el modelo. El detalle de las ecuaciones utilizadas para cada variable se muestra como anexo dada su magnitud y complejidad. Para verificar que no se cometieron errores durante la construcción del modelo, se realizaron análisis de sensibilidad de las variables, con modificaciones en los parámetros numéricos y ecuaciones planteadas, hasta verificar que los tipos de resultados obtenidos fueran adecuados y congruentes con la realidad de la empresa.

El horizonte de tiempo que se utilizó en el modelo fue de un mes (31 días seguidos) y suponiendo que se produce y vende todos los días de la semana. Se considera que para poder evaluar de manera más adecuada las distintas decisiones que se podrían llegar a tomar, el tiempo definido es el adecuado ya que una semana es muy poco tiempo para observar cambios significativos y más de un mes significaría que una decisión no puede cambiarse en ese plazo, lo cual no es real.

Se realizó un análisis de sensibilidad para las principales variables, con los datos otorgados por parte de la organización.

Para la “tasa de llegada de MP” se la definió como una variable constante, la cual toma el valor calculado de 67.4 m<sup>3</sup> ingresados por hora. Igualmente fue

para la “necesidad de MP por pallet”, cuyo valor es el definido en el apartado anterior.

Para la “tasa de entrega de productos” se le aplicó una distribución normal con el objeto de modificar su comportamiento en diferentes porcentajes de forma aleatoria en base a los datos calculados a partir de la información obtenida. Esto porque se entiende que las entregas no podrían tomar un valor constante para cada día durante un mes.

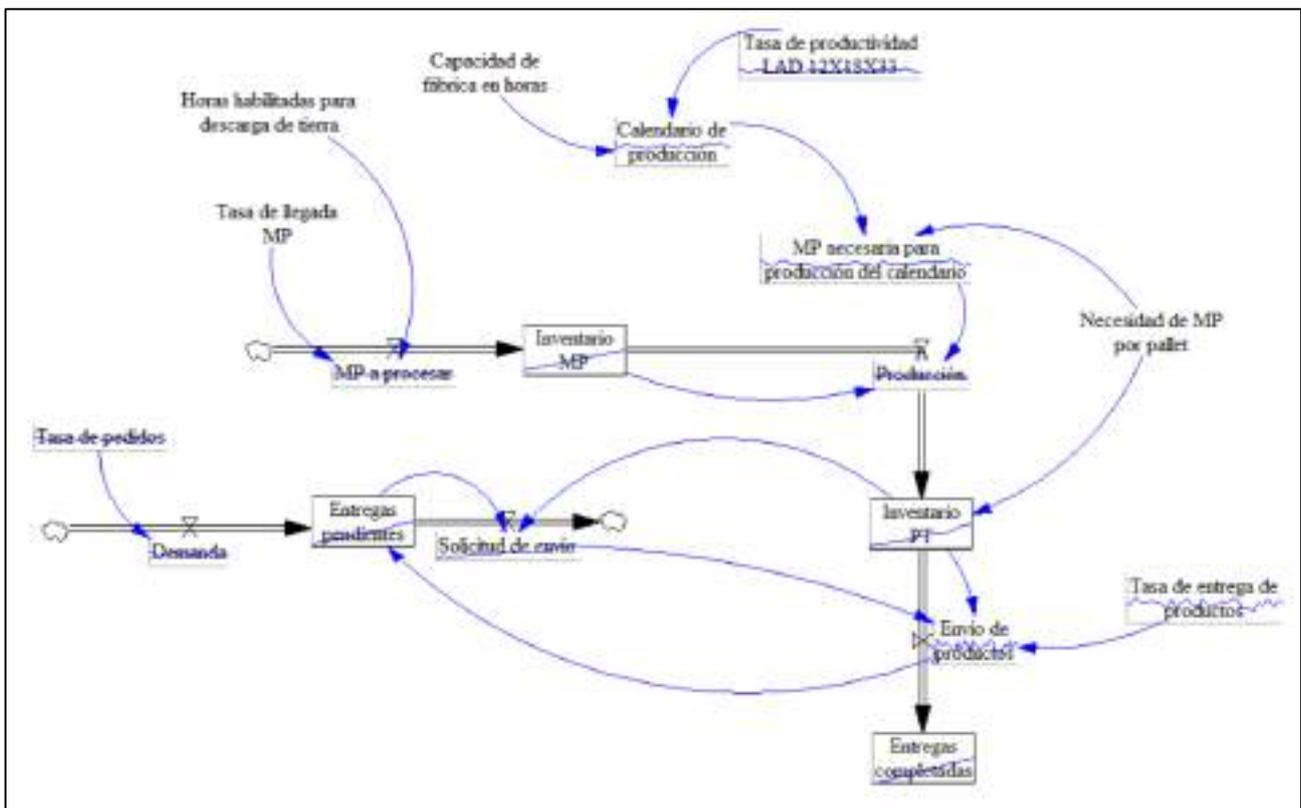
La misma distribución se definió para la “tasa de productividad LAD 12X18X33” debido a que, para ésta, también se entiende que no puede mantener un valor constante durante todo un mes.

Para la última variable, “tasa de pedidos”, se definió una distribución uniforme con los datos proporcionados por la gerente de ventas. Se seleccionó esta distribución ya que no se contaba con más información y por lo tanto se le asignó la misma probabilidad de ocurrencia para los valores comprendidos entre el mínimo y el máximo.

Vensim PLE 8.0.5 permite graficar el comportamiento de las variables para cada porcentaje asignado, mostrando su variación en el tiempo.

El resto de las variables fue analizado oportunamente en la etapa de formalización, y fueron validadas por expertos y datos históricos disponibles.

Al simular el modelo, Vensim PLE 8.0.5 permite visualizar gráficos y tablas explicativas de cada variable, con sus variables causales, para analizar los orígenes de su comportamiento en un periodo previamente definido. En este caso, como se indicó, se eligió un rango de 31 días.

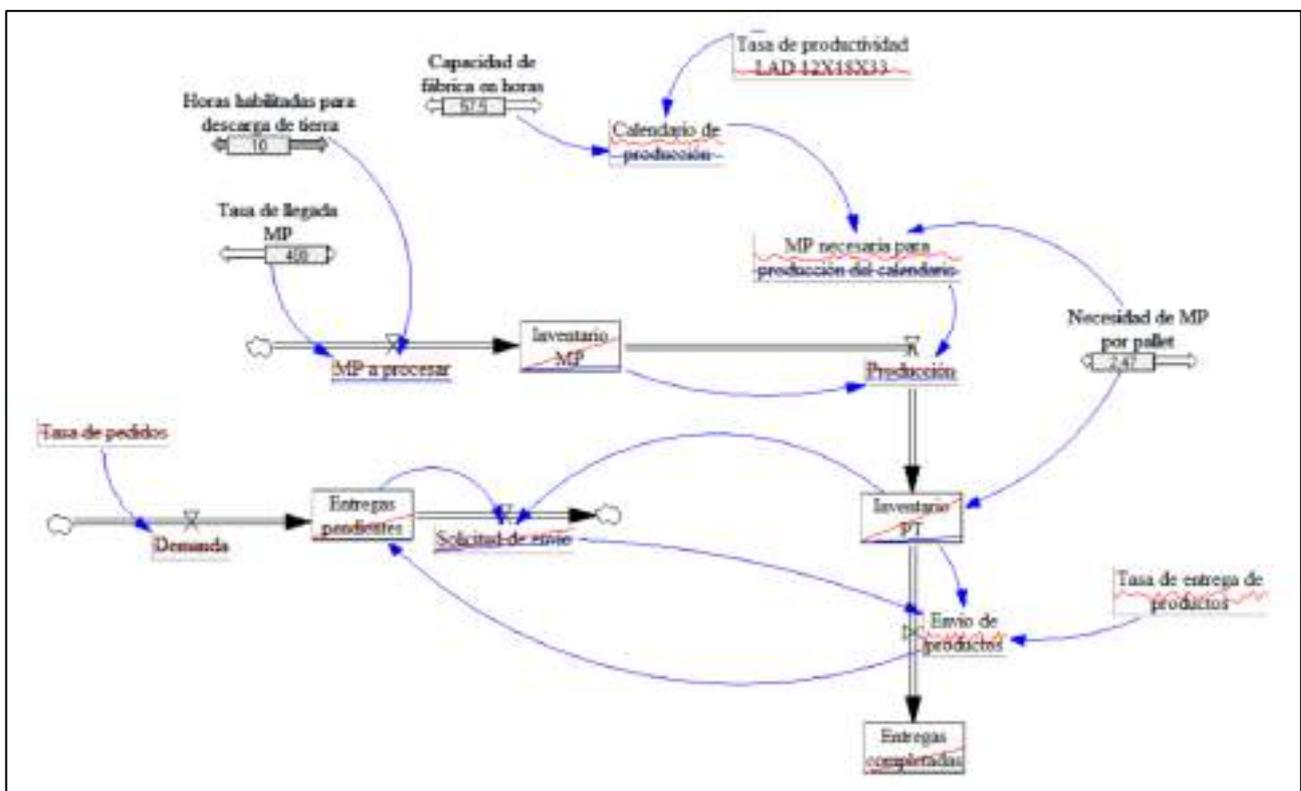


Fuente: Elaboración propia. Software VENSIM PLE.

Las salidas que se muestran, representan el comportamiento de las principales variables constituyentes del proceso en condiciones normales y sus respectivas variables causales.

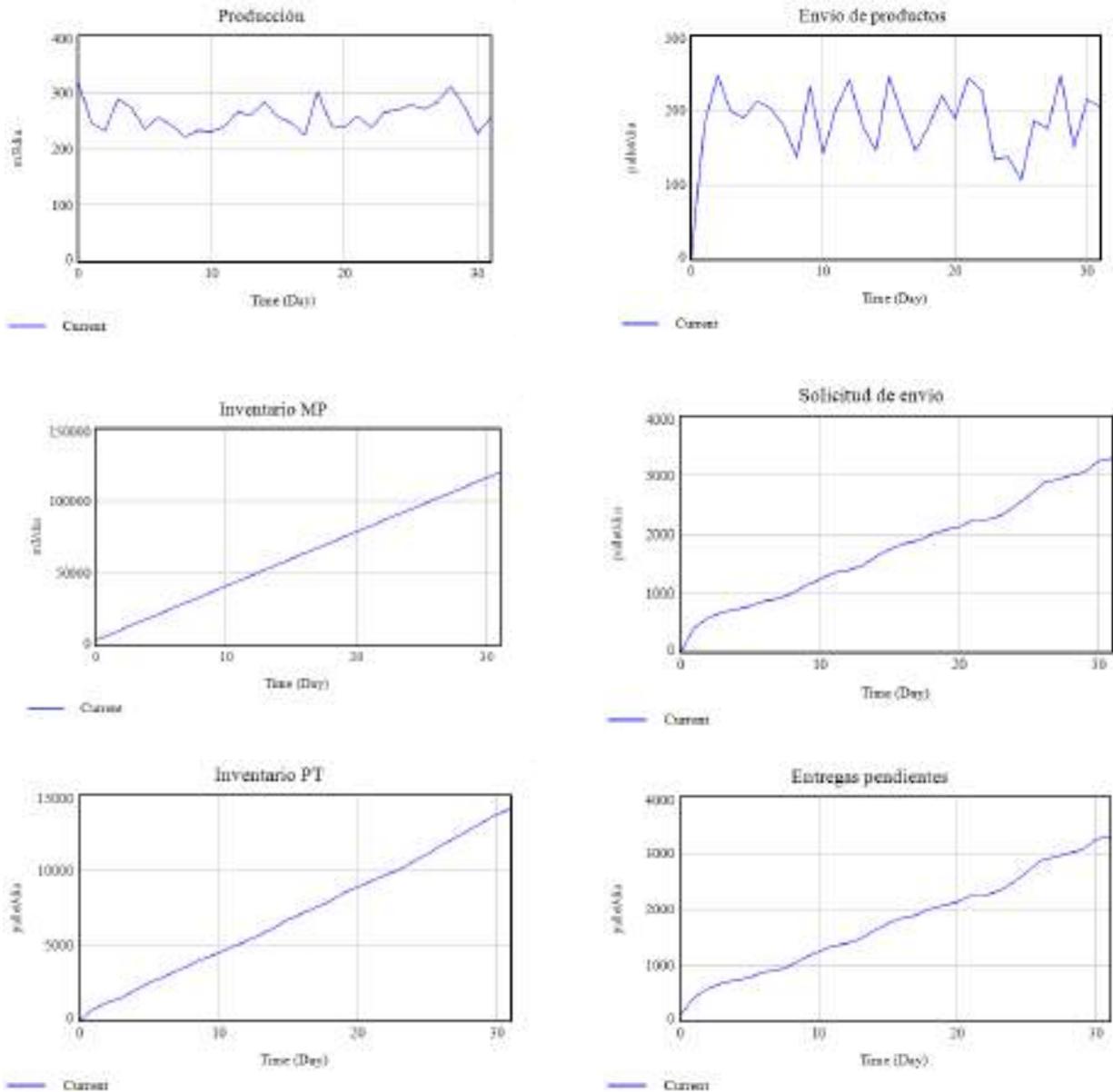
Como puede observarse en el cuadro anterior, en un estado normal en el que la fábrica opera durante 22 horas para producir y en donde el tiempo habilitado para descargar tierra es de 10 horas diarias, el inventario de PT comienza al principio de mes en un nivel bajo, pero a medida que avanzan los días este comienza a elevarse hasta niveles aceptables y puede así generarse un nivel de stock de productos terminados suficiente para hacerle frente a la demanda. Esto porque la llegada constante de tierra permite que a fin de mes se cuente con un stock de materia prima suficiente para hacerle frente a la producción, la cual está definida por la tasa de productividad variable según la distribución normal asignada.

El siguiente paso fue manipular dos variables en niveles superiores a los máximos permitidos para probar los límites del modelo, lo que produjo cambios extremos en las variables de estado. Estas variables que se manipuló fueron la “capacidad de fábrica en horas” y la “tasa de llegada de MP”. A la primera se le dio el valor de 57.5, el cual es ilógico ya que supera el máximo de 24 horas diarias; y al segundo se le asignó el valor de 400 m<sup>3</sup> receptionados por hora, un valor también imposible debido a la capacidad actual que posee la empresa para extraer y transportar tierra. A continuación, se ilustra un print de pantalla del modelo con los cambios y a continuación los cuadros resultantes que provee el software.



Fuente: Elaboración propia. Software VENSIM PLE.

Las líneas rojas representan los nuevos valores que toman las variables después de haber introducido el cambio y las azules representan cuales eran los valores antes del cambio, es decir en la situación normal antes mencionada.



En estos cuadros se puede identificar como las variables toman valores extremos, por ejemplo con el inventario de productos terminados, que para fin de mes arroja un valor de 14 mil pallets de ladrillo en stock, lo cual es imposible para la capacidad de espacio con la que cuenta la empresa; misma situación para con el inventario de materia prima.

Adicionalmente, el software nos brinda los siguientes esquemas que buscan ilustrar de una manera sencilla las relaciones que causan, en este caso, el inventario de PT y las solicitudes de envío de productos.



Fuente: Software VENSIM.

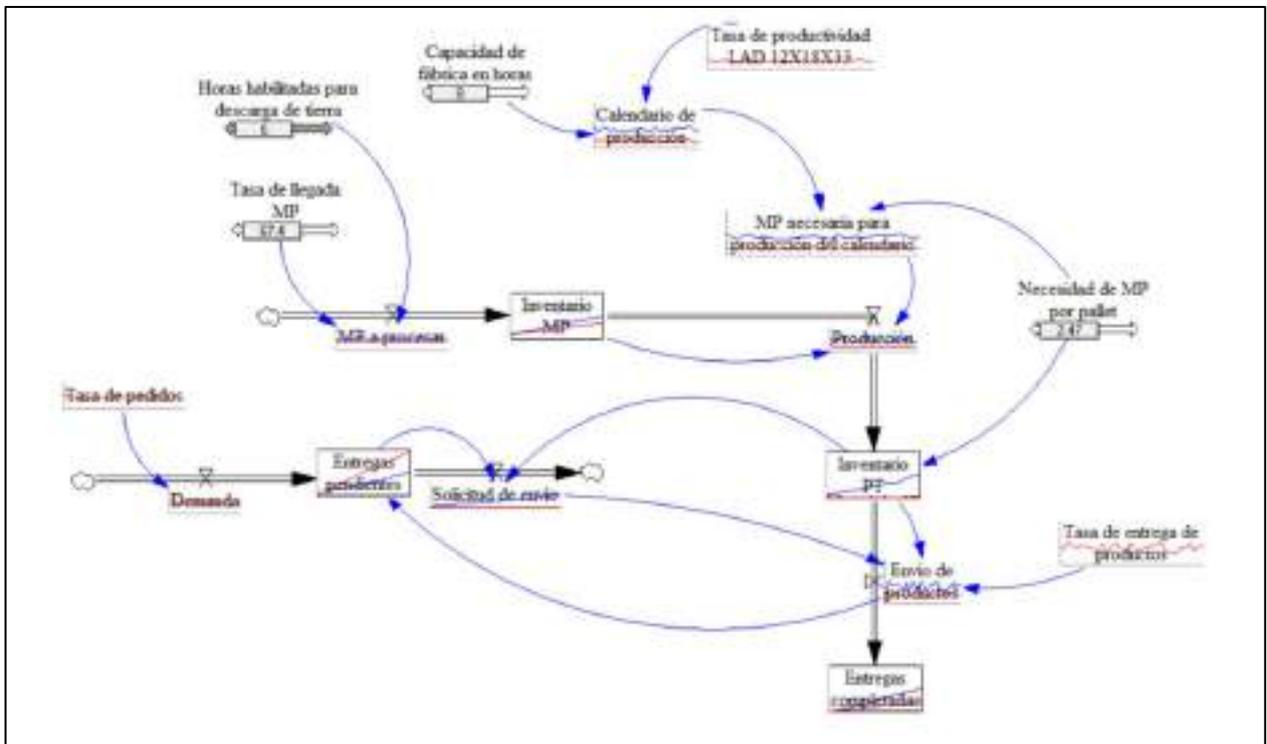
## **Análisis de escenarios**

El análisis desarrollado a continuación, muestra el comportamiento de la empresa en las distintas situaciones que se podrían llegar a presentar. Para el mismo se considera un horizonte temporal igual al que se utilizó para la evaluación del modelo, el cual es de 31 días.

Se procedió a realizar una simulación del modelo en un contexto que llamaremos “pesimista”. En el mismo se considera que la empresa decide disminuir la cantidad de horas en las que la fábrica opera, debido a que se estima que la demanda en el futuro cercano comienza a disminuir, y como complemento también disminuir el tiempo habilitado para la recepción de materia prima.

El software Vensim PLE 8.0.5, dentro de sus funciones, permite manipular ciertas variables auxiliares para observar los cambios que éstas producen en las variables clave. Además, se volvió a definir la variable “tasa de pedidos”, manteniendo la distribución uniforme, pero cambiando el mínimo y el máximo debido a la disminución de la demanda. El valor mínimo quedó en 200 y el máximo en 310 pallets diarios.

A continuación, se presenta un print del modelo para este escenario. Las líneas azules representan la situación normal mientras que las rojas el nuevo escenario pesimista.



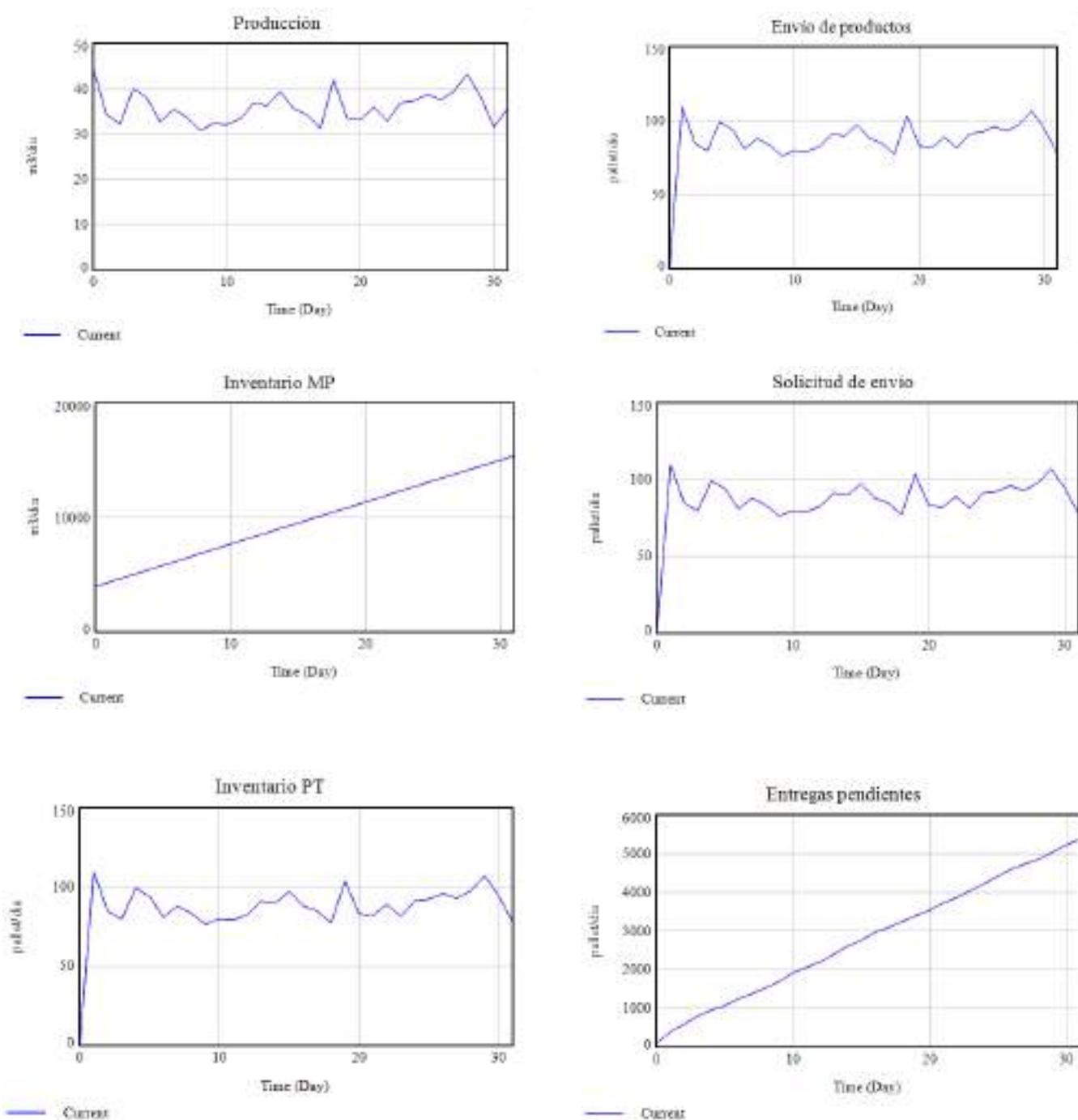
Fuente: Elaboración propia – Escenario pesimista. Software VENSIM PLE.

Podemos observar como la capacidad de fábrica en horas se reduce a solo una jornada de 8 horas, mientras que las horas habilitadas para la recepción de tierra se define en 6 horas diarias.

Esto produce en el sistema que caiga el volumen de inventario de MP por la disminución del ingreso de tierra, pero no lo hace en gran volumen debido a que también existe una baja de la producción por la menor cantidad de horas disponibles de operación de fábrica, es decir menos consumo de materia prima.

En cuanto al inventario de PT, este se reduce en gran volumen debido por un lado a la propia caída de la producción, pero también porque disminuyen las solicitudes de envío, lo que es provocado por la baja en la tasa de pedidos. Esto a su vez produce que las entregas pendientes aumenten, debido a que se suman las acumuladas hasta períodos anteriores más las que no se pueden entregar por la falta de inventario.

Por último, también se puede identificar como el envío de productos disminuye notablemente.

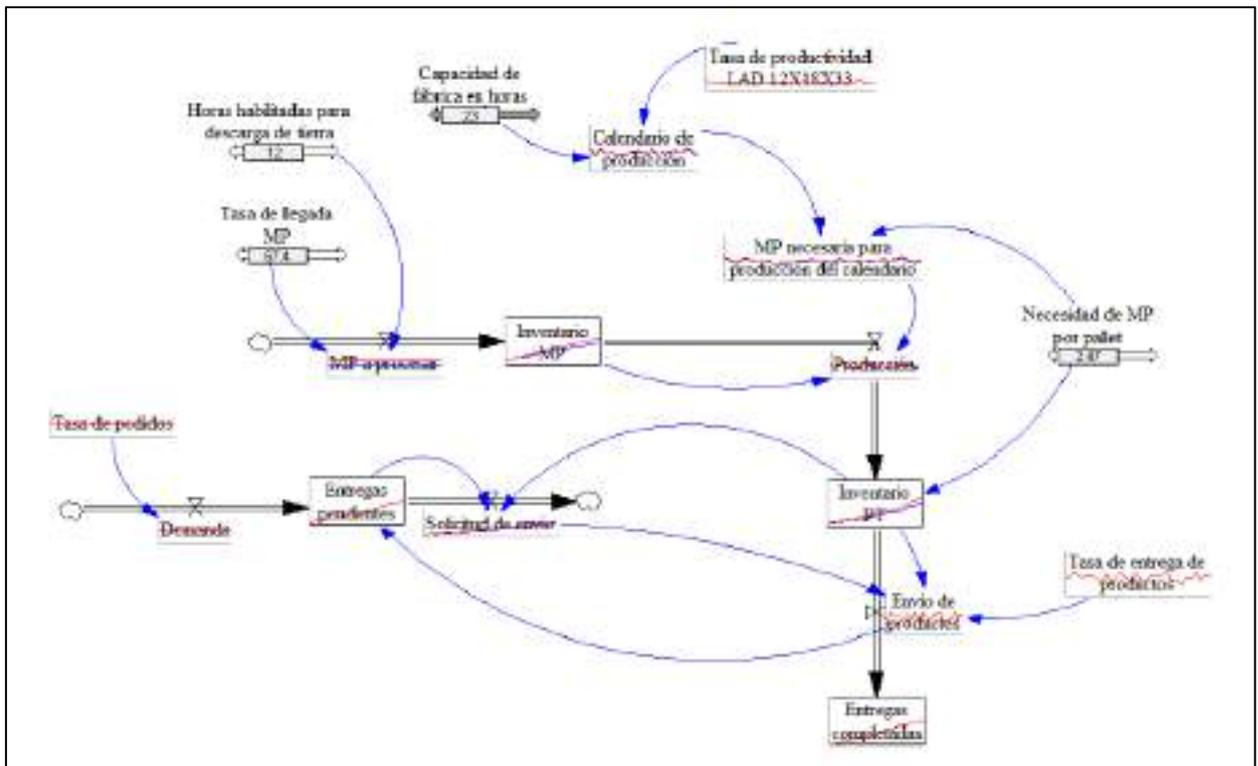


Fuente: Elaboración propia – Escenario pesimista. Software VENSIM PLE.

En estos cuadros proporcionados por el sistema, podemos ver cómo tanto la solicitud de envío, la producción y el envío de productos toman valores inferiores a los que existirían en un escenario normal. A la vez, se ve cómo se comportan de manera muy similar al inventario de PT, lo cual se explica porque al definir a estas primeras variables, todas fueron definidas en función del nivel de stock de producto que posea la empresa en un momento dado. Esto puede

comprobarse en las ecuaciones extraídas del software y que se encuentran presentes en el anexo del trabajo.

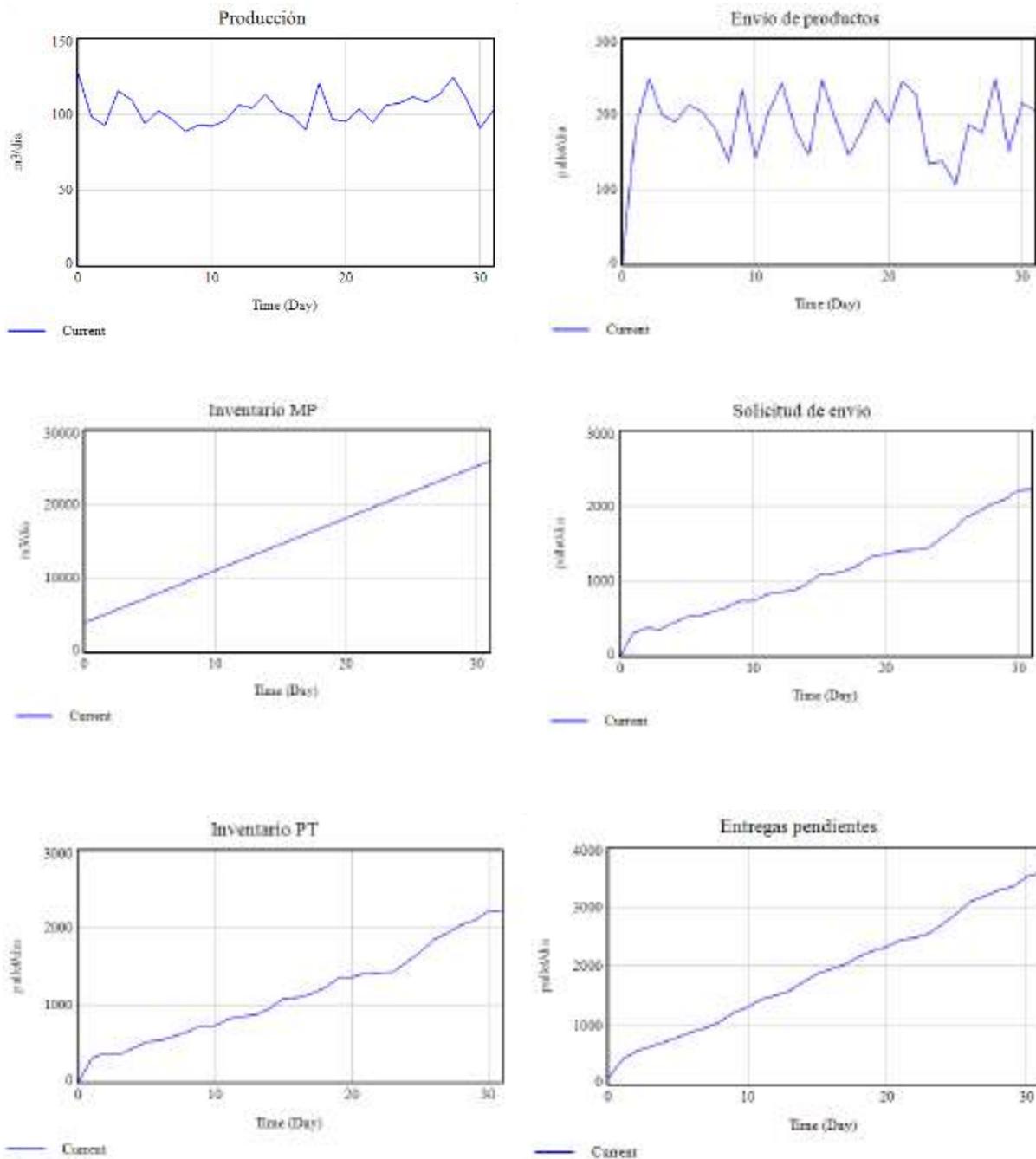
El escenario alternativo que se propone evaluar en esta oportunidad es al que llamaremos “optimista”. En el mismo se considera que la demanda de los productos aumenta, por lo que la decisión en consecuencia es aumentar la cantidad de horas de producción a la vez que se lo hace con la cantidad de horas habilitadas para recepción de tierra. Por esto se define nuevamente la variable de tasa de pedidos, en una distribución uniforme con el valor mínimo en 260 y el máximo en 330. A continuación, el print del modelo para este escenario.



Fuente: Elaboración propia – Escenario optimista. Software VENSIM.

La capacidad de fabrica en horas se eleva hasta las 23 horas diarias de producción, mientras que las horas habilitadas para la descarga de tierra se aumenta a 12 horas diarias.

Entre las consecuencias más importantes que desencadena esta nueva situación, comparandola con el escenario normal, están; el leve aumento del inventario de MP debido al mayor flujo de tierra, también un pequeño aumento en la producción posibilitado por la mayor cantidad de horas disponibles para producir; y esto en conjunto permite que se incremente el volumen de inventario de PT. A su vez, se produce un aumento en las solicitudes de envío que se posibilita por el aumento de la demanda y del propio stock de productos. Por último, en cuanto al envío de productos, se mantiene en valores similares al del escenario normal, debido a que los valores de la distribución asignada a ésta no fueron modificados.



## **Capítulo 4**

### **Recomendaciones**

Terminada esta instancia del trabajo, encontré propicio mencionar ciertas recomendaciones que considero deben ser tenidas en cuenta por la empresa para continuar desarrollando la herramienta a futuro, si así lo requieren.

Es conveniente ahondar en el estudio del sistema y los procesos para incorporar una mayor cantidad de variables, de manera tal que el comportamiento del mismo sea cada vez más real.

A su vez, añadir variables para incorporar con éstas los demás tipos de productos que se ofrecen en la empresa.

Para la variable “tasa de pedidos”, se debería recolectar datos y aplicarles un análisis estadístico para reemplazar la estimación de la gerente de ventas, con el fin de volver más exacto al modelo.

Incorporar una variable que represente algún tipo de porcentaje de aceptación de pedidos, ya que se observó que recientemente comenzaron a postergar ciertos pedidos cuando la demanda es muy elevada y la compañía no puede hacerle frente a tal producción. Por lo que esta variable podría representar esa decisión particular.

Adicionalmente, agregar otra variable que represente el nivel general de actividad del sector, para que esta influya tanto a “tasa de pedidos” y a “tasa de entrega”. Entendiendo que cuando el nivel general sea bajo o alto, esto repercutirá a la baja o a la suba respectivamente en las variables antes mencionadas.

Por último, analizar los desperdicios que se observaron en la producción cuando las horas producidas se aumentan hasta su límite. Esto sobre todo cuando se trabaja en un escenario “optimista” y por ende se debe producir mayores horas al día. Luego incorporar la variable desperdicios al modelo, para que el inventario de PT incorpore datos más realistas.

### **Conclusiones**

La Dinámica de Sistemas es una herramienta muy útil que permite interpretar las complejas interacciones de estructuras y factores y, además, provee de un lenguaje simbólico que ayuda a representar gráficamente las interrelaciones de las variables relevantes de cualquier tipo de sistema. La construcción de un modelo mediante Dinámica de Sistemas requiere un alto conocimiento del sistema.

Facilita la comprensión y observación del comportamiento general del sistema en condiciones normales y ante escenarios alternativos, permitiendo

observar cómo influyen en él las políticas que lo determinan. Se debe representar en forma detallada cada ecuación, sin posibilidad de errores, para que el software sea capaz de comprender y simular el comportamiento que se desea representar, siendo muy importante determinar los parámetros adecuados para obtener un modelo confiable.

Es necesario incorporar elementos que muchas veces no se encuentran explícitos, que adquieren mucha importancia en el comportamiento del modelo y reelaborar varias veces las ecuaciones planteadas, incorporando elementos adicionales y comparando resultados hasta obtener un modelo lo más representativo posible del sistema real.

Para la elaboración de este trabajo fue necesaria una extensa recopilación de información, tanto para la utilización de Dinámica de Sistemas como metodología de modelado, la utilización del software para la resolución del modelo y para la adquisición de los conocimientos necesarios acerca del funcionamiento de la empresa.

El modelo elaborado mediante Dinámica de Sistemas permitió una visión integrada del sistema y representa de manera satisfactoria el funcionamiento de la empresa a partir de sus políticas. Mediante la representación gráfica de sus variables más influyentes y las realimentaciones que se producen entre ellas, fue posible una comprensión más precisa del funcionamiento de la empresa, en condiciones normales y ante cambios en algunas variables, en este caso, en el comportamiento de la demanda y la disponibilidad de recursos en horas disponibles para la fábrica. Esto permitió mejorar los modelos mentales del proceso y facilitar la comprensión de las relaciones causa-efecto del sistema, pudiendo experimentar, probar hipótesis y utilizarse como apoyo a la toma de decisiones.

Para este caso el modelo le permite a la gerencia evaluar cualquier escenario factible que pudiera llegar a presentarse para la empresa. Permite manipular un gran número de variables como ser los recursos horas, las tasas de pedidos, las tasas de envío de mercadería, las tasas de productividad de los ladrillos y la tasa de llegada de materia prima.

A simple vista, pareciera ser que lo que limita en gran medida el funcionamiento del sistema, y sobre todo en períodos de pico o crecimiento de demanda, es el envío de productos. Esto podría deberse a la capacidad que tiene la empresa actualmente para efectuar las entregas, debiendo realizarse un mayor análisis para corroborarlo y abordar las medidas necesarias.

No obstante, resulta oportuno mencionar a continuación, ciertas recomendaciones y pasos a seguir a tener en cuenta para perfeccionar el modelo en una segunda etapa.

## Apéndice

### 1) Apéndice 1: Análisis ABC de productos.

A continuación, se ilustra el proceso que se realizó para la obtención de los productos de mayor comercialización de la empresa. Este análisis se utiliza como justificación para centrar el modelaje, en esta instancia del trabajo, únicamente en el producto de mayor venta.

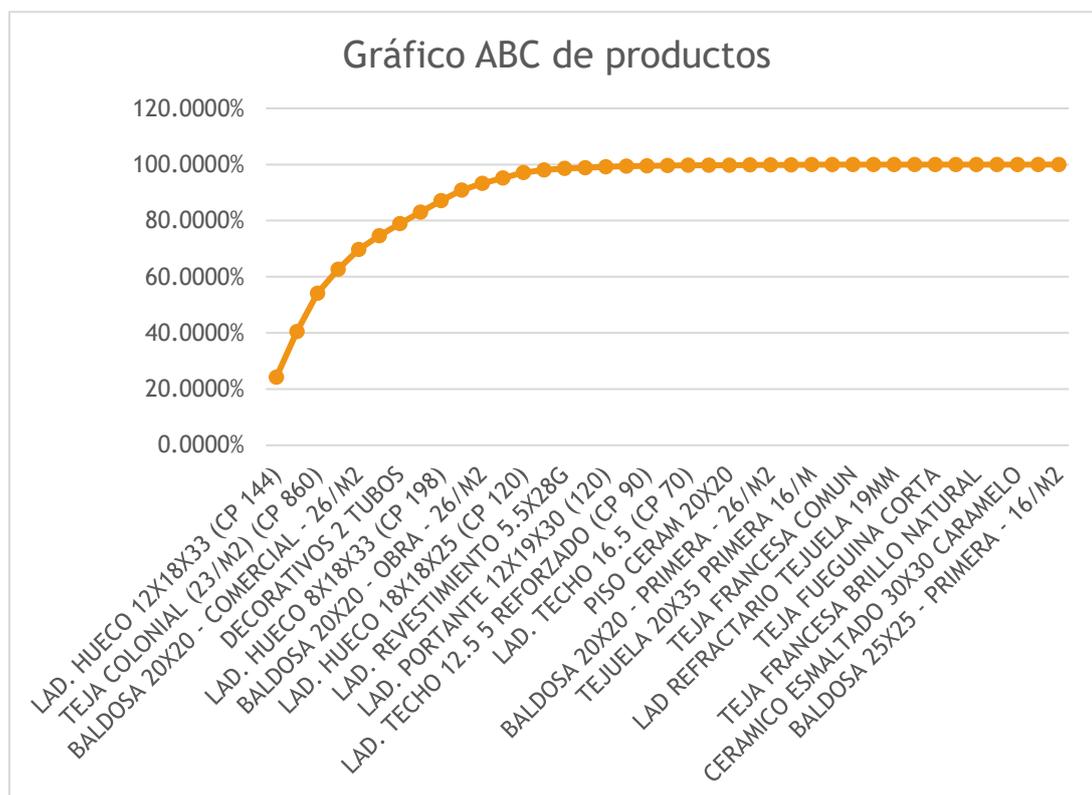
El primer paso fue adquirir del sistema un listado de los remitos emitidos por la empresa durante los últimos dos años de operaciones, en un documento de Microsoft Excel. A partir de éste lo siguiente fue utilizar la herramienta “tabla dinámica” para conocer la cantidad total de entregas que se hicieron para cada tipo de producto. El siguiente paso fue calcular los porcentajes respectivos a las cantidades antes mencionadas. Y, por último, con la opción “filtros” se ordenó de menor a mayor los porcentajes para encontrar los de mayor importancia. El resultado fue el siguiente.

Tipo de producto vendido	Suma de Cantidad	% del total	% acumulado
LAD. HUECO 12X18X33 (CP 144)	153,626	24.1979%	24.1979%
LAD. HUECO 18X18X33 (CP 90)	103,391	16.2853%	40.4832%
TEJA COLONIAL (23/M2) (CP 860)	86,282	13.5904%	54.0736%
LAD. HUECO 12X18X25 (CP 168)	54,707	8.6170%	62.6906%
BALDOSA 20X20 - COMERCIAL - 26/M2	44,771	7.0520%	69.7425%
TEJA COLONIAL (27/M2)	30,818	4.8542%	74.5967%
DECORATIVOS 2 TUBOS	27,150	4.2764%	78.8732%
CANTO CURVO - 1ª CALIDAD	26,265	4.1370%	83.0102%
LAD. HUECO 8X18X33 (CP 198)	25,986	4.0931%	87.1033%
TEJA FUEGUINA LARGA	23,607	3.7184%	90.8217%
BALDOSA 20X20 - OBRA - 26/M2	15,270	2.4052%	93.2269%
LAD. HUECO 8X18X25 (CP 264)	12,316	1.9399%	95.1668%
LAD. HUECO 18X18X25 (CP 120)	12,032	1.8953%	97.0621%
LAD. PORTANTE 18X19X30(CP 90)	6,073	0.9565%	98.0186%
LAD. REVESTIMIENTO 5.5X28G	3,465	0.5458%	98.5644%
CANTO RECTO - 1ª CALIDAD	1,777	0.2799%	98.8443%
LAD. PORTANTE 12X19X30 (120)	1,683	0.2651%	99.1094%
TEJUELA 20X35 COMERCIAL 16/M	1,676	0.2640%	99.3734%
LAD. TECHO 12.5 5 REFORZADO (CP 90)	751	0.1183%	99.4916%
TEJA FRANCESA NEGRA BRILLANTE	718	0.1131%	99.6047%
LAD. TECHO 16.5 (CP 70)	478	0.0753%	99.6800%
TEJA COLONIAL PARA PARED	335	0.0528%	99.7328%
PISO CERAM 20X20	306	0.0481%	99.7809%
BALDOSA 25X25 - COMERCIAL - 16/M2	303	0.0477%	99.8286%
BALDOSA 20X20 - PRIMERA - 26/M2	237	0.0373%	99.8660%
TEJUELA 20X35 OBRA 16/M	183	0.0288%	99.8948%
TEJUELA 20X35 PRIMERA 16/M	138	0.0217%	99.9165%
BALDOSA 25X25 - OBRA - 16/M2	124	0.0195%	99.9361%
TEJA FRANCESA COMUN	114	0.0180%	99.9540%
LAD. REVESTIMIENTO 11X24	110	0.0173%	99.9713%
LAD REFRACTARIO TEJUELA 19MM	60	0.0095%	99.9808%
TEJA FRANCESA BRILLO INTENSO	50	0.0079%	99.9887%
TEJA FUEGUINA CORTA	24	0.0038%	99.9924%
TEJA PORTUGUESA ESM. NATURAL	17	0.0027%	99.9951%
TEJA FRANCESA BRILLO NATURAL	13	0.0020%	99.9972%
TEJA PORTUGUESA COMUnidad	7	0.0011%	99.9983%
CERAMICO ESMALTADO 30X30 CARAMELO	6	0.0009%	99.9992%
LAD. HUECO 8X18X25 (CP 264) de 2da	3	0.0005%	99.9997%
BALDOSA 25X25 - PRIMERA - 16/M2	2	0.0003%	100%
<b>Total general</b>	<b>634,873</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

De esta manera, pude obtener los productos que representan el 70% de las ventas centrándome en el volumen de las mismas, ya que entre las variables de mayor importancia que se representan en el modelo son las de stock.

Por lo tanto, el cuadro resumido y el gráfico correspondiente queda como sigue.

Tipo de producto vendido	Suma de Cantidad	% del total	% acumulado
LAD. HUECO 12X18X33 (CP 144)	153,626	24.1979%	24.1979%
LAD. HUECO 18X18X33 (CP 90)	103,391	16.2853%	40.4832%
TEJA COLONIAL (23/M2) (CP 860)	86,282	13.5904%	54.0736%
LAD. HUECO 12X18X25 (CP 168)	54,707	8.6170%	62.6906%
BALDOSA 20X20 - COMERCIAL - 26/M2	44,771	7.0520%	69.7425%
TEJA COLONIAL (27/M2)	30,818	4.8542%	74.5967%



Así, se procede a justificar el modelaje del sistema para la producción y comercialización del producto “LAD. HUECO 12X18X33”. Para las próximas instancias, se recomienda incorporar al modelo los productos en el orden de la lista.

2) **Apéndice 2:** Bosquejos a mano realizados durante el proceso de elaboración de los diagramas causales.

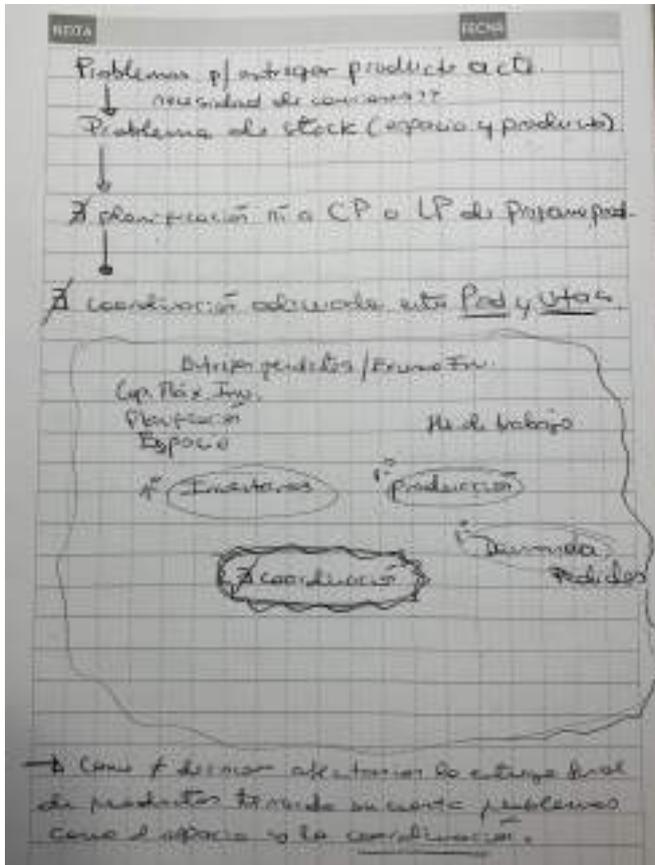


Ilustración - Definición de las variables de cada orden.

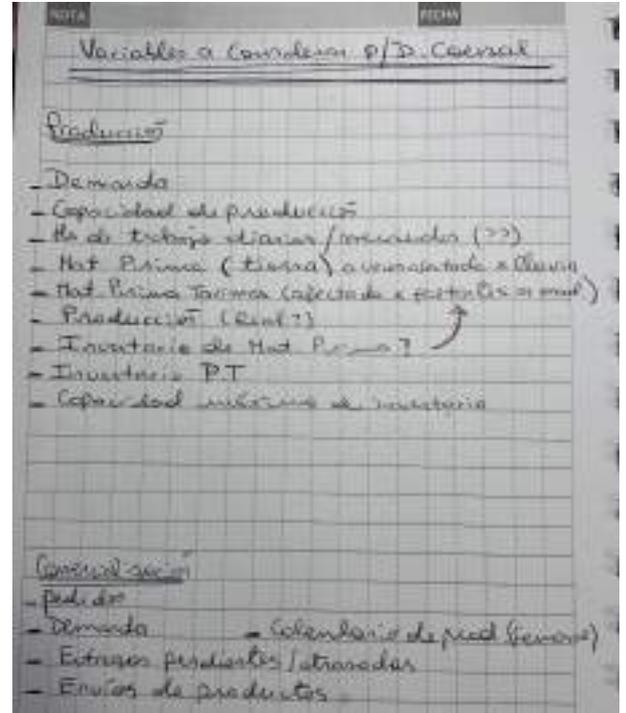


Ilustración - Variables por proceso de comercialización y producción.

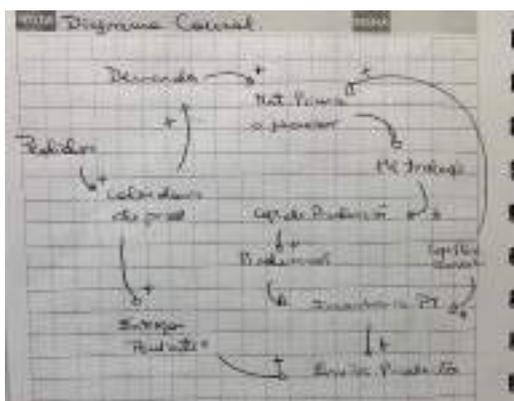


Ilustración - 1° bosquejo de diagrama causal

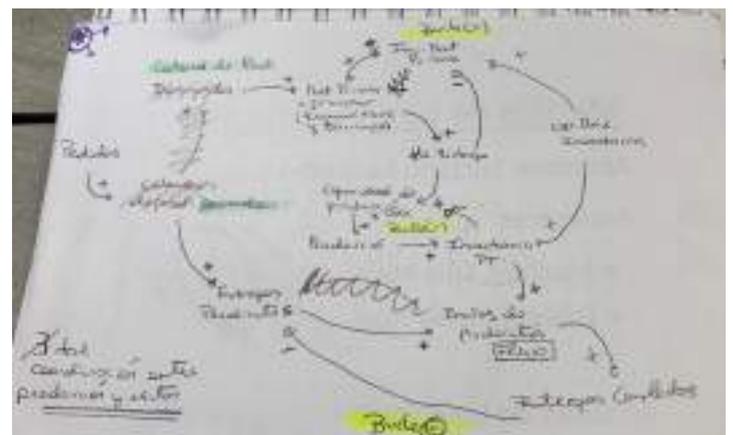


Ilustración - 2° bosquejo de diagrama causal.



Ilustración - 3° bosquejo de diagrama causal.

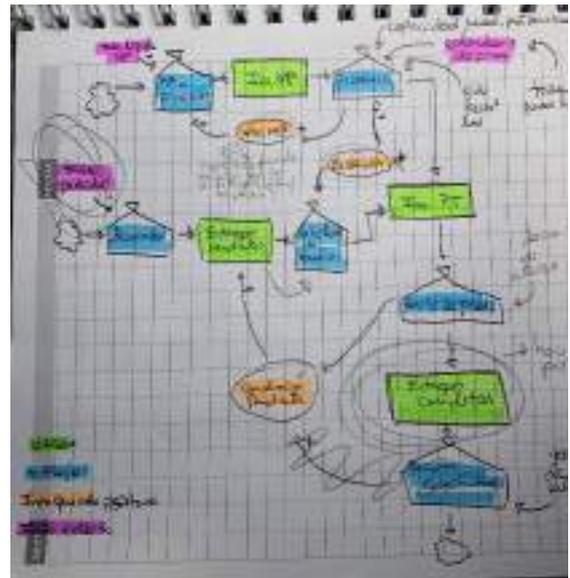


Ilustración - Bosquejo de diagrama de Forrester.

## Anexo

**Anexo 1:** Las ecuaciones que se introdujeron en el modelo se muestran a continuación y las mismas fueron extraídas directamente del software.

(01) Calendario de producción= Capacidad de fábrica en horas\*Tasa de productividad LAD 12X18X33

Units: pallet / dia

Descripción: cantidad de pallets de ladrillo que se producen por día

(02) Capacidad de fábrica en horas= 22

Units: hs

Descripción: horas de producción en condiciones normales

(03) Demanda= Tasa de pedidos/1

Units: pallet/dia

Descripción: pedidos ingresados por día

(04) Entregas completadas= INTEG ( Envío de productos, 1)

Units: pallet

(05) Entregas pendientes= INTEG ( Demanda+IF THEN ELSE(Solicitud de envío>Envío de productos, Solicitud de envío-Envío de productos, 0)-Solicitud de envío, 100)

Units: pallet/dia

(06) Envío de productos= Inventario PT-(Inventario PT-IF THEN ELSE(Tasa de entrega de productos>Solicitud de envío, Solicitud de envío/1, Tasa de entrega de productos/1))

Units: pallet/dia

(07) FINAL TIME = 31

Units: Day

The final time for the simulation.

(08) Horas habilitadas para descarga de tierra= 10

Units: hs

Descripción: horas habilitadas para descargar tierra en la fabrica

(09) INITIAL TIME = 0

Units: Day

Descripción: The initial time for the simulation.

(10) Inventario MP= INTEG ( MP a procesar-Producción, 4000)

Units: m3/día

Descripción: inventario de tierra en m3

(11) Inventario PT= INTEG ((Producción\*Necesidad de MP por pallet)-Envío de productos, 1)

Units: pallet/día

(12) MP a procesar= Tasa de llegada MP\*Horas habilitadas para descarga de tierra

Units: m3 / día

Descripción: m3 de tierra que ingresa por día al inventario

(13) MP necesaria para producción del calendario= Calendario de producción/Necesidad de MP por pallet

Units: m3/día

Descripción: Cantidad de m3 necesarios para producir lo estipulado en el calendario de producción

(14) Necesidad de MP por pallet= 2.47

Units: pallet / m3

Descripción: cantidad de pallets que se pueden producir con un m3 de tierra

(15) Producción= Inventario MP-(Inventario MP-MP necesaria para producción del calendario )

Units: m3/día

Descripción: cantidad de m3 que salen del inventario de MP debido a la producción

(16) SAVEPER = TIME STEP

Units: Day [0,?]

The frequency with which output is stored.

- (17) Solicitud de envío= IF THEN ELSE(Inventario PT>Entregas pendientes, Entregas pendientes/1, Inventario PT/1)

Units: pallet/día

Descripción: cantidad de pallets que se envían si hay disponibilidad en inventario pt\ día de la semana

- (18) Tasa de entrega de productos= RANDOM NORMAL(104.38, 250.34, 216.92, 56.05, 0)

Units: pallet/día

- (19) Tasa de llegada MP= 67.4

Units: m3 / hora

Descripción: llegada de m3 de tierra por hora

- (20) Tasa de pedidos= RANDOM UNIFORM(220, 350, 0)

Units: pallet/día

Descripción: cantidad de pallets encargados por día\ día de la semana

- (21) Tasa de productividad LAD 12X18X33= RANDOM NORMAL(8.73, 14.01, 11, 1.1662, 3)

Units: pallet / hs [0,70]

Descripción: cantidad de pallets que se pueden producir por hora para el ladrillo 12X18X33

- (22) TIME STEP = 1

Units: Day [0,?]

Descripción: The time step for the simulation.

## Bibliografía

- ✓ Moral, L. A. (2014). *Logística del transporte y distribución de carga*. Ecoe Ediciones. RECUPERADO JULIO DE 2019 - <https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=8to3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=log%C3%ADstica+del+transporte&ots=qAQ-2xfBi3&sig=Fun99tmZu9dol7pOn-1q3ccbcio#v=onepage&q=log%C3%ADstica%20del%20transporte&f=false>
- ✓ Tejero, J. J. A. (2015). *El transporte de mercancías 2ª edición: Enfoque logístico de la distribución*. ESIC Editorial. RECUPERADO JULIO DE 2019 - [https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=miuXBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA189&dq=log%C3%ADstica+del+transporte&ots=FKN8C5ojOB&sig=KVJb\\_c8YjWZr28\\_8ogj29lkSxFA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=miuXBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA189&dq=log%C3%ADstica+del+transporte&ots=FKN8C5ojOB&sig=KVJb_c8YjWZr28_8ogj29lkSxFA#v=onepage&q&f=false)
- ✓ Aracil, J., & Gordillo, F. (1995). *Dinámica de sistemas* (pp. 10-12). Madrid: Isdefe. RECUPERADO JULIO DE 2019 - <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Aracil%20Gordillo%20DS.pdf>
- ✓ Roberto Hernández Sampieri (2014) *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- ✓ Render, Stair, Hanna. (2013) - *Métodos cuantitativos para los negocios. Undécima edición*. Editorial Prentice Hall.
- ✓ Del Depósito Zuñiga, Lorena; Lozano, Gabriel Antonio; Michalus, Juan Carlos; Santelices Malfanti, Iván. *Aplicación de Dinámica de Sistemas a un establecimiento de elaboración primaria de Yerba Mate*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.
- ✓ Schneider, Romina S.; Mansilla, Emanuel; Martínez, Facundo. *Aplicación de Dinámica de Sistemas a un cuadro de mando integral*. Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
- ✓ García, J. M. (2017). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas: Dinámica de Sistemas con VENSIM PLE*. Juan Martín García.
- ✓ Javier Aracil y Francisco Gordillo (1997). *Dinámica de sistemas*. Alianza editorial, S.A., Madrid.