



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

PRONÓSTICO DE VENTAS Y ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE
PRODUCCIÓN EN UNA MICROINDUSTRIA, PARA SATISFACER LA DEMANDA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
SULLYAMITS BÁEZ RODRÍGUEZ

TUTOR PRINCIPAL
DRA. PATRICIA ESPERANZA BALDERAS CAÑAS, FACULTAD DE INGENIERIA

MÉXICO, D. F. AGOSTO 2014

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. José Jesús Acosta Flores

Secretario: Dra. Idalia Flores de la Mota

Vocal: Dra. Patricia Esperanza Balderas Cañas

1^{er.} Suplente: Dra. Cozumel Allanec Monroy León

2^{d o.} Suplente: Dra. María Teresa V. Martínez Palacios

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

Dra. Patricia Esperanza Balderas Cañas

FIRMA

Agradecimientos

A dios y a la fuerza de mi vida, mi familia.

A ti mamá, por tu amor incondicional, tu aliento en los momentos difíciles, por enseñarme a leer y siempre creer en mí, espero algún día ser una buena hija porque tú eres la mejor mamá.

A ti papi, por tu esfuerzo incansable con el que nos demuestras tu amor, por darnos todo lo que hemos necesitado, por inculcar en nosotros esfuerzo y amor por el estudio y el trabajo, eres el pilar de nuestra familia y el mejor papá.

A mis hermanos, Beto, por tu cariño, tu ejemplo de nunca darse por vencido y de que el esfuerzo siempre da recompensa, por ser mi compañero y amigo. Adriana, por tu apoyo incondicional, por alentarme, en especial para realizar esta maestría y por ser una compañera y amiga a lo largo de mi vida. Porque juntos somos un equipo, los amo hermanitos.

A mi abuelita, por su ejemplo de lucha y trabajo que nos inspira, por el amor que nos brinda a todos y que nos mantiene unidos.

A toda mi familia, tíos, tías, primos y primas que siempre sacan en mí una sonrisa y que hacen que la vida sea más divertida, como, cuando bailamos y contamos tonterías, deliciosa, con las comidas que hacemos. Los quiero familia.

A los amigos que encontré en esta ciudad, Dr. Manuel García, por recibirme y brindarme su amistad desde que llegue, por sus consejos y apoyo. Margarita Soto, por acompañarme durante estos dos años y apoyarme cuando hacía falta.

A los señores Balderas, por abrirme la puerta de su empresa y brindarme la confianza, tiempo y conocimientos, para realizar este trabajo.

Al CONACYT, por brindarme la beca para realizar mi maestría.

A la Dra. Patricia Balderas, por ser mi tutora y apoyarme en la realización de esta tesis, con sus consejos y conocimiento.

A Dr. José Jesús Acosta, Dra. Idalia Flores, Dra. Cozumell Monroy, Dra. María Teresa Martínez, por formar parte de mi jurado y dedicar su tiempo a la revisión de esta tesis, para mejorar su contenido.

A la UNAM, por permitirme formar parte de sus filas y contribuir en mi crecimiento profesional.

Por mi raza hablará el espíritu

Resumen

Las microindustrias en nuestro país contribuyen en gran medida al desarrollo económico, sin embargo poco se hace para mejorar sus condiciones. Por ello esta investigación se orienta en una microindustria. La cual es un taller, "Placas Grabadas y Fundidas", que enfrenta una crisis en sus ingresos, debido a la alta competitividad de los precios en el mercado y el mal manejo de sus recursos, por la escasa administración con la que cuenta. Lo cual ha ocasionado pérdida de ventas y por lo tanto menores ingresos.

Debido a esto es de suma importancia implementar una estrategia que permita conocer la demanda futura para hacer un plan de producción y disminuir la pérdida de ventas. Además de verificar si el plan no está limitado por la capacidad del sistema. Para ello, se identificó el sistema (taller), para poder enmarcar sus elementos y su relación entre ellos, una vez hecho esto se identificó el subsistema de producción, haciendo una descripción de éste y obteniendo los tiempos de producción. Se recolectaron los datos necesarios, en el archivo de la empresa, sobre las ventas históricas que corresponden a dos años, se procedió a analizar estos datos para ver qué comportamiento presentaban, realizado esto, se identificó una estacionalidad en los datos. Una vez hecho esto se aplicaron diferentes modelos de pronóstico como el de último valor, por promedio, promedio móvil, suavizamiento exponencial y suavizamiento exponencial con tendencia, siendo el de suavizamiento exponencial el más adecuado para la serie de tiempo, puesto que dio un menor MAD y MSE que fueron los criterios de elección. Obtenido el pronóstico se hizo un plan de producción para el año 2014. La falta de un plan de producción ha ocasionado pérdidas en ventas de alrededor de un 10%, por la escasez de producto. Con base en el plan propuesto de producción se atiende la demanda, por lo cual se prevé la pérdida de ventas del 10%. Para verificar la viabilidad de realizar la producción planeada se recurrió a la simulación para medir la capacidad del sistema, obteniendo resultados satisfactorios. Además se simuló un incremento en la producción de 10% y 20%, para medir si hay capacidad, en caso de incrementar las ventas, de acuerdo a la propuesta de los administradores. Los escenarios propuestos ayudan a verificar la viabilidad de producir lo suficiente para atender un nivel de ventas estimado, entre 10 y 20%.

ÍNDICE

	Página
Introducción.....	4
Planteamiento del problema.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Preguntas de investigación.....	7
Justificación.....	8
Viabilidad.....	8
Capítulo 1. Marco de referencia.....	9
1.1 La microindustria en México.....	9
1.2 Antecedentes de la empresa.....	12
1.3 Descripción del sistema actual.....	12
1.3.1 Proceso de producción del taller “Placas Grabadas y Fundidas”.....	16
1.3.2 Proceso de comercialización.....	20
1.4 Estudio piloto.....	21
1.4.1 Primer escenario.....	22
1.4.2 Utilización de la herramienta simio para la redistribución.....	23
1.4.3 Experimentación con diferentes escenarios usando simio.....	25
Capítulo 2. Marco teórico.....	31
2.1 El diagrama de proceso de flujo.....	31

2.2 El diagrama de recorrido.....	33
2.3 Sugerencias para la ordenación de un taller pequeño o de servicios.....	33
2.3.1 Anchura de pasillos.....	36
2.4 Distribución en planta.....	36
2.4.1 Objetivos.....	37
2.4.2 Principios básicos de la distribución de planta.....	38
2.4.3 Factores que afectan a la distribución de planta.....	39
2.4.4 Componentes de la decisión sobre distribución.....	40
2.4.5 Formatos básicos de la distribución de la planta.....	41
2.5 Método SLP.....	43
2.6 Pronósticos.....	45
2.6.1 Algunas aplicaciones de los pronósticos.....	46
2.6.2 Métodos cuantitativos de pronósticos.....	46
2.6.3 Técnicas de pronósticos.....	46
2.7 Simulación.....	49
2.7.1 Terminología básica.....	49
2.8 Simio.....	52
Capítulo 3. Metodología.....	55
3.1 Recolección de información.....	58
3.2 Análisis de las ventas históricas.....	60
3.3 Identificación de la estacionalidad de los datos.....	62

Capítulo 4. Aplicación.....	65
4.1 Aplicación de los modelos de pronóstico con factor estacional.....	65
4.2 Elección del mejor modelo de pronóstico.....	77
4.3 Propuesta de plan de producción.....	78
4.4 Simulación del plan de producción.....	79
4.4.1 Escenarios propuestos.....	80
4.5 Resultados obtenidos.....	81
Conclusiones.....	82
Referencias bibliográficas.....	83
Anexos.....	85

INTRODUCCIÓN

México se moderniza a grandes pasos. La administración pública y la iniciativa privada trazan planes y programas para la modernización, la sociedad misma hace esfuerzos por adecuarse a la nueva situación modernizándose. Uno de los objetivos fundamentales que se consiguen con esta política es de eficientar las acciones, aumentar la productividad y articular al país en el esquema de la globalización. En este orden de ideas es importante destacar que la microindustria contribuye con el desarrollo del país en gran medida, pues aportan el 15% del PIB y contribuye con el 40.6% del empleo (*México emprende, 2012*). Por lo cual en esta investigación nos interesa mejorar las condiciones de una de estas microindustrias tan importantes para el desarrollo del país y que poco o casi nada son apoyadas en investigación para mejorar sus condiciones.

La introducción de mercados extranjeros, particularmente el chino ha causado pérdidas importantes a los productores nacionales, en mayor proporción a las microindustrias, por la competitividad de sus precios (según datos proporcionados por los expertos). Específicamente para talleres de producción como el aquí analizado, representa su mayor competencia. Debido a esto es de suma importancia pronosticar las ventas, con lo cual se permite, tener conocimiento de los planes productivos más probables, evita la pérdida de ventas, así como la sobreproducción. Los recursos son mejor utilizados para tener precios de venta más competitivos y por tanto mejorar la situación de la microindustria.

En el capítulo 1, se hace una descripción del sistema estudiado, el taller “Placas Grabadas y Fundidas” una microindustria de tipo familiar. Se da una breve reseña sobre sus inicios, una descripción de su proceso productivo, así como se presenta un esquema que describe su funcionamiento. Además de que en este capítulo, se incluye un estudio piloto sobre distribución de planta que sirve como antecedente para la investigación.

En el capítulo 2, se detallan los conceptos más importantes utilizados a lo largo de la investigación. Como el método de distribución SLP, la técnica de simulación por computadora, usando Simio, el uso de modelos de pronósticos, etc.

En el capítulo 3, se revisó la metodología utilizada, igualmente se expone la forma de recolección de la información, posteriormente se hace un análisis de las ventas históricas, por último se identifica la estacionalidad de los datos.

En el capítulo 4, se aplican los modelos de pronóstico con factor estacional, enseguida, se elige el mejor modelo de pronóstico, de acuerdo a los errores absolutos, posteriormente se propone un plan de producción de acuerdo al pronóstico obtenido, se concluye con la simulación del plan de producción, para medir la capacidad del taller y se simulan dos escenarios propuestos por los administradores, ya que se pretende incrementar las ventas hasta un 20% y se desea saber si no existen problemas en cuanto a la capacidad disponible.

Por último, aparecen las conclusiones de la investigación, además de las referencias utilizadas y se adjuntan dos anexos que fueron pertinentes para la investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El taller "Placas Grabadas y Fundidas" enfrenta una crisis en sus ingresos, debido a la alta competitividad de los precios en el mercado y el mal manejo de sus recursos, debido a la escasa administración con la que cuenta. Lo cual ha ocasionado pérdida en ventas y como consecuencia menores ingresos.

Debido a esto es de suma importancia implementar una estrategia que permita conocer la demanda futura y con ello planear la producción. Por lo cual se han analizado una serie de datos históricos de dos años con el objeto de elaborar un pronóstico de ventas para el periodo 2014 y proponer un plan de producción que disminuya la pérdida de ventas que ascienden al 10% aproximadamente en opinión de los administradores. Además de que de acuerdo a las necesidades planteadas por la administración se desea conocer si el plan propuesto no está limitado en cuanto a la capacidad de producción y si el crecimiento para el próximo año de entre un diez y veinte por ciento se vería limitado conforme a la capacidad del taller. Lo anterior pudo ser resuelto con el apoyo de la simulación en la que se plantearon estos posibles escenarios.

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Hacer un pronóstico de ventas para el año 2014 y estimar la capacidad del sistema de producción en una microindustria, usando simulación, para satisfacer la demanda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar el sistema
- ✓ Identificar el proceso de producción
- ✓ Recolectar los datos sobre las ventas históricas

-
- ✓ Analizar los datos históricos para ver su comportamiento
 - ✓ Identificar estacionalidad de los datos
 - ✓ Hacer el pronóstico con diferentes modelos para series de tiempo
 - ✓ Elegir el modelo de pronóstico más adecuado
 - ✓ Proponer un plan de producción para el año 2014
 - ✓ Usar la simulación para representar el sistema actual y medir su capacidad
 - ✓ Hacer propuestas de escenarios en el caso de mejoras en las ventas
 - ✓ Dar conclusiones sobre el incremento de ventas de acuerdo a la capacidad del sistema.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las condiciones actuales del taller “Placas Grabadas y Fundidas”?

¿Cuáles son las principales causas de la pérdida de ventas?

¿Qué herramientas de investigación de operaciones son útiles para mejorar las condiciones del taller “Placas Grabadas y Fundidas”?

¿Presenta estacionalidad la serie de datos recolectada?

¿Qué modelos de pronósticos serán utilizados?

¿Qué modelos proporciona menores errores de pronóstico?

¿Cuál será el plan de producción para el año 2014?

¿El sistema actual puede llevar a cabo el plan de producción propuesto?

¿Si existiera un incremento en las ventas de 10% o 20%, se cuenta con la capacidad de producción?

¿Qué acciones son necesarias para incrementar las ventas?

JUSTIFICACIÓN

La realización de esta investigación tiene dos objetivos fundamentales para ser realizada: el primero es que existe una oportunidad de realizar el estudio en el taller “Placas Grabadas y Fundidas “ y el segundo es la posibilidad de analizar el efecto de las mejoras que puedan realizarse en el taller utilizando herramientas de investigación de operaciones.

VIABILIDAD

Este estudio es viable porque los dueños están interesados en mejorar el contexto actual de su empresa con el objetivo de aumentar las ventas de su producto y quieren recibir recomendaciones para mejorar el manejo y en general el desempeño de su empresa.

Además de que se cuenta con un periodo de tiempo para el análisis de las mejoras posibles a realizar y con la disposición del personal apto para realizarlo, así como de los recursos necesarios.

CAPÍTULO 1

MARCO DE REFERENCIA

1.1. La microindustria en México

En el presente trabajo se analiza una microindustria, la cual elabora artículos metálicos como llaveros, medallas y otros de los mismos materiales (metal fundido). Es un taller familiar que produce y comercializa sus productos ya hace más de 40 años.

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario enmarcar lo que se considera una microempresa.

Se considera una microempresa a la que tiene entre 0 y 10 trabajadores (*INEGI, 2009*). Esto es así, independientemente de que el negocio se dedique a la industria, al comercio o los servicios. En la tabla 1.1 se puede ver la estratificación de empresas publicada en el Diario Oficial de la Federación 30 de junio de 2009 (*INEGI, 2009*), con una clasificación de acuerdo al personal ocupado y un rango de monto de ventas anuales de \$4 mdp¹. Por lo cual, cuando hablamos del taller “Placas Grabadas y Fundidas”, este se encuentra dentro de la microempresa del sector industrial, debido a que se lleva a cabo un proceso, donde se produce un bien.

¹ mdp= Millones de pesos

Tabla 1.1 Estratificación de empresas publicada en el Diario Oficial de la Federación 30 de junio de 2009

Estratificación									
Sector	Micro			Pequeña			Mediana		
	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado ²	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Industria	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95	De 51 a 250	Desde \$100.1 hasta \$250	250
Comercio	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93	De 31 a 100	Desde \$100.1 hasta \$250	235
Servicios	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95	De 51 a 100	Desde \$100.1 hasta \$250	235

Fuente: micro, pequeña y mediana empresa, estratificación de los establecimientos, censos económicos 2009 INEGI

En la tabla 1.2. Se observa la evolución durante los últimos años en este sector. Aquí se puede ver la importancia de la microindustria en México. El caso del personal ocupado total de las empresas micro (que ocupan hasta 10 personas), se observó un aumento en la importancia relativa de este estrato en la generación de empleos, lo que muestra la consolidación de este segmento de establecimientos en la economía.

Es notoria la participación de los establecimientos que ocupaban hasta 10 personas, pues mientras que sus porcentajes de participación fueron de 95.9 en 1998, y 95.5% en 2003 y 2008, respectivamente; el personal ocupado total en estas unidades económicas representó 43.4, 42.1 y 45.7%, para esos años.

² Tope máximo combinado = (Trabajadores) x 10% + (Ventas anuales) x 90

Tabla 1.2. Industrias manufactureras, Comercios y Servicios unidades económicas³ y personal ocupado total⁴ por estratos 1998,2003 y 2008

Estratificación censal	Unidades económicas			Personal ocupado total		
	1998	2003	2008	1998	2003	2008
Total nacional	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
0 a 10	95.9	95.5	95.5	43.4	42.1	45.7
11 a 50	3.2	3.5	3.6	15.3	14.7	14.7
51 a 250	0.7	0.8	0.7	16.5	16.1	14.7
251 y más personas	0.2	0.2	0.2	24.8	27.1	24.9

Fuente: INEGI. Censos Económicos 1999,2004 y 2009

En seguida se enlistan algunas ventajas y desventajas de las microempresas:

Ventajas

Las microempresas son un motor de crecimiento económico y de empleo fundamental para el país ya que, de acuerdo a resultados del último censo económico del INEGI (2009):

- 👍 De cada 100 empresas mexicanas, 96 son microempresas.
- 👍 Contribuyen con el 40.6% del empleo.
- 👍 Aportan el 15% del PIB.

Desventajas

La competitividad y productividad de las microempresas, sobre todo de las de tipo tradicional está siendo amenazada por la incorporación de modernos conceptos de negocio, que evidencian las siguientes desventajas (INEGI, 2009).

³ Para los Censos Económicos, el establecimiento es la unidad económica que en una sola ubicación física, asentada en un lugar de manera permanente y delimitada por construcciones o instalaciones fijas, combina acciones y recursos bajo la dirección de una sola entidad propietaria o controladora, para realizar actividades de producción de bienes, o compra-venta de mercancías o prestación de servicios, sea con fines de lucro o no.

⁴ El personal ocupado total comprende tanto al personal ocupado dependiente de la razón social como al no dependiente de la misma.

-
- 👉 Limitada profesionalización.
 - 👉 Crecimiento desordenado.
 - 👉 Rezago tecnológico.
 - 👉 Altos consumos de energía.
 - 👉 Imagen comercial descuidada e insalubre.
 - 👉 Administración informal ("de cajón").
 - 👉 Limitados accesos al financiamiento.

1.2 Antecedentes de la empresa

El taller “Placas Grabadas y Fundidas” fue fundado en la década de 1970. La idea surge del señor Antonio Balderas Moreno, padre de los actuales dueños, los señores Raúl y Miguel Balderas, y de sus hermanos mayores, que iniciaron haciendo soldaditos de plomo, los cuales vendían en el Zócalo en época de reyes para regalo de los niños. También hacían y vendían figuras del calendario azteca. Esto es debido a que el señor Antonio Balderas trabajaba como cuidador en el Museo de Antropología y este trabajo le permitía comercializarlos ahí.

Para los actuales propietarios, sus inicios fueron realizando publicidad para las agencias distribuidoras de automóviles, donde hacían el logo de la distribuidora que va en el automóvil, pero hoy en día ya no es una opción la manufactura de estos productos, pues han sido remplazados por calcomanías.

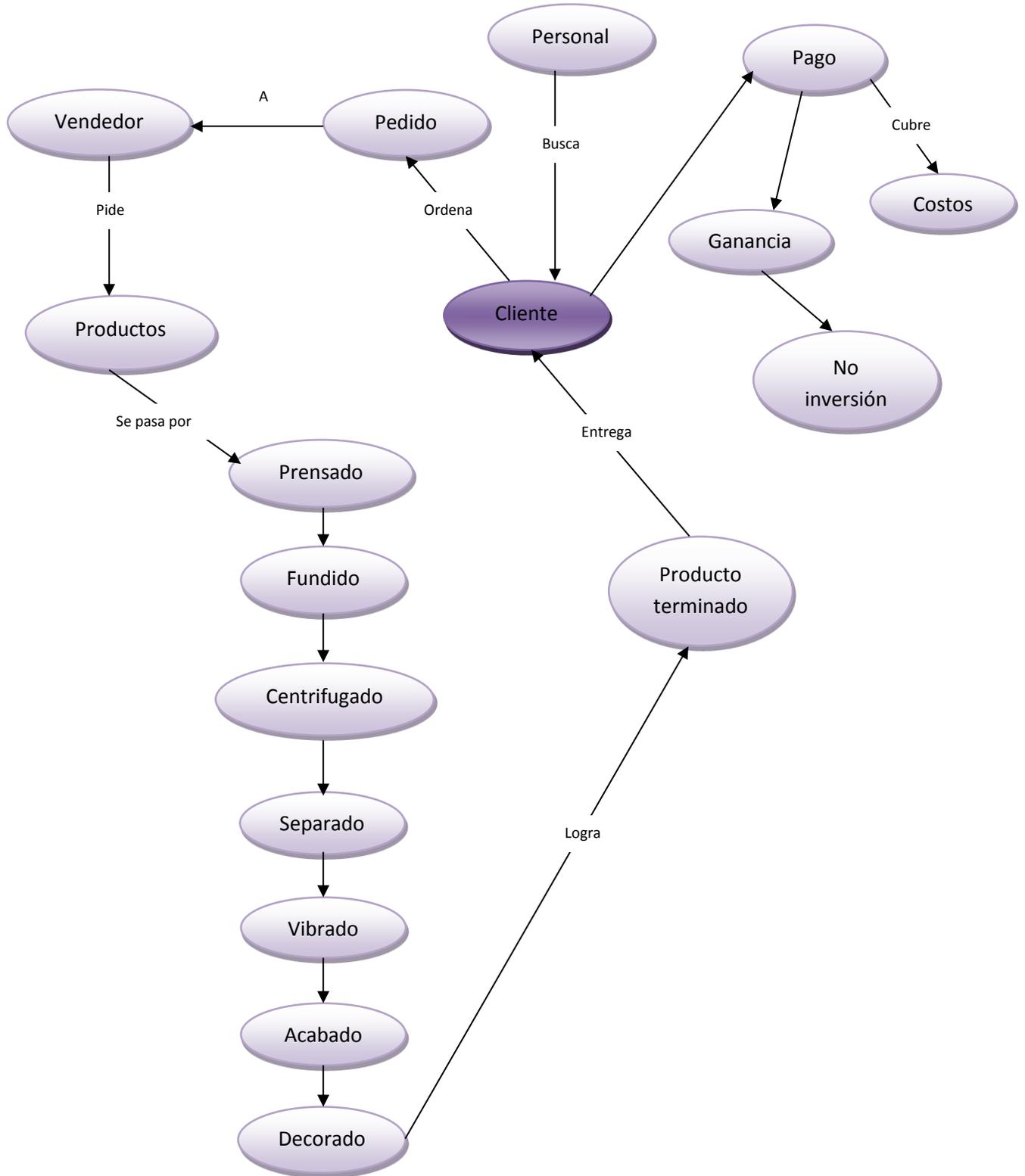
1.3 Descripción del sistema actual

El taller “Placas Grabadas y Fundidas” se dedica a la manufactura de llaveros, placas, medallas, pines, y otros artículos promocionales hechos de metal (zamak). Sin embargo debido a la gran importancia que representa la venta de llaveros, ya que asciende a más del 80% de las ventas totales, esta investigación se centró en este proceso de producción como se describe más adelante.

En la actualidad su producción como ya se mencionó se centra en la elaboración de llaveros con imágenes religiosas, que son comercializados principalmente en la zona de la Villa. Por lo que su demanda es estacional, debido, a que presenta un comportamiento en ciertos periodos del año, que se repite de un año a otro.

A continuación en la figura 1.1 se describe el funcionamiento del taller, representado en un mapa del sistema. En el cual se observa que el factor que mueve al sistema es el cliente, ya que una vez que este hace un pedido, ya sea porque el personal acude a él para levantar un pedido o porque él lo solicita, inicia el funcionamiento, dando un anticipo de la suma total del pedido. Una vez que se cuentan con los insumos se procede al proceso productivo el cual está representado en un diagrama de flujo vertical, que describe cada paso en la elaboración de los llaveros (o cualquier otro artículo). Terminado el producto se entrega al cliente, que finalmente da la cuota restante (saldo) con lo que el productor cubre sus costos restantes y obtiene una ganancia. Por lo regular no se realizan inversiones, debido a la supervivencia más que a la inversión lo que caracteriza a las microindustrias (*López, 2009*).

Figura 1.1. Sistema de funcionamiento del taller “Placas Grabadas y Fundidas”



Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo vertical del proceso de elaboración de llaveros

Visita a la empresa: "PGF"		Signos					
Fecha: 6/09/2012		○	⇨	□	D	▽	□○
Duración de la visita: 40 min.		Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Actividad combinada
No.	Descripción de pasos	○	⇨	□	D	▽	□○
1	Se toman el material de silicón y se le realiza el prensado de acuerdo al modelo que se desea realizar	●					
2	Se transporta el molde a la maquina centrifuga o se almacena						●
3	Se funde el zamak en el horno de fundición	●					
4	Se deposita en los moldes el material fundido						●
5	Los moldes que están en la maquina centrifuga son centrifugados por 40 segundos	●					
6	Se quitan los moldes de la centrifuga y de los moldes el producto						●
7	Las piezas son separadas						●
8	Las piezas son transportadas al área de vibrado						●
9	Las piezas son refinadas en la máquina de vibrado	●					
10	Las piezas se transporta hacia el área de acabado						●
11	A las piezas se les da un baño de cobre o níquel por sistemas de barriles	●					
12	Se transportan al área de decorado						●
13	En el área de decorado las piezas son terminadas	●					
14	Se almacenan hasta su distribución						●

Fuente: Elaboración propia

1.3.1 Proceso de producción del taller “Placas Grabadas y Fundidas”

El proceso de producción en general para los diferentes productos se inicia con el diseño del producto, el cual reúne las características y diseño que el cliente solicita. Una vez realizado el diseño y ya que fue aprobado por el cliente se procede a los siguientes procesos.

Moldeado: en este proceso como material principal se utiliza un silicón con un diámetro aproximado de 20 cm y un grosor de 1.5 cm., en el cual se colocan las piezas que son los patrones, una vez armado con los patrones correspondientes, se coloca en una plancha hidráulica la cual tiene una presión de hasta 200 libras y una temperatura máxima de 350°C.

El tiempo promedio para la realización del molde es de aproximadamente 1.25 horas, utilizando una presión de 50 libras y una temperatura constante de 200°C. Este proceso varía mucho en cuanto a su utilización, ya que en la temporada de mayor venta, se hacen de 20 a 30 moldes por mes y en algunos otros meses no se hace ninguno.

En cada molde se pueden imprimir de 8 a 15 piezas según sus dimensiones, tiene un rendimiento de entre 120 a 130 vaciadas, así que en un molde se pueden hacer entre 960 a 1950 piezas, es decir un promedio de 1500 piezas aproximadamente, en toda su vida útil.



Figura 1. 2. Plancha hidráulica



Figura 1.3. Moldes de silicón

Fundido: aquí se emplea como insumo principal una aleación de zinc, aluminio, magnesio, antimonio y cobre que se llama zamak. Este proceso se realiza en un horno de fusión. Sus características principales son que opera con un quemador de gas de alta presión, con crisol de fierro colado, con tabique refractario. Alcanza una temperatura máxima de 450°C, con una capacidad de entre 100 a 130 kilos. La energía que utiliza es gas licuado con aire.

Con dos barras de zamak puede hacer en promedio 500 piezas. Para realizar la fundición el horno debe alcanzar una temperatura constante de 400°C, en 1.25 horas aproximadamente. Con esta temperatura y este tiempo el zamak está listo para ser vaciado.



Figura 1.4. Barras de zamak



Figura 1.5. Horno de fusión

Centrifugado: el material fundido en el proceso anterior, es vertido en los moldes de silicón, que previamente fueron colocados en la maquina centrifuga, con un cucharón metálico (cuchareado). En una hora aproximadamente todo el material fundido es vaciado. La máquina que realiza este proceso es la centrifuga de tres platos semiautomática, que despacha cada molde cada 40 segundos, por lo que es muy eficiente para el proceso de elaboración.



Figura 1.6. Maquina centrifuga

Separado: en este proceso las piezas que son retiradas de los moldes, permanecen unidas, por lo que es necesario separarlas con unas pinzas. Las piezas son separadas en promedio entre 400 a 500 piezas por hora.



Figura 1.7. Proceso de separación

Vibrado: Una vez que las piezas son separadas, son llevadas al área de vibrado, en este proceso se quitan los excedentes de metal (rebaba). Las piezas son depositadas en una tina, que contiene canicas cerámicas, y a la cual se le aplica cierto compuesto que ayuda a la vibración y permite el acabado. La capacidad máxima de la tina es de 30 kilos y en la cual se pueden procesar de 100 a 1200 piezas; con un promedio para su procesamiento de 3 horas. Una vez que el proceso ha concluido las piezas salen con un acabado de entre el 80% al 90%.



Figura 1.8. Canicas cerámicas



Figura 1.9. Tina de vibrado

Acabado: Una vez que las piezas han pasado por el proceso de vibrado, lo siguiente es darles un mejor acabado, donde se aplica un baño base de metal no ferroso y por ultimo un baño de níquel negro o latón dorado, donde adquiere su color final. En este proceso hay dos métodos de acabado, por colgado o por barriles.

La técnica de colgado es llamada así porque cada pieza es colgada en *racks*, estos *racks* se sumergen en los baños uniformemente concentrados para mejor recubrimiento. Este proceso necesita más tiempo, ya que en cada *rack* son colgadas en promedio 35 piezas y su proceso tarda 1 hora y solo son sumergidos en cada tina 2 *racks*. La técnica de barriles se realiza a granel, con una capacidad de 8 a 9 kilos por carga lo que equivale de 400 a 500 piezas en un promedio de 2 horas por lo que da mayor rendimiento.

Para la realización de esta investigación tomaremos en cuenta solo la segunda técnica ya que la primera es más costosa y el taller ha dejado de usarla.



Figura 1.10. Tina de acabado

Decorado: Una vez realizado el acabado, las piezas pueden o no ser decoradas, según los requerimientos del cliente. El proceso consiste principalmente en colocar imágenes al llavero, aplicar una resina para cubrir la imagen o en otro caso pintar las piezas (agregando color). Pueden procesarse diariamente hasta 1000 piezas por día.



Figura 1.11. Decorado

1.3.2 Proceso de comercialización

El proceso de comercialización de los productos que se manufacturan en el taller se realiza de dos formas:

Una es que el cliente haga un pedido al taller por algún medio (teléfono, correo electrónico o personalmente) y se fija el precio, la cantidad de artículos, la fecha a entregar el pedido y el monto a pagar ya sea que se dé o no un anticipo, esto depende del tipo de cliente (si es uno al que se le da crédito, o un cliente nuevo, etc.).

La otra forma es que un vendedor acuda al cliente (puede ser una ya cautivo o uno nuevo), se levante el pedido con la cantidad, precio y fecha de entrega de los productos y también se fija la forma de pago de acuerdo al tipo de cliente. Es importante mencionar que al vendedor se le da una comisión de 70 centavos por pieza por lo que es conveniente vender los productos directamente del taller para evitar pagar esta comisión.

1.4 Estudio piloto

Para abordar la problemática del taller “PGF” primeramente se realizó un estudio piloto, que permitió que los administradores confiaran en nuestra propuesta de trabajo. Dentro del estudio piloto se realizó un análisis de redistribución de la planta, ya que como se ha mencionado la microindustria crece de manera desorganizada sin tomar mucho en cuenta la adecuada distribución de sus instalaciones y viendo la posibilidad de mejorar este aspecto para el taller se realizó el análisis necesario.

La propuesta que se hizo se basó principalmente en mejorar los espacios de tránsito y la ventilación del ambiente, debido a que se trabaja con sustancias peligrosas. Por lo cual es de suma importancia la seguridad e higiene de quien ahí labora. Se hicieron diferentes propuestas de escenarios posibles que más adelante se describen. Por ejemplo: la propuesta 1, que consta de mover lateralmente la ubicación del proceso fundido, centrifugado y separado e intercambiar el proceso de decorado con la bodega 1. Con los siguientes criterios: evitar área de operación con tránsito y conseguir pasillos libres. Como ya se mencionó basadas principalmente en la seguridad e higiene. Al reubicar los diferentes procesos cambiaron las distancias de estos y por ello se usó el apoyo de la simulación con la cual se midió si esto no afectaba la eficiencia del proceso de producción en general.

Otra cuestión importante para la realización de esta investigación es que debido a que las ventas del taller se centran principalmente en el producto “llaveros” (a granel) los escenarios simulados están basados únicamente en la elaboración de estos. Es decir todo el proceso se centra en su fabricación. A continuación se describen las propuestas de redistribución con sus respectivos resultados de eficiencia simulados en Simio. El software Simio es una herramienta de simulación que permite representar un sistema. Simio provee una alternativa a los simuladores tradicionales basados en procesos ya que adopta la orientación a objetos (*Simio, 2010*). Esta orientación con el tiempo está probando ser más amigable e intuitiva. Por lo cual se optó su uso para este trabajo.

1.4.1 Primer escenario, con el método SLP (planeación sistemática de la distribución de planta)

Se realizó un primer acercamiento con el método SLP. Basándonos en un enfoque cualitativo se diseñó una primera distribución de acuerdo a las prioridades de cercanía y seguridad. A continuación se muestra en la Tabla 1.3, el resultado obtenido con este método. En donde se observa por ejemplo que los procesos 2, 3 y 4 (fundido, centrifugado y separado) tienen mayor prioridad de cercanía pues son procesos continuos y evita que se recorra una mayor distancia. Mientras que los procesos 1 y 7 no tienen importancia de cercanía ya que no están muy relacionados. En el caso de los procesos 1 y 2 (prensado y fundido) se debe tener una distancia considerable debido a que se trabaja con un material (Silicón) que no debe estar a elevadas temperaturas, es decir alejar el prensado de la fundición.

Tabla 1.3. Resultados del método SLP

Proceso	1	2	3	4	5	6	7
1. Prensado	X	U	U	U	U	U	U
		3	2	2	2	2	2
2. Fundido			A	I	U	X	U
			1	1	1	3	2
3. Centrifugado				A	U	U	U
				1	1	1	1
4. Separado					O	O	U
					1	2	1
5. Vibrado						I	U
						1	1
6. Acabado							O
							1
7. Decorado							

En la Figura 1.12. Que se muestra a continuación, se visualiza como resulta la reubicación propuesta de acuerdo al método SLP.

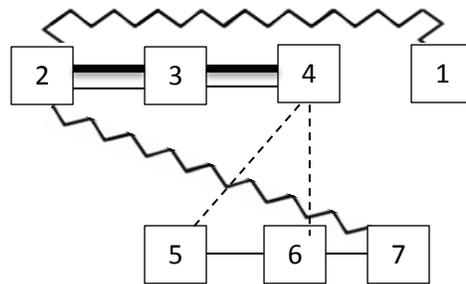


Figura 1.12. Nueva distribución de acuerdo al SLP

1.4.2 Utilización de la herramienta simio para la redistribución

Simular el sistema actual nos ayudó a ver su comportamiento, la capacidad de cada proceso, así como a tomar diferentes alternativas de distribución, midiendo el desempeño de cada una, para optar por la más adecuada.

En la figura 1.13. Se presenta un plano actual del taller en el que se visualiza la ubicación de cada proceso. El cual sirvió de referencia para crear nuestro modelo de simulación y se está representado en la figura 1.14.

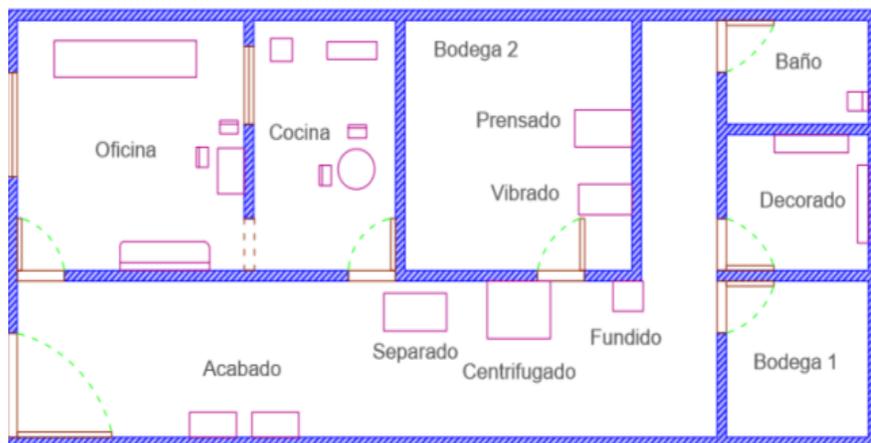


Figura 1.13. Taller actual



Figura 1.14. Layout en Simio distribución actual

De acuerdo al modelo realizado con datos de la distribución actual se obtuvieron resultados que muestran la subutilización de los equipos (tabla 1.4). Por ejemplo, las entidades que entran (pedidos) son 2, las cuales también salieron durante la simulación, por lo tanto no hay pedidos en cola, ni en proceso. Sin embargo en cuanto a los servidores (acabado, centrifugado, decorado, fundido, moldeado, separado y vibrado), el porcentaje de utilización en cada servidor esta entre el 15.17% y 16.48 %, por lo que se confirma la subutilización del proceso en general. Lo mismo sucede en las propuestas de redistribución que más adelante se describen con sus criterios correspondientes.

Tabla 1.4. Resultados de la simulación con distribución actual

Tipo de objeto	Nombre	Acción	Resultado
Entidad	Pedidos	Entraron	2
		Salieron	2
		En cola	0
		En proceso	0
Servidor	Acabado	% ocupado	15.8900
		Horas ocupadas	26.6952
		% desocupado	84.1100
		Horas desocupado	141.3048
	Centrifugado	% ocupado	15.2288
	Decorado	% ocupado	15.5414
	Fundido	% ocupado	15.9065
	Moldeado	% ocupado	15.1788
	Separado	% ocupado	15.2203
	Vibrado	% ocupado	16.4888
Salida		Salieron	2
Entrada		Entraron	2
	Tiempo promedio		23.3141
	Tiempo máximo		35.9439
	Tiempo mínimo		10.8334

1.4.3. Experimentación con diferentes escenarios usando simio

Para la creación de los diferentes escenarios primeramente se establecieron ciertos criterios que más adelante se enlistan que nos permitieron crearlos, los cuales se plasmaron en un plano, para luego ser modelados en Simio de acuerdo con las nuevas distancias entre cada proceso.

También se utilizó el diagrama de hilos para visualizar los recorridos y asignarles cierta ponderación de acuerdo a las distancias. Estos se detallan en el anexo 2.

El criterio que se estableció para la decisión del mejor escenario se propuso en términos de seguridad más que de tiempos aunque el análisis realizado fue para dar fundamento a que los tiempos no fueran afectados de manera drástica y con ello ocasionaran problemas de tipo productivo.

Dando como resultado para cada escenario lo siguiente.

➤ **Reubicación con movimientos laterales**

Criterios para realizar la ordenación con movimientos laterales:

- Evitar área de operación con tránsito
- Conseguir pasillos libres
- Que exista mayor tránsito en los pasos hacia la cocina, área de vibrado y prensado
- Mover lateralmente la ubicación del proceso fundido, centrifugado y separado
- Intercambiar el proceso de decorado con bodega 1

De acuerdo a los criterios establecidos se creó un nuevo plano (figura 1.15) y partiendo de este se creó el modelo en Simio (figura 1.16). Obteniéndose los siguientes resultados (tabla 1.5).

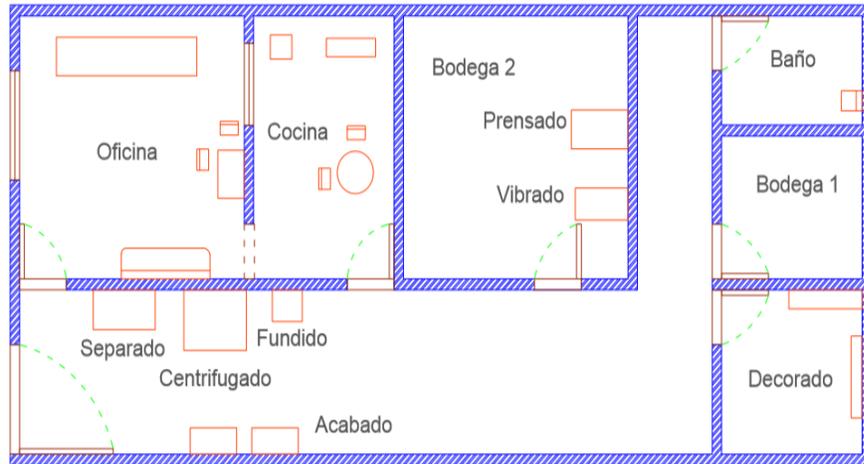


Figura 1.15. Taller con movimientos laterales



Figura 1.16. Layout en simio movimientos laterales

Tabla 1.5. Resultados de la simulación redistribución movimientos laterales

Tipo de objeto	Nombre	Acción	Resultado
Entidad	Pedidos	Entraron	2
		Salieron	2
		En cola	0
		En proceso	0
Servidor	Acabado	% ocupado	16.0663
		Horas ocupadas	26.9914
		% desocupado	83.9337
		Horas desocupado	141.0086
	Centrifugado	% ocupado	15.3842
	Decorado	% ocupado	15.7177
	Fundido	% ocupado	15.9974
	Moldeado	% ocupado	15.2126
	Separado	% ocupado	15.4456
	Vibrado	% ocupado	16.6323
Salida		Salieron	2
Entrada		Entraron	2
		Tiempo promedio	23.3724
		Tiempo máximo	36.2388
		Tiempo mínimo	10.8321

➤ **Reubicación a la pared opuesta o propuesta SLP**

Criterios para realizar la ordenación a la pared opuesta:

- Criterio por zona ventilada
- Evitar área de operación con tránsito
- Continuidad de procesos
- Cambiar la ubicación de los procesos fundido, centrifugado, separado y vibrado a la pared opuesta
- Reubicar el acabado al frente de su lugar original
- Intercambiar el área de decorado y bodega 1

De acuerdo a los criterios establecidos se creó un nuevo plano (figura 1.17) y partiendo de este se creó el modelo en simio (figura 11.18). Obteniéndose los siguientes resultados (tabla 1.6).

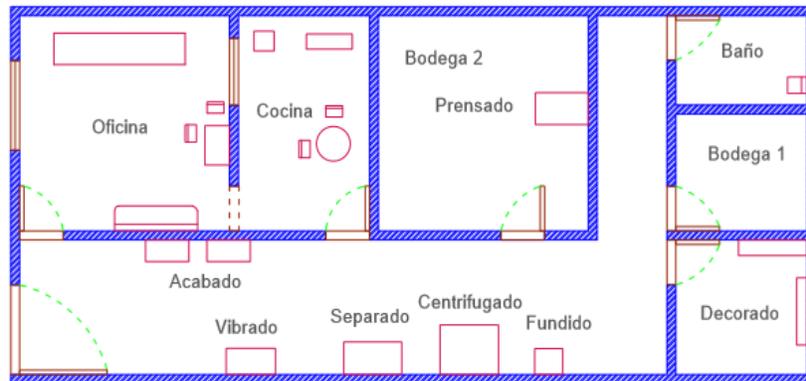


Figura 1.17. Taller reubicación a la pared opuesta (SLP)



Figura 1.18. Layout en simio reubicación a la pared opuesta (SLP)

Tabla 1.6. Resultados de la simulación redistribución a la pared opuesta

Tipo de objeto	Nombre	Acción	Resultado
Entidad	Pedidos	Entraron	2
		Salieron	2
		En cola	0
		En proceso	0
Servidor	Acabado	% ocupado	16.0463
		Horas ocupadas	26.9578
		% desocupado	83.9537
		Horas desocupado	141.0422
	Centrifugado	% ocupado	15.4240
	Decorado	% ocupado	15.6977
	Fundido	% ocupado	16.1117
	Moldeado	% ocupado	15.3690
	Separado	% ocupado	15.4156
Vibrado	% ocupado	16.6447	
Salida		Salieron	2
Entrada		Entraron	2
	Tiempo promedio		23.3867
	Tiempo máximo		36.2043
	Tiempo mínimo		10.8312

➤ **Reubicación a la pared opuesta con una sola bodega**

Criterios para reubicación a la pared opuesta con una sola bodega:

- Optimización de espacios
- Pasillos libres
- Lugar más ventilado
- Cambiar a pared opuesta fundición, vaciado y separado
- intercambiar vibrado por bodega uno

De acuerdo a los criterios establecidos se creó un nuevo plano (figura 1.19) y partiendo de este se creó el modelo en simio (figura 1.20). Obteniéndose los siguientes resultados (tabla 1.7).

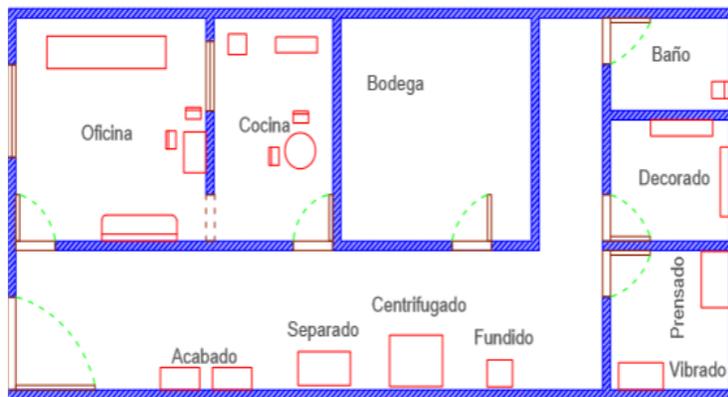


Figura 1.19. Taller reubicación a la pared opuesta con una sola bodega



Figura 1.20. Layout en simio reubicación a la pared opuesta con una sola bodega

Tabla 1.7. Resultados de la simulación reubicación a la pared opuesta con una sola bodega

Tipo de objeto	Nombre	Acción	Resultado
Entidad	Pedidos	Entraron	2
		Salieron	2
		En cola	0
		En proceso	0
Servidor	Acabado	% ocupado	15.8901
		Horas ocupadas	26.6954
		% desocupado	84.1099
		Horas desocupado	141.3046
	Centrifugado	% ocupado	15.2288
	Decorado	% ocupado	15.5415
	Fundido	% ocupado	15.9065
	Moldeado	% ocupado	15.1788
	Separado	% ocupado	15.2203
	Vibrado	% ocupado	16.4889
Salida		Salieron	2
Entrada		Entraron	2
	Tiempo promedio		23.3153
	Tiempo máximo		35.9453
	Tiempo mínimo		10.8346

Conclusiones de la redistribución

- ♣ El realizar un análisis de distribución de planta apoyado por simio permitió medir las variaciones en el rendimiento del sistema, aunque estos no fueron significativos en esta distribución. Permite tomar una decisión sin afectar la productividad del proceso.
- ♣ Al final la mejor distribución fue la que da mayores espacios y mejores condiciones de trabajo tanto de ambiente como de seguridad. Que es el propuesto con el método SLP
- ♣ Es importante notar que el equipo se encuentra subutilizado y debe buscarse una solución para este problema.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen las principales herramientas y metodologías utilizadas para el desarrollo de esta investigación, para dar propuestas de mejora basadas en ellas.

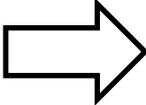
2.1 El diagrama de proceso de flujo

Según la definición estándar de la American Society of Mechanical Engineers (A.S.M.E.), un diagrama de proceso de flujo es una “representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, retrasos y almacenamientos que tienen lugar durante un proceso o procedimiento, incluyendo tanta información que se considera necesaria para el análisis” (*Niebel, 1967*).

Casi siempre es conveniente empezar el estudio de la distribución en la planta haciendo un diagrama del proceso de la operación. Este muestra, en un espacio limitado las operaciones, su secuencia, sus relaciones mutuas y los puntos donde cada material se une a otro u otros. Puede incluir también cualquier otro dato que pueda servir para el análisis posterior, tales como tiempo requerido entre otros. El diagrama ofrece una visión rápida de la tarea global de producción. Trabajando con él, es posible estudiar sistemáticamente las operaciones para su mejora o planear el orden de la distribución (*Muther, 1981*).

Veamos cómo hacemos un diagrama de proceso. Ante todo, pueden ocurrir cinco cosas al material mientras se forma, trata o monta, y se representa por símbolos. La forma convencional de construcción se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Actividades del diagrama de flujo

Símbolo	Definición del suceso	Resultado predominante
Operación 	Tiene lugar una operación cuando se cambia intencionalmente alguna de las características físicas o químicas de un objeto o se prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. También tiene lugar cuando se da o recibe información o cuando se planifica o calcula.	Produce o realiza
Transporte 	Tiene lugar un transporte cuando se desplaza un objeto de un lugar a otro, excepto cuando este movimiento forma parte de una operación o es motivado por el operario en el puesto de trabajo durante una operación o inspección.	Desplaza
Inspección 	Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación o se verifica en cuanto a calidad o cantidad.	Verifica
Espera 	Tiene lugar una espera cuando condiciones ajenas a un cambio intencionado de las características físicas o químicas de un objeto, no permiten o no requieren la inmediata ejecución de la próxima acción planeada.	Interfiere
Almacenaje 	Tiene lugar cuando se guarda y protege un objeto contra un traslado no autorizado. Se representa mediante un triángulo invertido.	Guarda
Actividad combinada 	Cuando se desea indicar actividades realizadas, ya sea simultáneamente o por el mismo operario en el mismo puesto de trabajo, se combinan los símbolos de estas actividades (así, se representa con un círculo inscrito en un cuadrado una operación e inspección combinadas)	

Fuente: Normalización de la <A.S.M.E.>

2.2 El diagrama de recorrido

Aunque el diagrama de proceso de flujo brinda la mayor parte de la información pertinente relacionada a un proceso de fabricación, no muestra un plan objetivo del flujo en función. Algunas veces, esta información es útil para desarrollar un método nuevo. Por ejemplo, antes de que un transporte pueda acortarse, es necesario ver o visualizar, donde hay un lugar para agregar una máquina, para que pueda disminuirse la distancia. Asimismo es útil visualizar posibles áreas para almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección o puntos de trabajo. La mejor forma de encontrar esta información es, tomando un plano existente de la distribución de las áreas involucradas de la planta y bosquejando en el plano las líneas de flujo, indicando el movimiento del material de una actividad a la siguiente. La presentación objetiva de la distribución de plantas y de edificios, en la que aparece el lugar de todas las actividades que están registradas en el diagrama de proceso de flujo, se conoce con el nombre de diagrama de recorrido (*Niebel, 1967*).

2.3 Sugerencias para la ordenación de un taller pequeño o de servicios

La siguiente lista muestra algunas sugerencias para la ordenación de un taller (*Muther, 1981*), como el que se aborda en esta investigación y algunas de estas se tomaron en consideración para realizar las propuestas de reubicación del taller "Placas Grabadas y Fundidas".

1. Ordenar las máquinas, bancos y puestos de trabajo, para aproximarse lo máximo posible a las distribuciones que encontramos en los grandes talleres industriales. Tal ordenación permite que la posible expansión se realice más fácilmente
2. Ordenar las máquinas con vistas al máximo aprovechamiento de la luz natural. Las máquinas que se usan más a menudo, deben ser las más favorecidas por la luz natural, mientras tal emplazamiento no perjudique la eficiencia de la ordenación general.

-
3. Ordenar las máquinas de trabajo pesado, de modo que:
 - a) Estén lo más cerca posible al acceso por el que entrará el material
 - b) Puedan ser atendidas fácilmente por alguna grúa o aparato elevador

 4. Ordenar todas las máquinas de forma que:
 - a) Se pueda colocar al lado de cualquiera de ellas una plataforma rodante o carretilla, para la descarga de utillajes, fijaciones, cabezales y de cajas llenas de material. Para tal ordenación, será necesario prever el adecuado espacio de pasillo.
 - b) Exista suficiente superficie de suelo, para el mantenimiento, lubricación y engrase, reparación de todas las correas, motores y otras piezas.
 - c) Exista espacio suficiente para el operario
 - d) Exista un adecuado espacio de seguridad alrededor de las diferentes partes salientes y deslizantes de las máquinas

 5. Disponer la esmeriladora portátil de manera que se requiera un recorrido mínimo para alcanzarla desde las máquinas herramientas. Se usa una segunda esmeriladora, debe ser fácilmente accesible desde los bancos y los puestos de trabajo de las taladradoras.

 6. Ordenar las rectificadoras de modo que la cantidad de polvo abrasivo que llegue a las demás máquinas sea mínima.

 7. Junto a cada máquina deberá existir una mesa auxiliar preparada para guardar los accesorios, herramientas y montajes de la misma.

 8. Las sierras mecánicas estarán situadas cerca del almacén de perfiles metálicos y deberán tener espacio suficiente para poder cortar barras de 24 pies.

-
9. Las afiladoras de herramientas y cortadores, deberán estar ubicadas cerca del almacén de los mismos.
 10. Las conformadoras deberán estar colocadas de modo que las barras largas puedan ser retenidas por el tornillo.
 11. Todas las máquinas deberán ser niveladas y fijadas al suelo.
 12. Los interruptores de control de las máquinas deberán situarse allí donde exista menos peligro de confusión.
 13. El panel de control principal que desconecta toda la fuerza, deberá ser accesible fácilmente y estar señalizado de modo sencillo y comprensible, ya que su accionamiento debe ser comprendido por todos los operarios.
 14. Los conductores o cables de servicio, aun en instalaciones temporales, deben subir verticalmente desde la máquina hasta, por lo menos una altura de 7 pies antes de discurrir horizontalmente hasta la conexión de servicio. Esto no reza, naturalmente, para las conducciones subterráneas.
 15. Los bancos se dispondrán de modo que las barras largas puedan ser sujetadas por los tornillos.
 16. Evitar las alineaciones de bancos a lo largo de una pared.
 17. El espacio existente debajo de los bancos deberá estar libre de cualquier obstrucción.

2.3.1 Anchura de pasillos

Tabla 2.2. Anchura de pasillos sugerida para mejorar la seguridad

Para personal solamente (para pasar 2 personas)	Como mínimo 30 pulgadas
Para carretillas de mano de 2 ruedas (no pasando ni girando con carga)	Como mínimo 30 pulgadas
Para carretillas de almacén (donde el conductor debe andar alrededor de ellas)	20 pulgadas más que la anchura de la carretilla
Para carretillas de almacén (cuando deben pasar otras carretillas u operarios)	36 pulgadas más que el ancho de 2 carretillas
Para carretillas elevadoras de horquilla accionadas a mano y transportadoras de enjaretados (plataformas de madera)	De 5 a 8 pies, según la naturaleza de las cargas
Para carretilla elevadora de horquilla de 2.00 lbs.	De 8 a 10 pies
Para carretilla elevadora de horquilla de 4.00 lbs.	De 10 a 12 pies
Para carretilla elevadora de horquilla de 6.00 lbs.	De 12 a 14 pies
La anchura de un pasillo depende de :	
<ul style="list-style-type: none">♣ Uso del pasillo: material, personal, aparatos de manipulación y transporte, maquinaria y otros elementos♣ Frecuencia de utilización: volumen de tráfico (para las cargas de punta)♣ Velocidad de paso permitida o deseada♣ Ordenación del tráfico: en uno o en los dos sentidos♣ Posibles condiciones futuras en cuanto a los puntos aquí considerados	

Fuente: Muther, R (1981)

2.4 Distribución en planta

La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller (*Muther, 1981*).

Cuando usamos el término distribución en planta, aludimos, a veces, a la disposición física ya existente; otras veces, a una nueva distribución proyectada; y, a menudo, nos referimos al área de estudio o al trabajo de realizar una distribución en planta. De aquí que una distribución en planta puede ser, una instalación ya existente, un plan o un trabajo. No obstante, el término se usa tan frecuentemente que rara vez podemos confundirlo en su significado.

El trabajo de proyectar una distribución en planta, cubre un amplio campo. Puede comprender, solamente, un lugar de trabajo individual, o la ordenación completa de muchos acres de propiedad industrial. Pero en todos los casos, debemos planearlo para lograr una distribución eficiente.

2.4.1 Objetivos

Generalmente hablando, nuestra misión es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más segura y satisfactoria para los empleados. Debemos ordenar: productores, materiales y máquinas, y los servicios auxiliares (mantenimiento, transporte, etc.) de modo que sea posible fabricar el producto a un coste suficientemente reducido para poder venderlo con un buen margen de beneficio en un mercado de competencia.

Más específicamente: las ventajas de una buena distribución en planta se traducen en reducción del coste de fabricación, como resultado de los siguientes puntos:

1. Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores
2. Elevación de la moral y la satisfacción del obrero
3. Incremento de la producción
4. Disminución en los retrasos en la producción
5. Ahorro de área ocupada (Áreas de producción, de almacenamiento y de servicio)
6. Reducción del manejo de materiales

-
7. Una mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y/o de los servicios
 8. Reducción del material en proceso
 9. Acortamiento del tiempo de fabricación
 10. Reducción del trabajo administrativo
 11. Logro de una supervisión más fácil y mejor
 12. Disminución de la congestión y confusión
 13. Disminución del riesgo para el material o su calidad
 14. Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones
 15. Otras ventajas diversas

Será probablemente imposible el que consigamos todas estas ventajas al mismo tiempo: no obstante, todas estas mejoras han sido conseguidas por ingenieros de distribución en planta. Hemos de tenerlas en cuenta. Después de todo, cuando hemos hecho una inversión de capital, el dinero ya está gastado: solamente podemos recuperarlo a través del ahorro resultante. No podemos cambiar una instalación o distribución por otra, sin sufrir una pérdida, a menos que se haya amortizado ya la inversión a través de los beneficios que representan los ahorros resultantes de su utilización.

2.4.2 Principios básicos de la Distribución de planta (*Muther, 1981*).

- 1. Principio de la integración de conjunto:** La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

- 2. Principio de la mínima distancia recorrida:** A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta.

-
3. **Principios de la circulación o flujo de materiales:** En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.
 4. **Principio del espacio cubico:** La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.
 5. **Principio de la satisfacción y de la seguridad:** A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
 6. **Principio de la flexibilidad:** A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada a reordenada con menos costo o inconvenientes.

2.4.3 Factores que afectan a la distribución en planta

El trabajo de distribución en planta, como cualquier otro trabajo de ingeniería, es de fácil realización, opinan los no iniciados; piensan que cualquiera es capaz de efectuar una buena distribución de planta. Por lo contrario, nos encontramos con los que habiéndose visto frente al trabajo de distribución sin tener experiencia en el mismo, lo miran como una tarea muy difícil de realizar; existen tantos factores a considerar, con alguna influencia directa sobre la distribución, que hacen que ésta aparezca como un rompecabezas insoluble. En realidad, ni un punto de vista ni el otro es correcto. La distribución en planta, ni es extremadamente simple ni es tampoco extraordinariamente compleja (*Muther, 1981*); lo que requiere es: *a*) un conocimiento ordenado de los diversos elementos o particularidades implicadas en una distribución y de las diversas consideraciones que puedan afectar a la ordenación de aquéllos, y *b*) un conocimiento de los procedimientos y técnicas de

cómo debe ser realizada una distribución para integrar cada uno de estos elementos.

Los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución, se dividen en ocho grupos:

1. Factor material, incluyendo diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.
2. Factor maquinaria, abarcando equipo de producción y herramientas, y su utilización.
3. Factor Hombre, involucrando la supervisión y los servicios auxiliares, al mismo tiempo que la mano de obra directa.
4. Factor Movimiento, englobando transporte inter o intradepartamental, así como manejo en las diversas operaciones, almacenamientos e inspecciones.
5. Factor Espera, incluyendo los almacenamientos temporales y permanentes, así como las esperas.
6. Factor de servicio, cubriendo el mantenimiento, inspección, control de desperdicios, programación y lanzamiento.
7. Factor edificio, comprendiendo los elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, así como la distribución y equipo de las instalaciones.
8. Factor cambio, teniendo en cuenta la versatilidad, flexibilidad y expansión.

2.4.4 Componentes de la decisión sobre distribución

Las decisiones sobre distribución implican la determinación de la localización de los departamentos, de los grupos de trabajo dentro de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas, y de los puntos de mantenimiento de las existencias dentro de las instalaciones de producción (*Fitzsimmos, J.A. y Fitzsimmos, M.J., 2001*). El objetivo es organizar estos elementos de una manera tal que se garantice un flujo de trabajo uniforme (en una fábrica) o un patrón de tráfico determinado (en una organización de servicios). En general, los componentes de la decisión sobre distribución son los siguientes:

-
1. La especificación de los objetivos y criterios correspondientes que se deben utilizar para evaluar el diseño. La cantidad de espacio requerida y la distancia que debe ser recorrida entre los elementos de la distribución, son criterios básicos comunes.
 2. La demanda estimada del producto o del servicio sobre el sistema.
 3. Los requisitos de procesamiento en términos del número de operaciones y de la cantidad de flujo entre los elementos de la distribución.
 4. Los requisitos de espacio para los elementos de la distribución.
 5. La disponibilidad de espacio dentro de las instalaciones o, si estas son nuevas, las posibles configuraciones del edificio.

Todos estos componentes son productos de la selección del proceso y de la planeación de la capacidad. En este tema se analizará la forma en que se desarrollan las distribuciones bajo diferentes formatos o estructuras de flujo de trabajo, y se utilizarán técnicas cuantitativas.

2.4.5 Formatos básicos de la distribución de la producción

Los formatos según los cuales se arreglan los departamentos están definidos por el patrón general del flujo de trabajo; existen cuatro tipos básicos de formatos: la distribución por proceso, la distribución por producto, la distribución de posición fija, y un tipo híbrido que es la tecnología de grupo o distribución celular (*Fitzsimmos, et al., 2001*)

Una distribución por proceso (también llamada tipo taller o distribución funcional) es un formato según el cual los equipos o funciones similares se agrupan. De acuerdo con la secuencia establecida de las operaciones, una parte ya trabajada pasa de un área a otra, en donde se encuentran ubicadas las máquinas apropiadas para cada operación. En el sector servicios, este tipo de distribución es típica de los hospitales donde se dedican áreas para determinados tipos de cuidados médicos, como es el caso de las salas de maternidad y cuidados intensivos.

Una distribución por producto (llamado también distribución del taller de flujos) es un formato en el cual el equipo o los procesos de trabajo se arreglan de acuerdo con los pasos progresivos mediante los cuales se hace el producto. El camino para cada parte es en efecto una línea recta. En el sector servicios las empresas de lavado de autos son todas distribuciones por producto.

Una tecnología de grupo o distribución celular agrupa máquinas disímiles en centros de trabajo (o células) para trabajar en productos que tengan formas y requisitos de procesamiento similares. Una distribución de tecnología de grupo es similar a la distribución por proceso en que las células están diseñadas para ejecutar una serie específica de procesos, y es similar a la distribución por producto en que las células están dedicadas a una gama limitada de productos.

En una distribución de posición fija, el producto en virtud de su volumen o peso permanece en su sitio. El equipo de fabricación se mueve hacia el producto y no al revés. Los astilleros, los sitios de construcción, son ejemplos de este formato.

Muchas instalaciones de fábricas presentan una combinación de dos tipos de distribución. Por ejemplo, un piso determinado puede ser distribuido por proceso mientras que otro piso puede ser distribuido por producto. También es común encontrar toda una planta arreglada de acuerdo con la distribución por producto (fabricación, subensamble, y ensamble final) con distribución por proceso dentro de la fabricación y con distribución por producto dentro del departamento de ensamble. De la misma manera, una distribución de tecnología de grupo se encuentra con frecuencia dentro de un departamento ubicado de acuerdo con una distribución de toda la planta orientada hacia el producto.

2.5 Método SLP (systematic layout planning)

Puede ocurrir que la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos. En dichos casos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada SLP (Systematic Layout Planning). En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales. Ver tabla 2.3. A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (Importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X (*Departamento de organización de empresas, E.F. y C., 2012*).

Tabla 2.3 Prioridades de cercanía

Valor	Prioridad	Código de líneas
A	Absolutamente	=====
E	Especialmente	=====
I	Importante	-----
O	Normal	-----
U	Indiferente	-----
X	Indeseable	~~~~~

Tabla 2.4 Código de Razón

Código	Razón
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y /o equipos
3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

Dichas especificaciones se recogen en un cuadro o gráfico de interrelaciones que muestra, además, las razones que motivan el grado de preferencia expresado. Ver tabla 2.4.

El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de

interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan.

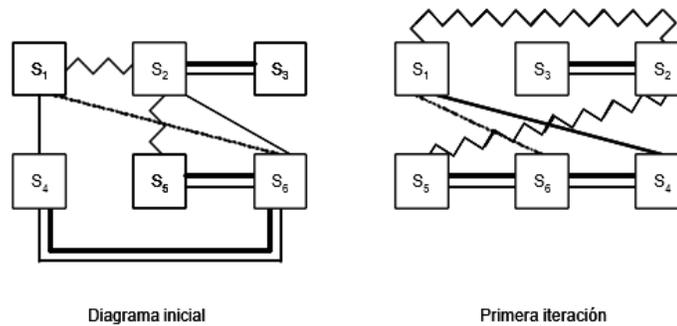


Figura 2.1. Iteraciones posibles

A continuación, este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar los departamentos relacionados con arcos A juntos entre sí y los relacionados con arcos X lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos E, después los relacionados con arcos I y, finalmente, los relacionados con arcos O, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria.

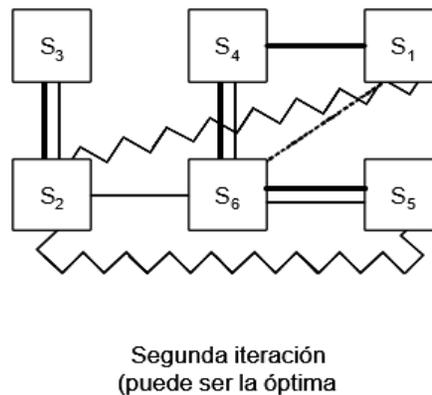


Figura 2.2 Iteración final

Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento

2.6 Pronósticos

¿Cuánto va a crecer la economía el próximo año? ¿Hacia dónde se dirige el mercado de valores? ¿Qué ocurrirá con las tasas de interés? ¿Cómo van a cambiar las preferencias de los consumidores? ¿Cuáles serán los productos nuevos más exitosos?

Los pronosticadores tienen respuestas a todas esas preguntas. Por desgracia, lo más probable es que estas respuestas estén equivocadas. Nadie puede predecir el futuro con precisión todas las veces (*Hillier, F.S. y Hillier, M.S., 2008*).

De cualquier manera el éxito futuro de cualquier negocio depende de con cuánta experiencia cuente la administración para defender tendencias y desarrollar estrategias acordes. Los líderes de las mejores compañías con frecuencia parecen tener un sexto sentido para cambiar de dirección y mantenerse un paso delante de la competencia. Estas compañías rara vez se ven en aprietos por estimar mal la demanda futura de sus productos. Muchas otras compañías tienen problemas. La aptitud para pronosticar bien marca la diferencia.

Por fortuna, cuando se disponen de datos históricos de ventas, se han desarrollado algunos métodos de pronósticos estadísticos para usar estos datos para pronosticar la demanda futura. Estos métodos suponen que continúan las tendencias históricas, de modo que la administración debe hacer ajustes para reflejar los cambios actuales en el mercado.

También están disponibles varios métodos de pronósticos subjetivos que solo usan el juicio de expertos. Estos métodos son en particular valiosos cuando hay pocos o nulos datos históricos de ventas o cuando grandes cambios en el mercado hacen que no sean confiables para fines de pronósticos.

El pronóstico de la demanda de productos es sólo una aplicación importante de estos métodos de pronóstico.

2.6.1 Algunas aplicaciones de los pronósticos

Pronósticos de ventas

Cualquier compañía involucrada en la venta de productos necesita pronosticar la demanda de sus bienes. Los fabricantes necesitan saber cuánto producir. Los mayoristas y detallistas necesitan saber cuánto almacenar. Subestimar por mucho la demanda puede conducir a muchas pérdidas en ventas, en clientes insatisfechos y quizá que la competencia tome la delantera en el mercado. Por otra parte sobreestimar la demanda por mucho es también muy costoso debido a costos de inventarios excesivos, reducciones forzadas de precios, producción o capacidad de almacenamiento innecesaria y oportunidades perdidas de comercialización de bienes más rentables. Los gerentes de comercialización y producción exitosos entienden bien la importancia de obtener buenos pronósticos de ventas.

2.6.2 Métodos cuantitativos

Series de tiempo

Una serie de tiempo es una serie de observaciones en el tiempo de algunas cantidades de interés.

Se dispone de varios métodos estadísticos para usar datos históricos de una serie de tiempo a fin de pronosticar una observación futura en la serie.

2.6.3 Técnicas de pronósticos

Método de pronóstico del último valor. Se deben usar las ventas del mes anterior como pronóstico para el mes siguiente.

$$\text{Pronóstico} = \text{último valor}$$

Método de pronósticos por promedio. Establece que se debe usar el promedio de todas las ventas mensuales a la fecha como pronóstico para el mes próximo.

$$\text{Pronóstico} = \text{promedio de todos los datos hasta la fecha}$$

Método de pronóstico de promedio móvil. Proporciona un punto intermedio entre el último valor y el método de obtención de promedios, y usa el promedio de ventas mensuales solo de los meses más recientes para proyectarlo al mes próximo. Se debe especificar el número de meses que se usa.

$$\text{Pronóstico} = \text{promedio de los últimos } n \text{ valores}$$

Método de pronóstico por suavizamiento exponencial. Proporciona una versión refinada del método de promedio móvil, en el sentido que considera en primer lugar sólo las ventas de los meses más recientes. En particular, más que darle igual peso a las ventas de los meses más recientes, el método de pronósticos por suavizamiento exponencial asigna el mayor peso al último mes y progresivamente disminuye la ponderación sobre los meses anteriores.

$$\text{Pronóstico} = \alpha(\text{último valor}) + (1 - \alpha)(\text{último pronóstico})$$

Método de pronóstico por suavizamiento exponencial con tendencia. Se agrega un refinamiento adicional al método de suavizamiento exponencial. En este método se ajusta el suavizamiento exponencial al considerar también cualquier tendencia ascendente o descendente en las ventas.

$$\text{Pronóstico} = \alpha(\text{último valor}) + (1 - \alpha)(\text{último pronóstico}) + \text{tendencia estimada}$$

Medidas para verificar la exactitud de los métodos de pronósticos

Después de determinar el error de pronóstico en cada uno de los meses por cualquiera de los métodos, una medida común de la precisión del método es el promedio de los errores de pronóstico (la diferencia entre las ventas reales y las ventas pronosticadas). Después de haber determinado el error de pronóstico en cada número de meses para cualquier método de pronóstico, una medida común de la exactitud de ese método es el promedio de estos errores de pronósticos. (Este promedio se conoce como **la desviación absoluta media**, que se abrevia **MAD**.) Debido a que los errores grandes de pronóstico son más graves que los pequeños, otra medida popular para evaluar la precisión de un método de pronóstico es el promedio de los cuadrados de los errores. (Esta medida se

conoce como el **error cuadrático promedio**, que se abrevia **MSE**.) (Hillier, et al., 2008).

$$MAD = \frac{\text{suma de errores de pronóstico}}{\text{Número de pronósticos}}$$

$$MSE = \frac{\text{suma de los cuadrados de los errores de pronóstico}}{\text{Número de pronósticos}}$$

La ventaja de elevar al cuadrado los errores de pronóstico, es que incrementa el peso de los errores grandes con relación al peso de los errores pequeños. Se espera que los errores sucedan incluso en los mejores métodos de pronóstico, y puesto que estos errores no tienen consecuencias serias, es deseable reducir su peso. Los errores grandes en un pronóstico son los que tienen serias consecuencias. Por lo tanto, es bueno penalizar con severidad un método de pronóstico que permita errores grandes de pronóstico ocasionales, al mismo tiempo que se premie a otro método que mantenga de manera constante a los errores razonablemente pequeños. La comparación de estos dos métodos puede resultar en que el primero de ellos reciba el mayor valor de MSE, incluso cuando tenga el menor valor de MAD. Así, MSE proporciona un complemento útil a MAD al aportar información adicional sobre la consistencia de un método de pronóstico para evitar errores grandes, que son serios. Sin embargo la desventaja de MSE en comparación con MAD es que es más difícil interpretar el significado de su valor para un método individual de pronóstico. En consecuencia una se complementa con otro.

Factor de estacionalidad. En cualquier periodo de un año (trimestre, mes, etc.) mide cómo se comporta ese periodo con el promedio global de todo un año. Para ser específicos, cuando se usan datos históricos, el factor temporal se calcula como:

$$\text{Factor de estacionalidad} = \frac{\text{Promedio del periodo}}{\text{Promedio global}}$$

El ajuste de estacionalidad en las series de tiempo. Es mucho más fácil analizar los datos de ventas y detectar tendencias nuevas si primero se ajustan los datos para eliminar el efecto de los patrones temporales. Para remover dichos efectos de las series de tiempo, se debe dividir el promedio diario de estas ventas entre el factor temporal correspondiente dado. Así la fórmula es

$$\text{Volumen de ventas temporalmente ajustado} = \frac{\text{volumen real de ventas}}{\text{factor temporal}}$$

2.7 Simulación

La simulación es una técnica de las ciencias administrativas muy poderosa, y se utiliza mucho para análisis y estudio de sistemas complejos (*Wayne, 2004*).

La simulación se podría definir como una técnica que imita la operación de un sistema del mundo real a medida que evoluciona con el tiempo (*Wayne, 2004*). Esto normalmente se hace desarrollando un modelo de simulación. Un modelo de simulación por lo general, toma la forma de un conjunto de suposiciones acerca de la operación del sistema, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre los objetos de interés en el sistema. A diferencia de las soluciones matemáticas exactas disponibles con la mayor parte de los modelos analíticos, el proceso de simulación tiene que ver con ejecutar el modelo a través del tiempo, por lo común en una computadora, para generar muestras representativas de las medidas de desempeño. A este respecto, la simulación se podría ver con un experimento de muestreo en el sistema real, donde los resultados son los puntos muestrales.

2.7.1 Terminología básica

Para comenzar el análisis se presenta parte de la terminología básica que se utiliza en la simulación. En la mayoría de los estudios de simulación, el interés se centra en la simulación de algún sistema. Así, a fin de modelar un sistema, se

debe entender el concepto de sistema. Entre las distintas formas de definir un sistema, la definición más apropiada para problemas de simulación que es la que aquí se aborda es la que se propone por Schmidt y Taylor (1970).

Un **sistema** es una colección de entidades que actúan e interactúan hacia la realización de algún fin lógico.

El **estado** de un sistema es el conjunto de variables necesario para describir el status del sistema en algún momento determinado.

Un **sistema discreto** es uno en el que las variables de estado cambian solo en puntos discretos o contables del tiempo.

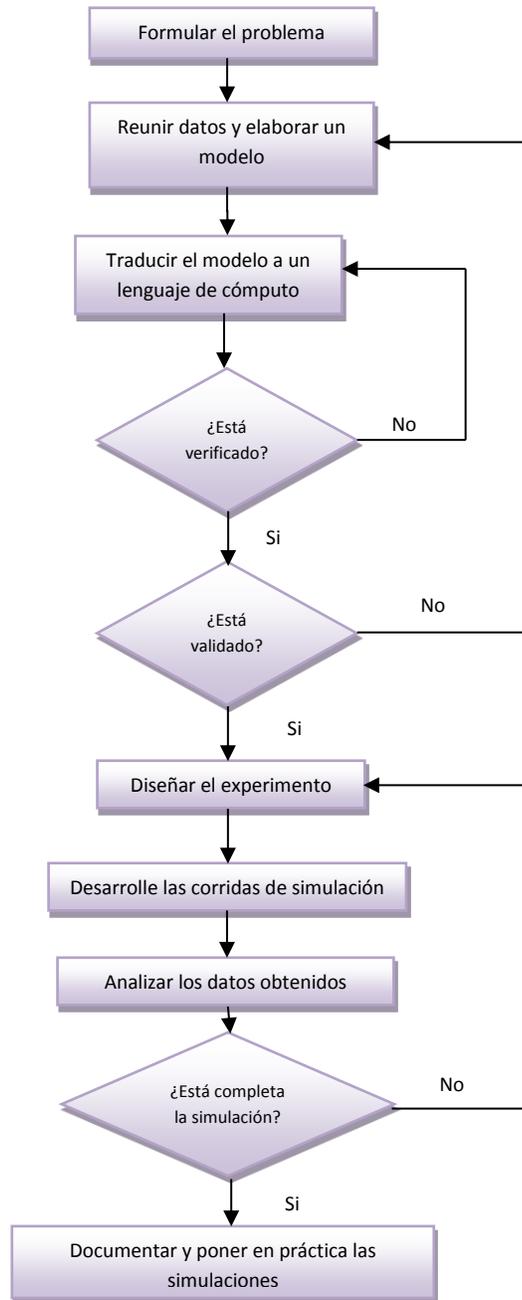
Un **sistema continuo** es uno en el que las variables de estado cambian de forma continua con el tiempo.

Un **modelo de simulación estático** es una representación de un sistema en un punto particular en el tiempo.

Una **simulación dinámica** es una representación de un sistema a medida que evoluciona con el tiempo.

Proceso de simulación. El proceso de simulación consiste en varias etapas. Cada estudio podría ser un poco diferente, pero en general, se utiliza el siguiente esquema:

Figura 2.3 Pasos en un estudio de simulación



Fuente: Wayne, L. W. (2004) pág. 1185

2.8 Simio

Simio es un framework de simulación basado en objetos inteligentes. Está desarrollado por SIMIO LLC, una empresa ubicada en Pittsburgh Pennsylvania. Fue fundada por C. Dennis Pegden, que previamente había trabajado en los simuladores Arena y participó en el desarrollo del lenguaje de simulación SLAM.

Simio provee una alternativa a los simuladores tradicionales basados en procesos ya que adopta la orientación a objetos (*Simio, 2010*). Esta orientación con el tiempo está probando ser más amigable e intuitiva. Otra característica de SIMIO es la posibilidad de realizar modelizaciones 3-D que permiten visualizar de una manera más dinámica el comportamiento del sistema. Para ello se utilizan las bibliotecas de objetos 3- D que Google Warehouse brinda gratuitamente a través de internet. SIMIO también permite soportar los enfoques tradicionales orientados a procesos y a eventos, así como sistemas continuos, discretos y basados en agentes. Estos paradigmas de modelado pueden ser mezclados libremente en un mismo modelo.

Los objetos inteligentes del framework se construyen en Simio por modeladores y luego pueden ser reusados en múltiples proyectos de modelado. Los objetos pueden ser guardados en librerías y fácilmente compartidos. Existen además objetos pre-construidos de librerías, los cuales pueden ser construidos y heredados para construir modelos jerárquicos.

Los objetos son construidos en el simulador de una manera gráfica, no se necesita escribir código de programación para crear nuevos objetos. Y la actividad de construir un modelo es la misma que la de construir objeto. Además un modelo es un objeto que puede ser insertado en otro modelo, de esta manera podemos diseñar una máquina y luego insertarla en un modelo de fábrica por ejemplo.

SIMIO puede ser utilizado para modelar un variado rango de sistemas incluyendo manufactura, salud, cadena de suministros, transporte, defensa y minería.

Hay seis clases básicas de objetos inteligentes en Simio (*Simio, 2010*):

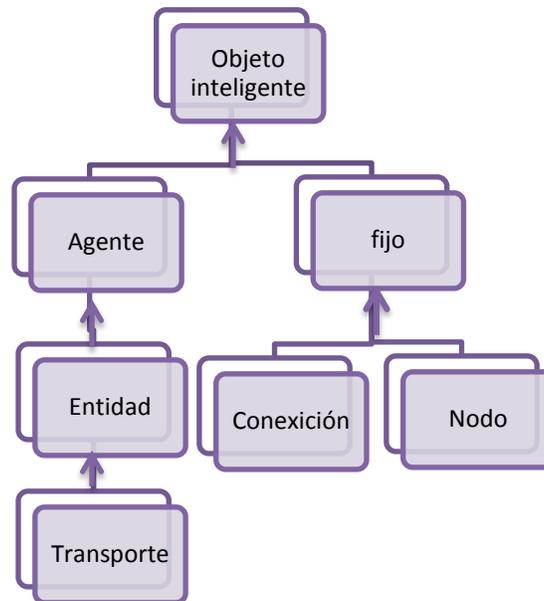


Figura 2.4 Clases básicas de objetos en Simio

Fuente: Simio reference guide versión 3.0

A continuación el listado de los tipos de objetos en Simio

La primera clase es el **objeto fijo**. Éste tiene una ubicación fija en el modelo y puede usarse para representar un sistema completo (por ejemplo una planta) o componentes del sistema que no se mueven de un lugar a otro (por ejemplo máquinas, equipamiento) (*Simio, 2010*).

Los **agentes** son objetos que pueden moverse libremente en el espacio 3D y se usan típicamente para desarrollar modelamiento basado en agente, lo que es útil para estudiar sistemas que están compuestos por muchos objetos inteligentes independientes que interactúan entre ellos para crear un comportamiento general del sistema. Ejemplos de aplicaciones incluyen aceptación del mercado de un nuevo producto o servicio, o crecimiento poblacional de especies rivales dentro de un ambiente (*Simio, 2010*).

Una **entidad** es una subclase de la clase Agente y posee un comportamiento adicional importante. Pueden seguir un flujo de trabajo en el sistema, incluyendo la capacidad de utilizar una red de enlaces para moverse entre objetos; la habilidad de visitar, entrar y salir de ubicaciones entre otros objetos a través de nodos, y la capacidad de ser recogidas, llevadas y entregadas por objetos transportadores. Ejemplos de entidades incluyen clientes de un sistema de servicio, piezas de trabajo en un sistema de manufactura o doctores, enfermeras y pacientes en un sistema de salud. Cabe señalar que en un sistema de modelamiento clásico las entidades son pasivas y son controladas por los procesos del modelo (*Simio, 2010*).

Los objetos **conexión** y **nodo** se utilizan para construir redes por donde las entidades pueden circular. Una conexión define un camino para el movimiento de entidades entre objetos. Un nodo define un punto de partida o de fin para una conexión. Ambos pueden combinarse para componer redes complejas con comportamiento de flujo sin restricción o de tráfico congestionado, entre otros [11] (*Simio, 2010*).

La clase final es el **transporte**, que es una subclase de la clase entidad. Un transporte es una entidad que adicionalmente posee la capacidad de recoger objetos en una ubicación, llevar esas entidades a través de una red de conexiones o en el espacio libre, y luego dejarlas en un destino. Un objeto transporte también la habilidad de moverse fuera de una red y mantener una asociación con un nodo en esa red, como por ejemplo estacionarse en un nodo de una red (*Simio, 2010*).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Esta investigación es un estudio mixto (cualitativo y cuantitativo) (Hernández, 2006) en el que se asume:

Hipótesis de trabajo: Mediante el pronóstico de ventas y la estimación de la capacidad de producción es posible conocer el nivel de producción mínimo para satisfacer la demanda.

Una vez que tuve la oportunidad de conocer el taller se realizó la primera entrevista con los administradores. Se inició el trabajo de definición del sistema el cual como ya se ha mencionado, es un taller de fabricación de artículos promocionales hechos de zamak, en su gran mayoría llaveros, los cuales representan la mayor parte de las ventas.

Al acceder al sistema se pudo conocer el proceso de producción en general, así como los requerimientos (insumos) necesarios para realizar la producción. También se distinguió el comportamiento del sistema en general desde la participación de los clientes y proveedores y que papel desarrollan dentro del sistema. Una vez teniendo claro esto, se procedió a proponer una primera idea de las ventajas que puede dar la intervención de un estudio de investigación a un taller de este tipo y los aportes que se pueden dar en beneficio mutuo. Por lo que se realizó una propuesta de redistribución de las instalaciones basado en obtener mayor seguridad para el personal, sin afectar el desempeño de la producción usando la simulación. Por ultimo en esta parte se presentaron las diferentes propuestas y se sugirió la más adecuada.

Quedando claro el proceso de producción y enfocándome solamente en la producción de llavero tipo a granel, se procedió a la recolección de los datos, los cuales fueron ventas realizadas de dos años e información de tiempos del proceso de producción, los primeros para el modelo de pronósticos y los segundos para el

modelo de simulación, su obtención y captura se muestra con más detalle en el punto 3.1.

Debido a que no se contaba con registros de tipo electrónico, sobre las ventas, se procedió a la captura de esta información, por lo cual se realizaron más visitas al taller para capturar dicha información. Una vez registrados estos datos y debido a la problemática encontrada se decidió hacer un pronóstico de ventas para el año 2014, por lo cual se hizo un análisis de los datos que permitiría describir su comportamiento. Con esto se pudo ver la estacionalidad de los datos. Una vez realizado esto se procedió a estimar su estacionalidad, para que pudieran ser procesados con diferentes modelos de pronósticos.

Se aplicaron diferentes modelos de pronósticos, los cuales arrojaron diferencia en los errores y permitió optar por el modelo con el mejor pronóstico. Una vez que se obtuvo el pronóstico se realizó el plan de producción de acuerdo a la participación que tiene cada tipo de llavero, este plan se hizo para cada mes del año 2014.

Para verificar la viabilidad del plan propuesto, se optó por simular el plan una vez que ya se tenía representado el modelo de producción en el software simio, esto se desarrolla en el punto 4.4 del capítulo 4 se midió si la capacidad del sistema productivo era suficiente para cumplir con el plan de producción propuesto. Lo cual fue satisfactorio. Además se simularon dos escenarios más en los que el taller incrementa sus ventas. Uno fue en 10% y otro en 20% y se midió si la capacidad era suficiente, ya que los administradores pretenden incrementar sus ventas en esos porcentajes para este año. Cabe mencionar que fueron los únicos escenarios planteados ya que no se pretende incrementar más de ese 20% pues sus posibilidades de inversión no son muy grandes.

Por último se dan las conclusiones y recomendaciones para la investigación.

La metodología para realizar el trabajo de investigación se describe a continuación en el siguiente diagrama.

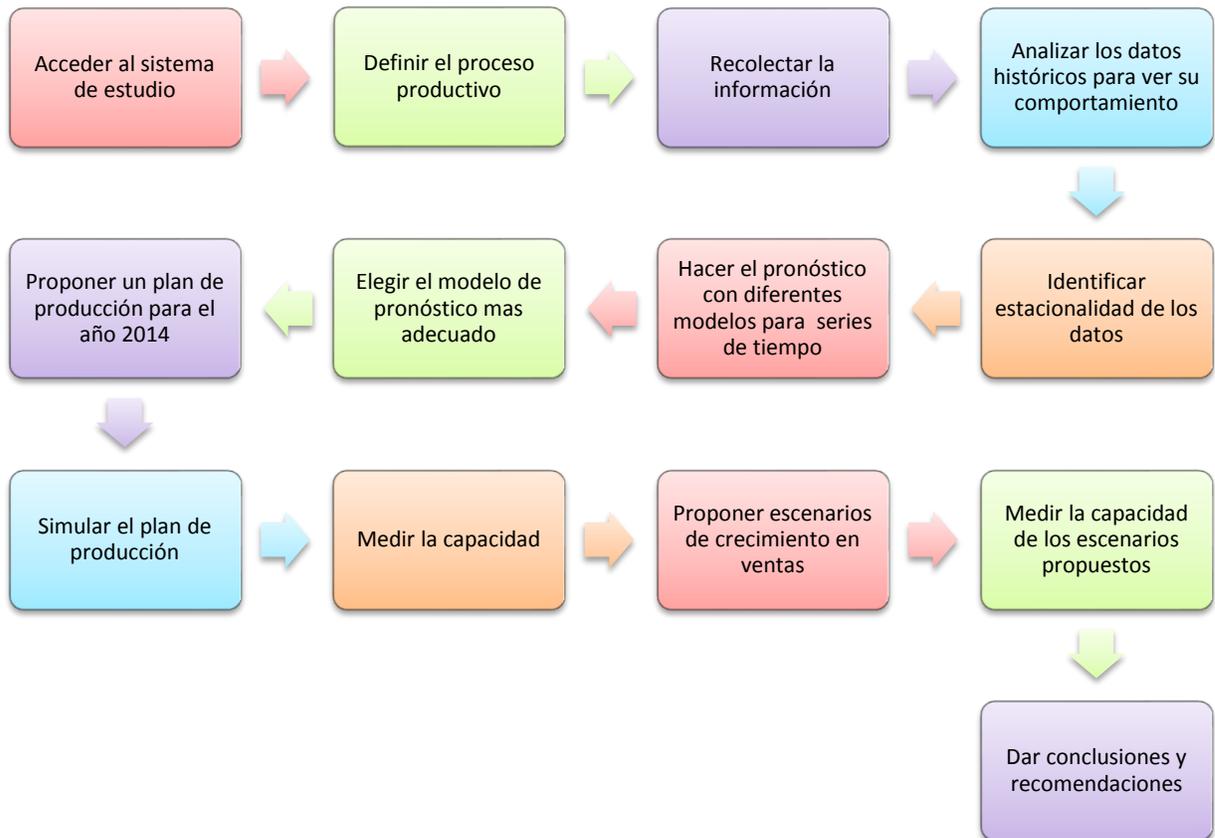


Diagrama 3.1. Metodología realizada para la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.1 Recolección de información

Como ya se mencionó, los datos utilizados fueron básicamente de dos tipos, los primeros constan de registros manuales de ventas de dos años, para su manejo fue necesaria la captura en el formato que se muestra en la figura 3.1, para lo se necesitaron varias visitas al taller.

342	Ventas registradas en el año 2010			
343	Taller "Placas Grabadas y Fundidas"			
344	Elaboro: Sullyamits Baez Rodríguez			
345	Fecha de entrega de información: 18 de abril de 2013			
346	Formato de información recibida: registros manuales en papel			
347	Campos: fecha,cliente,descripcion,cantidad,precio y total			
348				
357	12-ene-10			
358	Cliente: Sra. Blanca	Descripción	Cantidad	Precio
359		Llavero colonial cromo	200	\$ 5.50 \$ 1,100.00
360		Llavero colonial oro	200	\$ 5.70 \$ 1,140.00
361		Llavero colonial niquel negro	200	\$ 5.50 \$ 1,100.00
362		Vitral oro	100	\$ 5.70 \$ 570.00
363		Vitral cromo	200	\$ 5.40 \$ 1,080.00
364		Llave grande oro	200	\$ 5.70 \$ 1,140.00
365		Llave grande cromo	100	\$ 5.50 \$ 550.00
366		Llavero corazón oro	300	\$ 4.50 \$ 1,350.00
367		Llavero corazón cromo	100	\$ 4.30 \$ 430.00
368		Pila oro	300	\$ 4.50 \$ 1,350.00
369		Pila cromo	200	\$ 4.30 \$ 860.00
370		Pila niquel negro	200	\$ 4.30 \$ 860.00
371			Total	\$11,530.00
372				
373				
374	27-ene-10			
375	Cliente: Sra. Blanca	Descripción	Cantidad	Precio
376		Llave grande oro	100	\$ 5.70 \$ 570.00
377		Llave grande cromo	100	\$ 5.50 \$ 550.00
378		Llavero corazón cromo	100	\$ 4.30 \$ 430.00
379		Vitral oro	100	\$ 5.70 \$ 570.00
380		Vitral cromo	200	\$ 5.40 \$ 1,080.00

Figura 3.1 Formato de registro de ventas de llaveros tipo a granel.

Fuente: elaboración propia

La recolección de las ventas permitió obtener una serie de tiempo que más adelante se analiza para la realización del pronóstico de ventas, y para la obtención de la distribución más adecuada para la simulación.

Para la obtención de la distribución se utilizó Stat::Fit un complemento de ProModel. En la figura 3.2 y 3.3 se pueden ver las pantallas de dicho complemento utilizado y que determino una distribución de tipo exponencial.

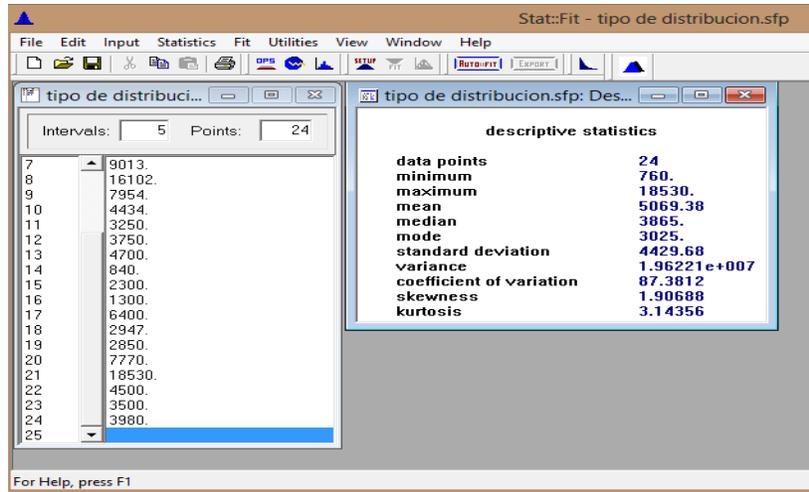


Figura 3.2 Complemento Stat::Fit de ProModel

Fuente: elaboración propia

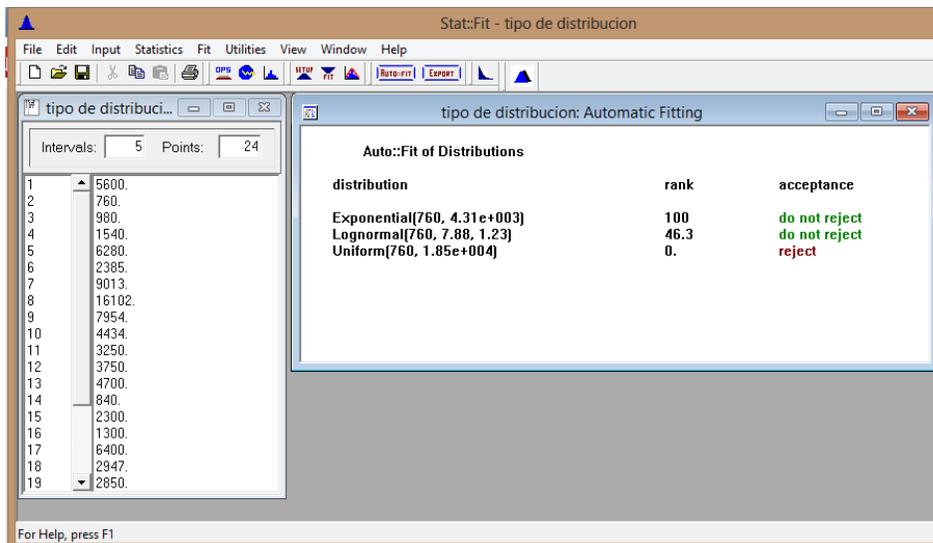


Figura 3.3 Obtención de distribución que describe mejor la serie de datos

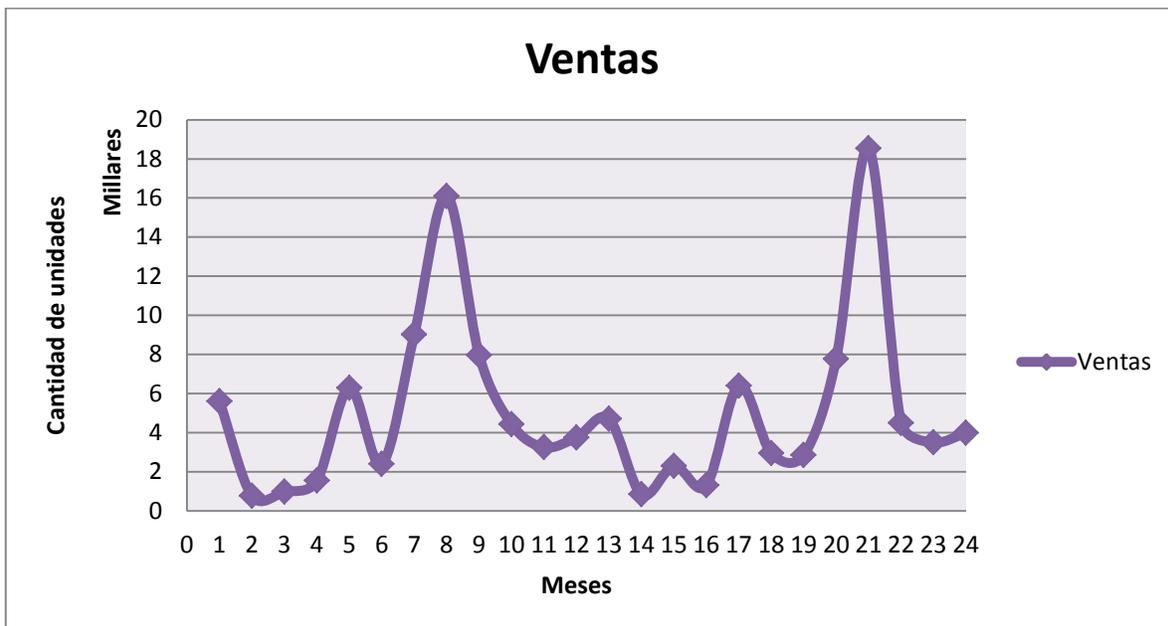
Fuente: elaboración propia

Los otros datos obtenidos fueron los referentes a los tiempos de cada proceso por lo que se realizaron varias entrevistas a los expertos un ejemplo de una de estas y básicamente la primera se muestra en el anexo 1. Estos datos sirvieron como datos de entrada para las simulaciones realizadas.

3.2 Análisis de las ventas históricas

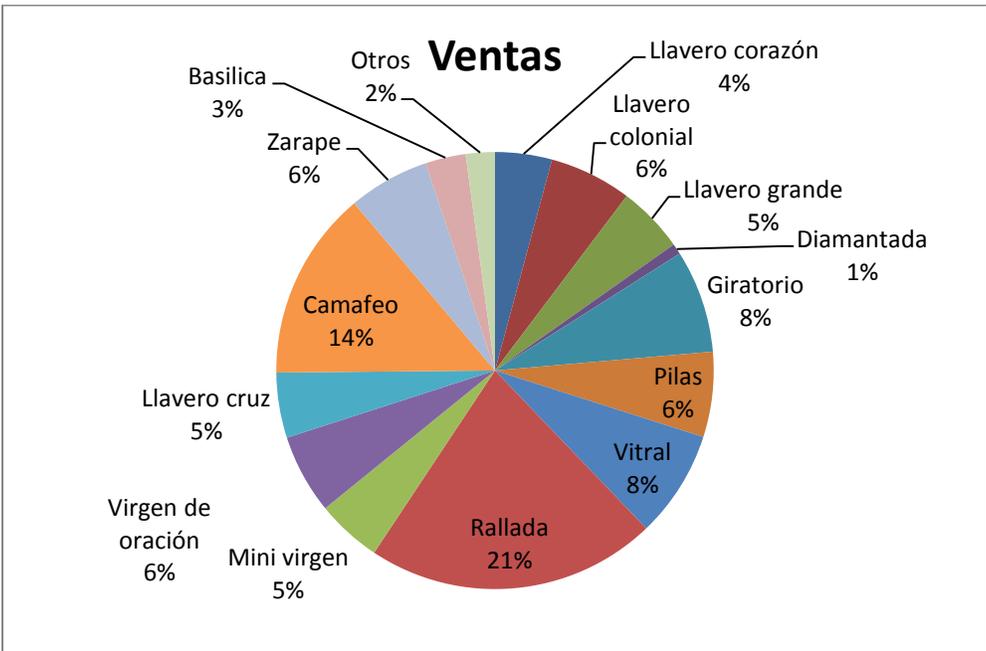
Una vez analizado el sistema e identificado el proceso de producción de los llaveros, se pasó a la fase de recolección de la información (ver anexo 1) para la creación del modelo, así como de ventas históricas. Estos datos sirvieron para el cálculo de los parámetros necesarios para crear el modelo de simulación del sistema actual, así como de los escenarios propuestos.

En cuanto a las ventas históricas fueron analizados dos años (2009 y 2010). Se analizó el comportamiento promedio de las ventas en este periodo, se identificaron los meses con mayor demanda (enero, mayo, julio, agosto y septiembre) ver grafica 3.1. Las ventas presentan un comportamiento de tipo estacional.



Grafica 3.1 Comportamiento promedio de las ventas

También se muestra en la gráfica 3.2 las ventas promedio por producto durante el periodo analizado. Lo cual nos permite observar que el producto denominado como “Rallada” presenta la mayor demanda con un 21% del total de las ventas, las cuales fueron de 121,665 piezas durante el periodo de análisis. Y la que tiene menores ventas es “Diamantada” que solo representa el 1%. Es importante mencionar que se dentro de estos llaveros tipo a granel existen 15 modelos diferentes, estos datos nos servirá más adelante para hacer la propuesta de producción.



Grafica 3.2 Comportamiento promedio de las ventas por producto

3.3 Identificación de estacionalidad en los datos

A continuación se presenta el cálculo de los factores estacionales para la serie de tiempo recolectada de dos años, los cuales presentan cierto factor estacional debido al tipo de producto que se elabora en el taller en análisis. El cálculo de estos factores permitirá un mejor pronóstico, con menores errores. Debido a que las ventas de un mes a otro tienen cierta variación.

El cálculo del factor estacional se realizó en Excel con la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de estacionalidad} = \frac{\text{Promedio del periodo}}{\text{Promedio global}}$$

En cualquier periodo de un año (mes) mide cómo se comporta ese periodo con el promedio global de todo un año. Para este caso mide cada mes con respecto a todo el año.

En la primera columna se encuentra el año analizado, en este caso son solo dos años. La siguiente columna muestra cada mes pues el tipo de temporalidad es mensual, es así como se distinguen las variaciones en las ventas del taller. En la tercera columna se muestra el valor real de ventas. De lado derecho en la columna marcada se muestra la estimación del factor temporal que hace más fácil analizar las ventas. Los meses con mayor variación son enero, mayo, agosto y septiembre. Aunque los meses de octubre, noviembre y diciembre también presentan un incremento. Todo esto debido a que las ventas se incrementan por las festividades del día de la madre y del 12 de diciembre sin embargo, las ventas inician desde el mes de julio porque se anticipan en las compras, por si exista un incremento en los precios del producto en los meses con mayor venta octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 3.1 Modelo para la estimación de factores estacionales

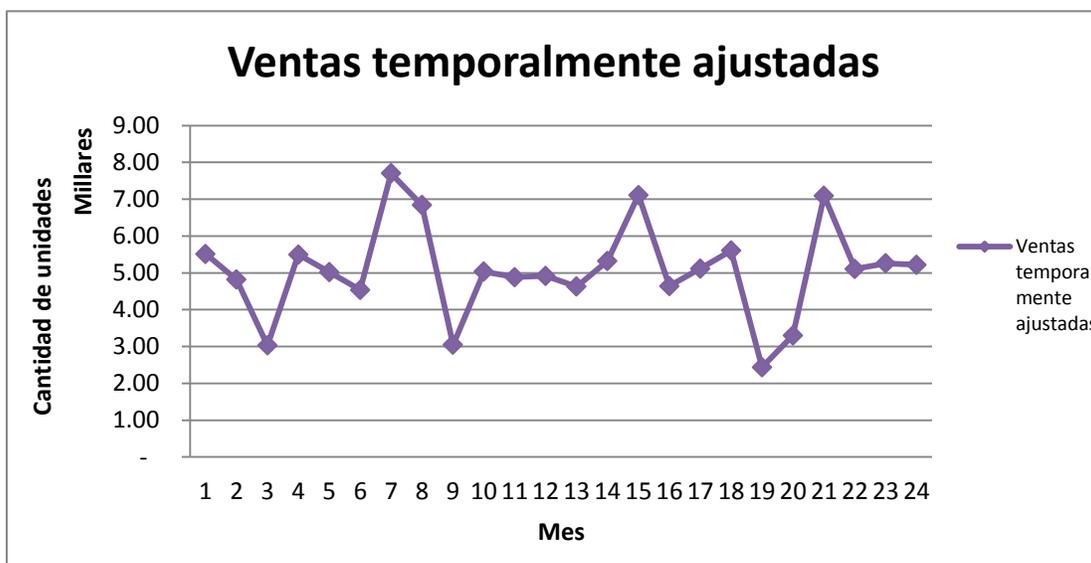
Año	Mes	Valor real	Tipo de temporalidad																											
1	Enero	5,600	Mensual																											
1	Febrero	760																												
1	Marzo	980																												
1	Abril	1,540																												
1	Mayo	6,280																												
1	Junio	2,385																												
1	Julio	9,013																												
1	Agosto	16,102																												
1	Septiembre	7,954																												
1	Octubre	4,434																												
1	Noviembre	3,250																												
1	Diciembre	3,750																												
2	Enero	4,700	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Estimación del factor temporal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enero</td> <td>1.01590</td> </tr> <tr> <td>Febrero</td> <td>0.15781</td> </tr> <tr> <td>Marzo</td> <td>0.32351</td> </tr> <tr> <td>Abril</td> <td>0.28011</td> </tr> <tr> <td>Mayo</td> <td>1.25065</td> </tr> <tr> <td>Junio</td> <td>0.52590</td> </tr> <tr> <td>Julio</td> <td>1.17007</td> </tr> <tr> <td>Agosto</td> <td>2.35453</td> </tr> <tr> <td>Septiembre</td> <td>2.61216</td> </tr> <tr> <td>Octubre</td> <td>0.88117</td> </tr> <tr> <td>Noviembre</td> <td>0.66576</td> </tr> <tr> <td>Diciembre</td> <td>0.76242</td> </tr> </tbody> </table>		Mes	Estimación del factor temporal	Enero	1.01590	Febrero	0.15781	Marzo	0.32351	Abril	0.28011	Mayo	1.25065	Junio	0.52590	Julio	1.17007	Agosto	2.35453	Septiembre	2.61216	Octubre	0.88117	Noviembre	0.66576	Diciembre	0.76242
Mes	Estimación del factor temporal																													
Enero	1.01590																													
Febrero	0.15781																													
Marzo	0.32351																													
Abril	0.28011																													
Mayo	1.25065																													
Junio	0.52590																													
Julio	1.17007																													
Agosto	2.35453																													
Septiembre	2.61216																													
Octubre	0.88117																													
Noviembre	0.66576																													
Diciembre	0.76242																													
2	Febrero	840																												
2	Marzo	2,300																												
2	Abril	1,300																												
2	Mayo	6,400																												
2	Junio	2,947																												
2	Julio	2,850																												
2	Agosto	7,770																												
2	Septiembre	18,530																												
2	Octubre	4,500																												
2	Noviembre	3,500																												
2	Diciembre	3,980																												

Como ya se menciona es más fácil analizar los datos de ventas y detectar tendencias nuevas si primero se ajustan los datos para eliminar el efecto de los patrones temporales. Para remover dichos efectos de las series de tiempo, se dividió el promedio mensual de ventas entre el factor temporal correspondiente dado en la tabla 3.1. En tabla 3.2 se muestra en la última columna las ventas temporalmente ajustadas.

En la gráfica 3.3. Se muestra el volumen de ventas temporalmente ajustado, si el volumen de ventas en los meses con un mayor factor de temporalidad se hubiera distribuido de una manera más uniforme a lo largo del año, es decir si no existiera gran variación en las ventas.

Tabla 3.2 Serie de tiempo temporalmente ajustada

Año	Mes	Factor temporal	Valor real	Volumen de ventas temporalmente ajustado
1	Enero	1.0159	5,600	5,512.35
1	Febrero	0.1578	760	4,816.22
1	Marzo	0.3235	980	3,029.37
1	Abril	0.2801	1,540	5,498.04
1	Mayo	1.2506	6,280	5,021.59
1	Junio	0.5259	2,385	4,535.08
1	Julio	1.1701	9,013	7,702.76
1	Agosto	2.3545	16,102	6,838.82
1	Septiembre	2.6122	7,954	3,044.94
1	Octubre	0.8812	4,434	5,031.77
1	Noviembre	0.6658	3,250	4,881.35
1	Diciembre	0.7624	3,750	4,918.68
2	Enero	1.0159	4,700	4,626.44
2	Febrero	0.1578	840	5,323.19
2	Marzo	0.3235	2,300	7,109.74
2	Abril	0.2801	1,300	4,641.20
2	Mayo	1.2506	6,400	5,117.54
2	Junio	0.5259	2,947	5,603.73
2	Julio	1.1701	2,850	2,435.69
2	Agosto	2.3545	7,770	3,300.06
2	Septiembre	2.6122	18,530	7,093.64
2	Octubre	0.8812	4,500	5,106.67
2	Noviembre	0.6658	3,500	5,256.83
2	Diciembre	0.7624	3,980	5,220.36



Gráfica 3.3 Ventas temporalmente ajustadas

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN

En este capítulo se desarrollan los diferentes modelos de pronósticos, usando la serie de datos recolectada y analizada en el capítulo anterior, para proyectar una observación futura en la serie. Se utilizaron diferentes modelos para hacer el pronóstico de las ventas se comenzó por el más común que es el de pronóstico del último valor. Todos los modelos que se analizaron fueron con factor temporal.

Una vez revisados los modelos de pronóstico y evaluados se elige el más adecuado para este estudio en particular.

El siguiente paso es hacer una propuesta de producción basado en el pronóstico. De acuerdo a la proporción de venta de cada artículo, se realiza una propuesta de producción para el año 2014. Una vez que se presenta dicha propuesta, se evalúa la capacidad del taller para fabricar los llaveros, usando la simulación, en particular se utiliza Simio, además de que se plantean dos escenarios probables de incrementar las ventas de 10 y 20%.

4.1 Aplicación de los modelos de pronóstico con factor estacional

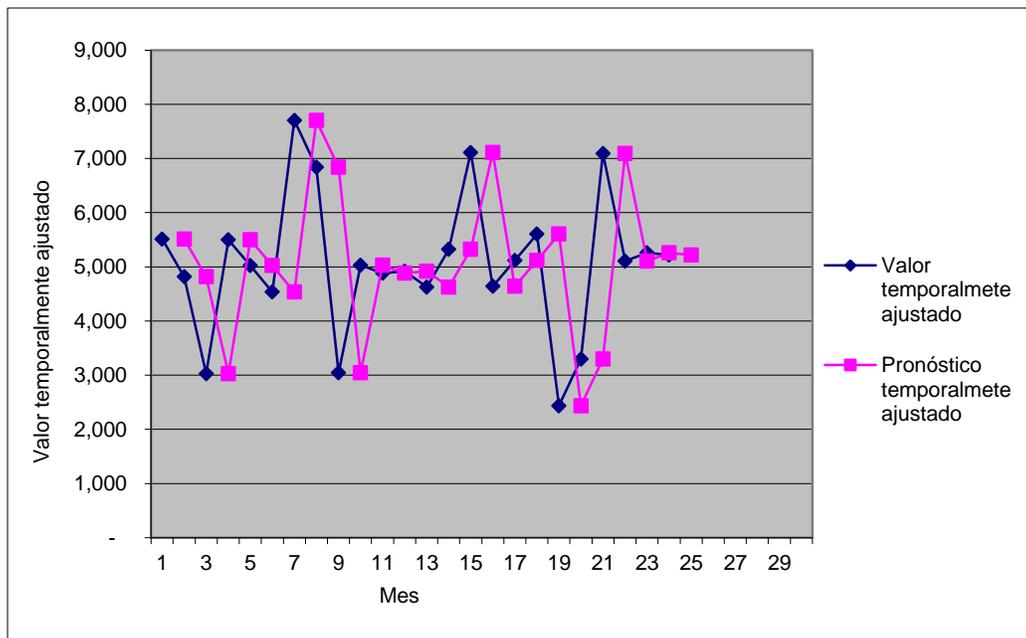
Los modelos de pronóstico utilizados, son con un factor temporal como ya se mencionó anteriormente, debido a que en los meses de mayo, agosto y septiembre se presenta un salto en las ventas por el tipo de producto. Por lo cual en el capítulo anterior se hace un análisis de este factor.

Método de pronóstico del último valor con temporalidad

Una vez ajustado los valores (valor temporalmente ajustado) podemos proceder a hacer el pronóstico del último valor. Como se muestra en la tabla 4.1 en la quinta columna obtenemos el pronóstico temporalmente ajustado, para luego obtener el pronóstico real que se calcula en la columna 6. Se obtiene de multiplicar el factor temporal por el pronóstico temporalmente ajustado. La diferencia entre este

pronóstico y el valor real de ventas, en la tercera columna, proporciona el error de pronóstico en la columna 7. En la misma tabla se muestra el cálculo de la MAD con un valor de 1,731.281684 y MSE 10,474,089.55, los cuales serán comparados al concluir con la aplicación de los diferentes métodos de pronósticos propuestos, para obtener el que proporcione mejores predicciones.

En la gráfica 4.1 se muestra el comportamiento de los valores temporalmente ajustados y el pronóstico temporalmente ajustado, se nota como estos pronósticos siguen la misma ruta, pero trasladados un mes hacia la derecha. Por lo tanto cada vez que hay un gran impulso hacia arriba o hacia abajo en el volumen ventas, los pronósticos van rezagados un mes respecto de este cambio.



Grafica 4.1 Valor temporalmente ajustado y pronóstico temporalmente ajustado

Tabla 4.1 Método de pronóstico del último valor con temporalidad

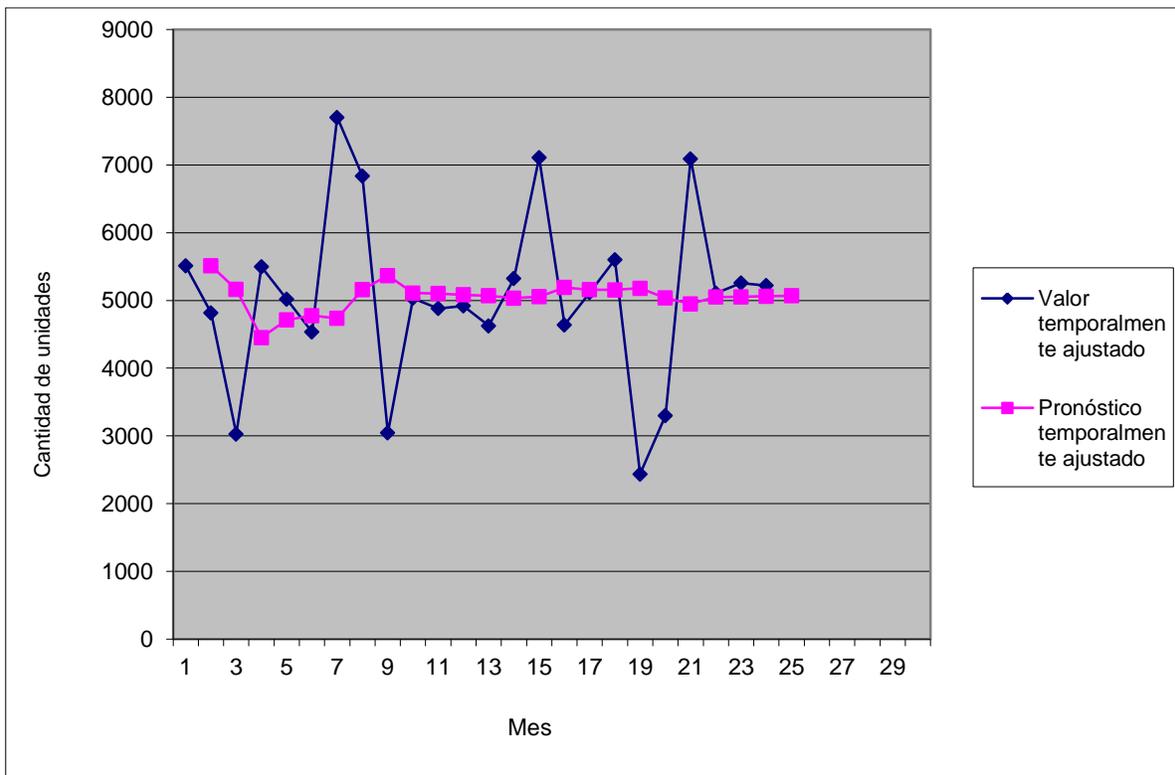
Año	Mes	Valor real	Valor temporalmente ajustado	Pronóstico temporalmente ajustado	Pronóstico real	Error de pronóstico	Tipo de temporalidad																										
1	Ene	5,600	5,512				Mensual																										
1	Feb	760	4,816	5,512	870	110																											
1	Mar	980	3,029	4,816	1,558	578																											
1	Abr	1,540	5,498	3,029	849	691																											
1	May	6,280	5,022	5,498	6,876	596																											
1	Jun	2,385	4,535	5,022	2,641	256																											
1	Jul	9,013	7,703	4,535	5,307	3,706																											
1	Ago	16,102	6,839	7,703	18,136	2,034																											
1	Sep	7,954	3,045	6,839	17,864	9,910																											
1	Oct	4,434	5,032	3,045	2,683	1,751																											
1	Nov	3,250	4,881	5,032	3,350	100																											
1	Dic	3,750	4,919	4,881	3,722	28																											
2	Ene	4,700	4,626	4,919	4,997	297	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Factor temporal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>1.0159</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>0.1578</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>0.3235</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>0.2801</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>1.2506</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>0.5259</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>1.1701</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>2.3545</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>2.6122</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>0.8812</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>0.6658</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>0.7624</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Factor temporal	Enero	1.0159	Febrero	0.1578	Marzo	0.3235	Abril	0.2801	Mayo	1.2506	Junio	0.5259	Julio	1.1701	Agosto	2.3545	Septiembre	2.6122	Octubre	0.8812	Noviembre	0.6658	Diciembre	0.7624
Mes	Factor temporal																																
Enero	1.0159																																
Febrero	0.1578																																
Marzo	0.3235																																
Abril	0.2801																																
Mayo	1.2506																																
Junio	0.5259																																
Julio	1.1701																																
Agosto	2.3545																																
Septiembre	2.6122																																
Octubre	0.8812																																
Noviembre	0.6658																																
Diciembre	0.7624																																
2	Feb	840	5,323	4,626	730	110																											
2	Mar	2,300	7,110	5,323	1,722	578																											
2	Abr	1,300	4,641	7,110	1,991	691																											
2	May	6,400	5,118	4,641	5,804	596																											
2	Jun	2,947	5,604	5,118	2,691	256																											
2	Jul	2,850	2,436	5,604	6,557	3,707																											
2	Ago	7,770	3,300	2,436	5,735	2,035																											
2	Sep	18,530	7,094	3,300	8,620	9,910																											
2	Oct	4,500	5,107	7,094	6,251	1,751																											
2	Nov	3,500	5,257	5,107	3,400	100																											
2	Dic	3,980	5,220	5,257	4,008	28																											
3	Ene			5,220	5,303																												

Desviación absoluta media
MAD = 1,731.281684

Error cuadrado medio
MSE = 10,474,089.55

Método de pronóstico por promedios con temporalidad

Este método comparado con el anterior usa el otro extremo, pues utiliza todos los datos de la serie de tiempo. Es decir hace un promedio y el pronóstico por tanto es el promedio de todos los datos. En la tabla 4.2 se muestran los resultados. En la columna 5 se encuentra el pronóstico temporalmente ajustado en la siguiente columna el pronóstico real y por último el error. Se obtuvo un MAD de 1,315.232988 y un MSE de 5,413,036.02, por lo que promediar resulta mejor que tomar una muestra de tamaño 1 (pronóstico del último valor) para este estudio, puesto que las condiciones siguen siendo las mismas a lo largo de la serie de tiempo. En la gráfica 4.2 se observar que cada pronóstico se encuentra en el promedio de la cantidad de ventas precedentes. Por lo tanto, cada vez que hay un gran cambio en la cantidad de unidades vendidas, las proyecciones siguientes reaccionan con mucha lentitud para actualizarse con el cambio.



Grafica 4.2 Valor temporalmente ajustado y pronóstico temporalmente ajustado

Tabla 4.2 Método de pronóstico por promedios con temporalidad

Año	Mes	Valor real	Valor temporalmente ajustado	Pronóstico temporalmente ajustado	Pronóstico real	Error de pronóstico	Tipo de temporalidad																										
1	Ene	5,600	5,512				Mensual																										
1	Feb	760	4,816	5,512	870	110																											
1	Mar	980	3,029	5,164	1,671	691																											
1	Abr	1,540	5,498	4,453	1,247	293																											
1	May	6,280	5,022	4,714	5,895	385																											
1	Jun	2,385	4,535	4,776	2,511	126																											
1	Jul	9,013	7,703	4,735	5,541	3,472																											
1	Ago	16,102	6,839	5,159	12,148	3,954																											
1	Sep	7,954	3,045	5,369	14,026	6,072																											
1	Oct	4,434	5,032	5,111	4,504	70																											
1	Nov	3,250	4,881	5,103	3,398	148																											
1	Dic	3,750	4,919	5,083	3,875	125																											
2	Ene	4,700	4,626	5,069	5,150	450	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Factor temporal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>1.0159</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>0.1578</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>0.3235</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>0.2801</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>1.2506</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>0.5259</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>1.1701</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>2.3545</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>2.6122</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>0.8812</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>0.6658</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>0.7624</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Factor temporal	Enero	1.0159	Febrero	0.1578	Marzo	0.3235	Abril	0.2801	Mayo	1.2506	Junio	0.5259	Julio	1.1701	Agosto	2.3545	Septiembre	2.6122	Octubre	0.8812	Noviembre	0.6658	Diciembre	0.7624
Mes	Factor temporal																																
Enero	1.0159																																
Febrero	0.1578																																
Marzo	0.3235																																
Abril	0.2801																																
Mayo	1.2506																																
Junio	0.5259																																
Julio	1.1701																																
Agosto	2.3545																																
Septiembre	2.6122																																
Octubre	0.8812																																
Noviembre	0.6658																																
Diciembre	0.7624																																
2	Feb	840	5,323	5,035	795	45																											
2	Mar	2,300	7,110	5,056	1,636	664																											
2	Abr	1,300	4,641	5,193	1,454	154																											
2	May	6,400	5,118	5,158	6,451	51																											
2	Jun	2,947	5,604	5,156	2,711	236																											
2	Jul	2,850	2,436	5,181	6,062	3,212																											
2	Ago	7,770	3,300	5,036	11,858	4,088																											
2	Sep	18,530	7,094	4,949	12,929	5,601																											
2	Oct	4,500	5,107	5,052	4,451	49																											
2	Nov	3,500	5,257	5,054	3,365	135																											
2	Dic	3,980	5,220	5,063	3,860	120																											
3	Ene			5,069	5,150																												

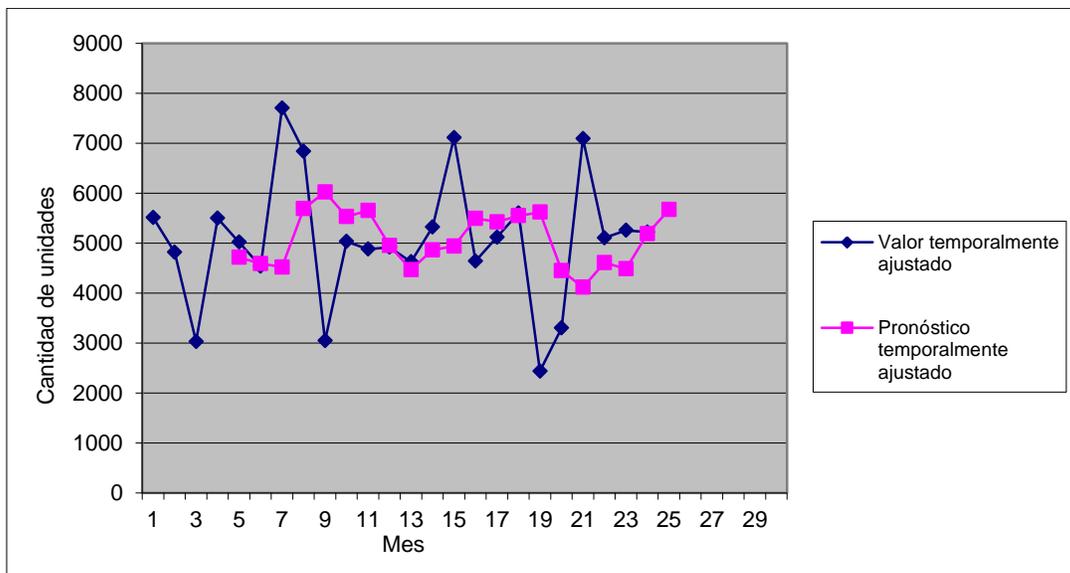
Desviación absoluta media
MAD = 1,315.232988

Error cuadrado medio
MSE = 5,413,036.02

Método de pronóstico de promedio móvil con temporalidad

Este método en lugar de usar datos viejos que pueden ya no ser pertinentes, promedia los datos solo para los promedios más recientes. Usando n , la cual representa el número de periodos más recientes considerados particularmente importantes para la proyección del siguiente periodo. De acuerdo a un análisis realizado con diferentes n los mejores resultados se obtuvieron con una $n = 4$ pues hay relativa estabilidad alrededor de 4 meses. En la tabla 4.3 se muestran dichos resultados, en la columna 5, está el pronóstico temporalmente ajustado, en la 6, el pronóstico real y en la columna 7, el error. También se obtiene la MAD de 1,619.131347 y el MSE de 8,266,181.45. Aunque estos resultados son mejores con respecto a los del último valor, no mejoran con respecto a los del pronóstico por promedio.

Para cada pronóstico, nótese en la gráfica cómo se encuentra en el promedio de las cuatro cantidades precedentes de unidades vendidas. Como consecuencia cada vez que hay un gran cambio en la cantidad de unidades se necesitan 4 meses para que los pronósticos se puedan actualizar totalmente a este nuevo cambio.



Gráfica 4.3 Valor temporalmente ajustado y pronóstico temporalmente ajustado

Tabla 4.3 Método de pronóstico de promedio móvil con temporalidad

Año	Mes	Valor real	Valor temporalmente ajustado	Pronóstico temporalmente ajustado	Pronóstico real	Error de pronóstico	Número de periodos previos que considerar
1	Ene	5,600	5,512				n = 4
1	Feb	760	4,816				
1	Mar	980	3,029				
1	Abr	1,540	5,498				
1	May	6,280	5,022	4,714	5,895	385	
1	Jun	2,385	4,535	4,591	2,415	30	
1	Jul	9,013	7,703	4,521	5,290	3,723	
1	Ago	16,102	6,839	5,689	13,396	2,706	
1	Sep	7,954	3,045	6,025	15,737	7,783	
1	Oct	4,434	5,032	5,530	4,873	439	
1	Nov	3,250	4,881	5,655	3,765	515	
1	Dic	3,750	4,919	4,949	3,773	23	
2	Ene	4,700	4,626	4,469	4,540	160	
2	Feb	840	5,323	4,865	768	72	
2	Mar	2,300	7,110	4,937	1,597	703	
2	Abr	1,300	4,641	5,495	1,539	239	
2	May	6,400	5,118	5,425	6,785	385	
2	Jun	2,947	5,604	5,548	2,918	29	
2	Jul	2,850	2,436	5,618	6,574	3,724	
2	Ago	7,770	3,300	4,450	10,476	2,706	
2	Sep	18530	7,094	4,114	10,747	7,783	
2	Oct	4,500	5,107	4,608	4,061	439	
2	Nov	3,500	5,257	4,484	2,985	515	
2	Dic	3,980	5,220	5,189	3,956	24	
3	Ene			5,669	5,760		

Tipo de temporalidad	
Mensual	

Mes	Factor temporal
Enero	1.0159
Febrero	0.1578
Marzo	0.3235
Abril	0.2801
Mayo	1.2506
Junio	0.5259
Julio	1.1701
Agosto	2.3545
Septiembre	2.6122
Octubre	0.8812
Noviembre	0.6658
Diciembre	0.7624

Desviación absoluta media	
MAD =	1,619.131347

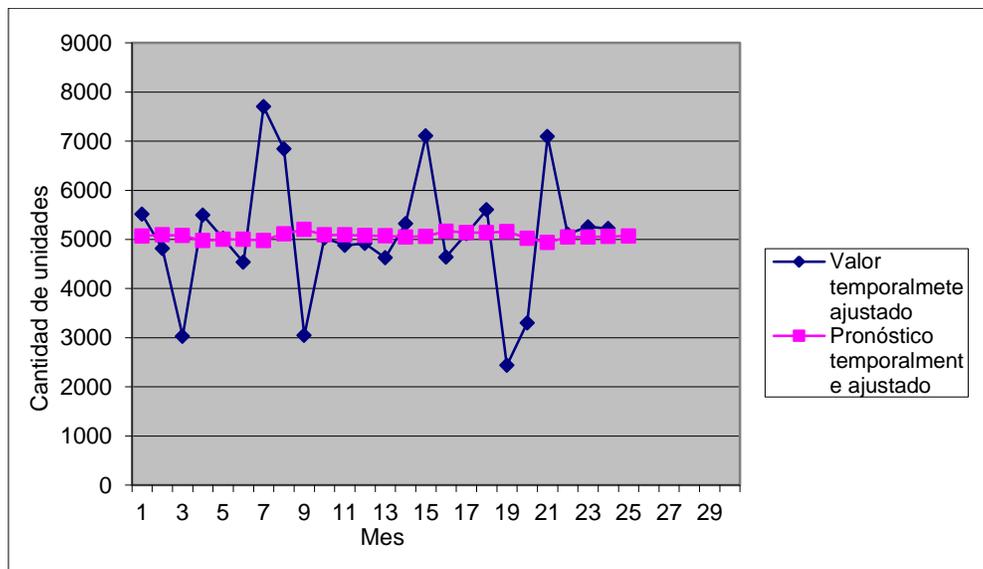
Error cuadrado medio	
MSE =	8,266,181.45

Método de pronóstico por suavizamiento exponencial con temporalidad

En este método como ya se mencionó anteriormente se asigna el mayor peso al último valor en la serie de tiempo y luego progresivamente pesos más pequeños a los valores más antiguos. Se usa la fórmula:

$$\text{Pronóstico} = \alpha(\text{último valor}) + (1 - \alpha)(\text{último pronóstico})$$

Donde el α es una constante de suavizamiento entre 0 y 1 llamada la constante de suavizamiento. Para realizar el pronóstico con este método en nuestra serie de tiempo, se usó un α de 0.05. Además de que cuando se hace el primer pronóstico, no se dispone de un último pronóstico para calcular el pronóstico como se muestra en la fórmula, se utilizó una estimación del valor promedio anticipado para la serie de tiempo que resultó en 5,069. Esta estimación inicial se usó como pronóstico para el primer valor, y luego se usó la fórmula. En la tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos, una MAD de 1,230.76283 y un MSE de 4, 926,515.59, lo que muestra hasta ahora mejores resultados siendo estos valores menores en comparación con los de los anteriores métodos. En la gráfica siguiente observamos una tendencia más estable para el pronóstico temporalmente ajustado.



Gráfica 4.4 Valor temporalmente ajustado y pronóstico temporalmente ajustado

Tabla 4.4 Método de pronóstico por suavizamiento exponencial con temporalidad

Año	Mes	Valor real	Valor temporalmente ajustado	Pronóstico temporalmente ajustado	Pronóstico real	Error de pronóstico
1	Ene	5,600	5,512	5069	5150	450
1	Feb	760	4,816	5091	803	43
1	Mar	980	3,029	5077	1643	663
1	Abr	1,540	5,498	4975	1394	146
1	May	6,280	5,022	5001	6254	26
1	Jun	2,385	4,535	5002	2631	246
1	Jul	9,013	7,703	4979	5826	3187
1	Ago	16,102	6,839	5115	12043	4059
1	Sep	7,954	3,045	5201	13587	5633
1	Oct	4,434	5,032	5093	4488	54
1	Nov	3,250	4,881	5090	3389	139
1	Dic	3,750	4,919	5080	3873	123
2	Ene	4,700	4,626	5072	5152	452
2	Feb	840	5,323	5050	797	43
2	Mar	2,300	7,110	5063	1638	662
2	Abr	1,300	4,641	5166	1447	147
2	May	6,400	5,118	5139	6427	27
2	Jun	2,947	5,604	5138	2702	245
2	Jul	2,850	2,436	5162	6039	3189
2	Ago	7,770	3,300	5025	11832	4062
2	Sep	18,530	7,094	4939	12902	5628
2	Oct	4,500	5,107	5047	4447	53
2	Nov	3,500	5,257	5050	3362	138
2	Dic	3,980	5,220	5060	3858	122
3	Ene			5069	5150	450

Constante de suavizamiento
 $\alpha =$ 0.05

Estimación inicial
 Promedio= 5000

Tipo de temporalidad
 Mensual

Mes	Factor temporal
Enero	1.0159
Febrero	0.1578
Marzo	0.3235
Abril	0.2801
Mayo	1.2506
Junio	0.5259
Julio	1.1701
Agosto	2.3545
Septiembre	2.6122
Octubre	0.8812
Noviembre	0.6658
Diciembre	0.7624

Desviación absoluta media
 MAD = 1,230.76283

Error cuadrado medio
 MSE = 4,926,515.59

Método de suavizamiento exponencial con tendencia con temporalidad

Este método usa los valores recientes en la serie de tiempo para estimar cualquier tendencia ascendente o descendente es estos valores.

En este modelo se usó un $\beta = 0.1$ y un $\alpha = 0.1$. Para aplicar este método se requieren hacer dos estimaciones iniciales sobre el estado de la serie de tiempo antes de comenzar el pronóstico. Estas estimaciones iniciales fueron:

1. Estimación inicial del *valor promedio* de la serie de tiempo si las condiciones antes del inicio del pronóstico fueran a seguir sin cambio, sin ninguna tendencia. La cual es 5,069

2. *Estimación inicial de la tendencia* de la serie de tiempo antes de comenzar el pronóstico. La cual se establece usar 0

El segundo pronóstico se obtiene de las siguientes fórmulas:

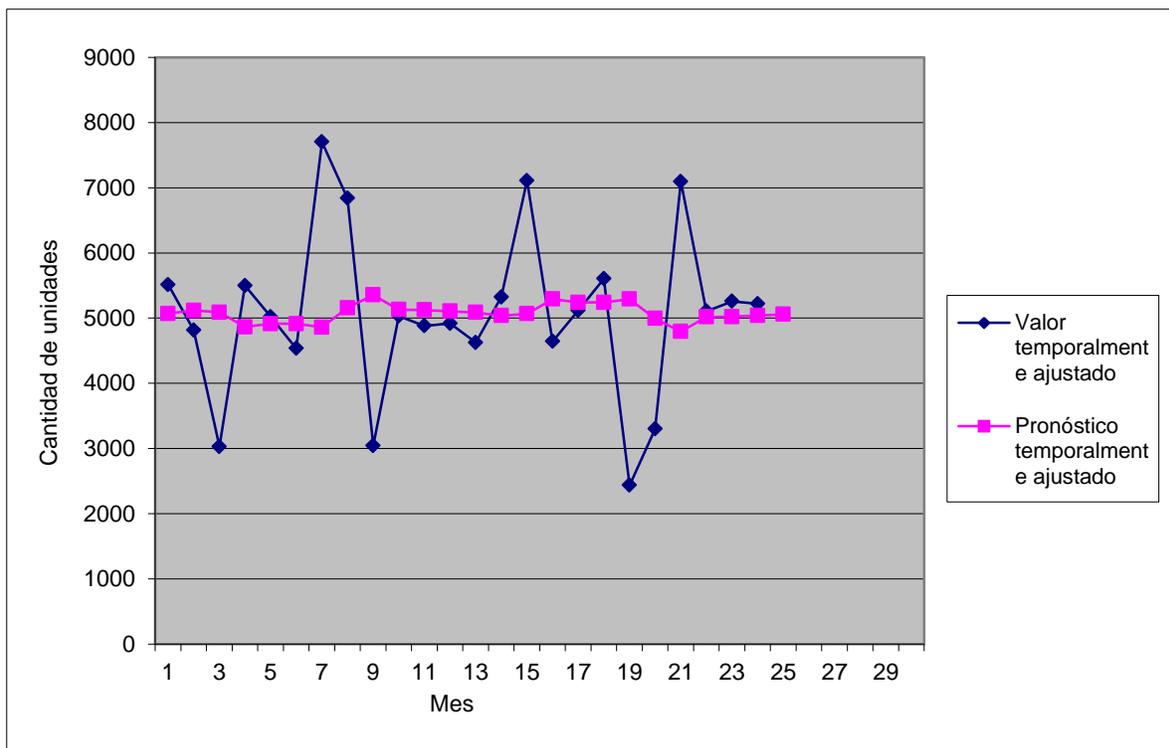
$$\text{Pronóstico} = \alpha(\text{último valor}) + (1 - \alpha)(\text{último pronóstico}) + \text{tendencia estimada}$$

$$\text{Tendencia estimada} = \beta(\text{tendencia más reciente}) + (1 - \beta)(\text{última estimación de tendencia})$$

Donde la *estimación inicial de tendencia* se usa como última estimación de la tendencia en la fórmula para la tendencia estimada y la *estimación inicial del valor promedio* se usa como penúltimo valor y como penúltimo pronóstico en la fórmula para la última tendencia. Las fórmulas antes mencionadas se usan directamente para obtener los pronósticos posteriores.

La tabla 4.5 muestra los resultados de estos cálculos para los 24 meses de estos 2 años analizados. Los errores resultantes que también aparecen en la tabla nos dan una MAD de 1,283.08 y un MSE de 5, 328,452.03. Debido a esto, aunque es mejor que los 3 primeros modelos, no mejora con respecto al método de pronóstico por suavizamiento exponencial.

Así como también se muestra en la gráfica las cantidades de unidades vendidas y de los pronósticos estacionalmente ajustados. Se observa cómo cada tendencia hacia arriba o hacia abajo en la cantidad de unidades vendidas hace que los pronósticos tiendan en la misma dirección, pero entonces la tendencia en los pronósticos se tarda un par de meses para cambiar de dirección, cuando la tendencia en la cantidad de unidades de llamadas revierta súbitamente su dirección.



Grafica 4.5 Valor temporalmente ajustado y pronóstico temporalmente ajustado

4.5 Método de pronóstico por suaviza miento exponencial con tendencia con temporalidad

Año	Mes	Valor real	Valor temporalmente ajustado	Tendencia más reciente	Tendencia estimada	Pronóstico temporalmente ajustado	Pronóstico real	Error de pronóstico
1	Ene	5,600	5,512		0	5069	5150	450
1	Feb	760	4,816	44	4	5118	808	48
1	Mar	980	3,029	-26	1	5089	1646	666
1	Abr	1,540	5,498	-205	-19	4864	1362	178
1	May	6,280	5,022	44	-13	4914	6146	134
1	Jun	2,385	4,535	-2	-12	4913	2584	199
1	Jul	9,013	7,703	-50	-16	4860	5687	3326
1	Ago	16,102	6,839	269	13	5157	12143	3959
1	Sep	7,954	3,045	181	30	5355	13988	6034
1	Oct	4,434	5,032	-201	7	5131	4521	87
1	Nov	3,250	4,881	-3	6	5126	3413	163
1	Dic	3,750	4,919	-19	3	5105	3892	142
2	Ene	4,700	4,626	-15	1	5088	5169	469
2	Feb	840	5,323	-45	-3	5038	795	45
2	Mar	2,300	7,110	25	0	5066	1639	661
2	Abr	1,300	4,641	204	20	5291	1482	182
2	May	6,400	5,118	-45	13	5239	6552	152
2	Jun	2,947	5,604	1	12	5239	2755	192
2	Jul	2,850	2,436	49	16	5292	6192	3342
2	Ago	7,770	3,300	-270	-13	4993	11757	3987
2	Sep	18530	7,094	-182	-30	4794	12524	6006
2	Oct	4,500	5,107	200	-7	5018	4422	78
2	Nov	3,500	5,257	2	-6	5021	3343	157
2	Dic	3,980	5,220	18	-3	5041	3843	137
3	Ene			15	-2	5058	5138	

Constante de suavizamiento

$\alpha =$	0.1
$\beta =$	0.1

Estimación inicial

Promedio =	5000
Tendencia =	0

Tipo de temporalidad

Mensual

Mes Factor temporal

Enero	1.0159
Febrero	0.1578
Marzo	0.3235
Abril	0.2801
Mayo	1.2506
Junio	0.5259
Julio	1.1701
Agosto	2.3545
Septiembre	2.6122
Octubre	0.8812
Noviembre	0.6658
Diciembre	0.7624

MAD =	1,283.08
MSE=	5,328,452.03

4.2 Elección del mejor modelo de pronóstico

Las formas para medir la precisión de los métodos de pronósticos son: MAD y MSE

El primer indicador para la elección del mejor pronóstico fue la desviación absoluta media (MAD). El modelo que nos da la menor MAD y con el cual se hace el plan de producción es el de suavizado exponencial con estacionalidad. El otro indicador es el error cuadrático promedio (MSE). El cual arroja y confirma el mismo resultado obtenido con MAD. Ambos muestran que el mejor modelo para el pronóstico fue el de suavizado exponencial con estacionalidad. Se muestra en la tabla 4.6. Un resumen de los resultados de MAD y MSE de cada modelo analizado.

Método de pronóstico	MAD	MSE
Ultimo valor	3,844	
Con estacionalidad	1,731	10,474,089.55
Por Promedio	3,279	
Con estacionalidad	1,315	5,413,036.02
Promedio móvil	3,914	
Con estacionalidad	1,619	8,266,181.45
Suavizado exponencial	3,287	
Con estacionalidad	1,230	4,926,515.59
Suavizado exponencial con tendencia	4,157	
Con estacionalidad	1,283	5,328,452.03

Tabla 4.6 Resultados de los indicadores MAD y MSE para cada modelo de pronostico

4.3 Propuesta de plan de producción

Una vez que se obtuvo un adecuado pronóstico, el siguiente paso es hacer una propuesta para la producción referente al año 2014 y así evitar las pérdidas de ventas. Puesto que las ventas de los años anteriores han sido por debajo de la demanda, debido a que no se contaba con el producto, por la falta de planeación. Se propone hacer un plan por arriba del pronóstico calculado, ya que de acuerdo a los involucrados se ha tenido una pérdida de ventas del 10%. Con base en lo anterior y tomando en cuenta la participación de cada modelo (15 diferentes modelos). Se establece el siguiente plan.

Producto	Enero	Feb.	Mar.	abril	mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Llavero corazón	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227
Llavero colonial	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
Llavero grande	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
Diamantada	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Giratorio	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453
Pilas	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
Vitral	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453	453
Rallada	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190
Mini virgen	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
Virgen de oración	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
Llavero cruz	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
Camafeo	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793
Zarape	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
Basílica	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
Otros	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
Total	5,665											

Tabla 4.7. Plan de producción para el año 2014 por artículo.

4.4 Simulación del plan de producción

Para verificar que no existan problemas con el plan de producción propuesto se recurrió a la simulación. Se utilizó Simio para hacer esta representación. Además de que se propusieron dos escenarios alternativos, ya que se pretende aumentar las ventas actuales y se deseó saber si la capacidad del sistema permite atender ese nivel de ventas.

El sistema de producción de llaveros a granel representa el sistema simulado. Dentro de este sistema de producción están las entidades que se establecieron como pedidos, hay una entrada. Se utilizan 7 servidores que son, el moldeado, fundido, centrifugado, separado, vibrado, acabado y decorado, que son los procesos dentro del sistema de producción. También se usa una salida que es el almacén. Este modelo se alimentó con los datos recolectados de las entrevistas hechas a los expertos y utilizando la demanda pronosticada.

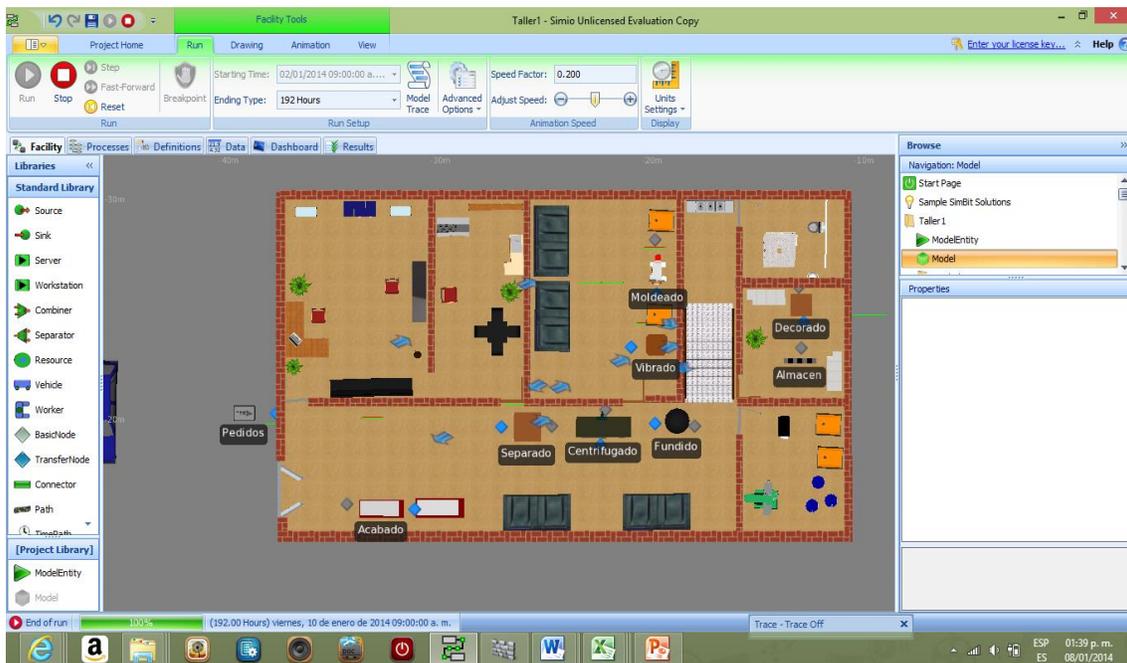


Figura 4.1. Propuesta de producción para el año 2014 representada en Simio

Al realizar la corrida con los datos de acuerdo al plan de producción propuesto dio como resultado, que la capacidad del sistema si permite la producción sin necesidad de cambios. Puesto que no rebasa su capacidad a más del 20%. Es decir que nuevamente como en el punto 1.4.2 y en los demás escenarios propuestos la capacidad del sistema esta subutilizada. Sin embargo aún no se cuenta con los recursos para aumentar la producción.

4.4.1 Escenarios propuestos

De acuerdo a la administración (que pretende aumentar sus ventas hasta un 20 %) se analizaron dos escenarios más, uno para un incremento en 10% y otro para 20%. Los resultados arrojaron que desde el incremento en un 10% existen complicaciones en el proceso de moldeo pues se utiliza toda la capacidad por lo cual se debe analizar con mayor profundidad este proceso. Pero con respecto a los demás procesos la capacidad es suficiente por lo que no se requiere de ningún cambio.

El proceso de moldeo a pesar de que utiliza toda su capacidad no es necesaria la instalación de otra máquina debido a que los moldes son reutilizados y no se necesita que todo el tiempo este activo.

4.5 Resultados obtenidos

Al obtener los resultados anteriores: el pronóstico para el años 2014, el plan propuesto, y que la simulación muestra que un incremento en ventas no está limitado por la capacidad de producción, se calculó cuáles serían los ingresos si estos cambios se aplicaran.

Primero que todo se calculó el costo de fabricación de un llavero tipo a granel, lo cual fue \$3.1, sin embargo se da una comisión de venta de \$0.7. Por lo que se consideró un total de \$ 3.8. Calculado esto se encontró que la ganancia por cada pieza es solo de \$1.2, debido a que el precio del producto era de \$5, con lo cual se tomó la decisión de incrementar el precio a \$6 lo que mejoraba la ganancia. Con estos últimos ajustes se procede a calcular las ganancias que se hubieran obtenido en los años anteriores de haber aplicado el incremento de precio y si no se hubieran perdido ventas de un 10%. La tabla 4.8 muestra este análisis.

Precio	Promedio de ventas anual	Ganancia anual con pérdida de ventas	Ganancia anual sin pérdida de ventas	Diferencia
Actual	60,833 piezas	72,999.6	80,299.56	7,299.96
Nuevo	60,833 piezas	133,832.6	147,215.86	13,383.26

Tabla 4.8 Análisis de ganancia anual para los años pasados

Por lo tanto en los últimos cuatro años, manteniendo el mismo precio de venta, pero sin pérdida de ventas del 10%, la perdida en las ganancias fue de \$321,198.24.

Por lo que para este año con las ventas pronosticadas anuales de 67,980 piezas y aplicando el nuevo precio de venta \$6 se obtendrá una ganancia de \$ 149,556.

CONCLUSIONES

Hoy en día para crecer, incluso para mantenerse en el mercado es necesario implementar mejoras. Por ello el taller “Placas Grabadas y Fundidas” permitió ser analizado y escuchar las recomendaciones planteadas.

En este trabajo, primeramente se identificó el sistema, para poder enmarcar sus elementos y su relación entre ellos, una vez hecho esto se identificó el subsistema de producción, haciendo una descripción de éste y obteniendo los tiempos de producción. Se recolectaron los datos necesarios sobre las ventas históricas que corresponden a dos años, se procedió a analizar estos datos para ver qué comportamiento presentaban, realizado esto, se identificó estacionalidad en los datos, debido al producto que se fabrica en este taller. Una vez hecho esto se aplicaron diferentes modelos de pronóstico como el de último valor, por promedio, promedio móvil, suavizamiento exponencial y suavizamiento exponencial con tendencia, siendo el de suavizamiento exponencial el más adecuado para la serie de tiempo, puesto que dio un menor MAD y MSE que fueron los criterios de elección. Obtenido el pronóstico se hizo un plan de producción para el año 2014. La falta de un plan de producción ha ocasionado pérdidas en ventas de alrededor de un 10%, por la escasez de producto. Con base en el plan propuesto de producción se atiende la demanda, por lo cual se prevé la pérdida de ventas del 10%. Para verificar la viabilidad de realizar la producción planeada se recurrió a la simulación para medir la capacidad del sistema, obteniendo resultados satisfactorios. Además se simuló un incremento en la producción de 10% y 20%, para medir si hay capacidad, en caso de incrementar las ventas, de acuerdo a la propuesta de los administradores. Los escenarios propuestos ayudan a verificar la viabilidad de producir lo suficiente para atender un nivel de ventas estimado, entre 10 y 20%.

Por último se recomienda hacer una revisión periódica de las ventas, para actualizar el pronóstico. Además calcular periódicamente los costos de fabricación de sus productos, para obtener un precio de venta justo, en el que se obtengan mejores ganancias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ♣ Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C, Curso 04 / 05.
Tema 4. Distribución en planta. Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos. Recuperado en octubre de 2012,
<http://personales.upv.es/jpgarcia/.../4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>.
- ♣ Elizondo, C.M. y Flores, I. (2006). *Apuntes de Simulación.* México: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- ♣ Fitzsimmos, J. A. y Fitzsimmos, M. J. (2001). *Service Management Operations, Strategy, and information Technology.* Tercera edición, USA: McGraw-Hill.
- ♣ Hernández, S. R., Fernández, C. R. y Batista, L. P. (2006). *Metodología de la investigación.* Cuarta edición, México: Mc Graw Hill.
- ♣ Hillier, F. S. y Hillier, M. S. (2008). *Métodos cuantitativos para administración.* Tercera edición, México: McGraw-Hill.
- ♣ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Micro, Pequeña, Mediana y Gran Empresa, estratificación de los establecimientos, censos económicos 2009.* Recuperado en marzo de 2013,
http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Micro_peque_mediana.pdf.
- ♣ Levin, R. I. (1988). *Estadística para administradores.* Segunda edición, México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- ♣ López, Martínez María de los Ángeles. (2009). *Análisis estadístico del financiamiento a las Pymes en México (1988-2008).* UNAM, México.

-
- ♣ México emprende. Recuperado en octubre de 2012, <http://www.mexicoemprende.org.mx>.
 - ♣ Muther, R. (1981). Distribución en planta Ordenación racional de los elementos de producción industrial. Cuarta edición, Barcelona (España): Hispano Europea.
 - ♣ Niebel, B. W. (1967). Ingeniería industrial, estudio de tiempos y movimientos. Tercera reimpresión, México: Representaciones y servicios de ingeniería, S.A.
 - ♣ Schmidt, J. W., R.E. Taylor. (1970). Simulation and Analysis of Industrial Systems. Homewood. Ill.:Irwin.
 - ♣ Simio LLC. *Introduction to Simio*, pdf, 2010.
 - ♣ Simio LLC, *Simio Reference Guide, Version 3.0*. pdf, 2010.
 - ♣ Wayne, L. W. (2004). Investigación de Operaciones, Aplicaciones y algoritmos. Cuarta edición, México: Thomson.

ANEXOS

ANEXO 1

Entrevista realizada a los expertos del taller “Placas Grabadas y Fundidas”

27/09/2012

Horario: 11:45-12:35

Experto: Sr. Miguel Balderas

Investigador: Ing. Sullyamits Báez Rodríguez

Historia de la empresa

1. ¿Cuándo se fundó el taller?

En la década de 1970. Es un taller con una antigüedad de más de 40 años.

2. ¿Cómo surge la idea?

La idea surge del señor Antonio Balderas Moreno, padre de los actuales es dueños los señores Raúl y Miguel Balderas, y de sus hermanos mayores, que iniciaron haciendo soldaditos de plomo, los cuales vendían en el zócalo en época de reyes para regalo de los niños. También hacían y vendían figuras del calendario azteca, debido a que trabajaba como cuidador en el museo de antropología esto le permitía comercializarlos ahí.

3. ¿Cómo fueron sus inicios como actuales dueños?

Sus inicios fueron realizar publicidad para las agencias distribuidoras de automóviles, donde hacían el logo de la distribuidora que va en el automóvil, pero hoy en día ya no es una opción la producción de estos productos, pues han sido reemplazados por calcomanías.

4. ¿Quiénes han trabajado en el taller?

El taller siempre ha sido familiar, pasando del Sr. Antonio Balderas, a sus hijos mayores, hasta los actuales dueños.

5. ¿Cuál fue su periodo de mayor crecimiento?

Del 2002 al 2008, hubo un gran crecimiento, que les permitió adquirir el equipo con el que ahora se cuenta.

6. ¿Cómo han sido los últimos años?

La demanda ha disminuido mucho, debido a la introducción del mercado chino y los precios tan bajos que manejan, la competencia ha sido muy fuerte en los últimos años.

Detalles de los procesos

Prensado

7. ¿Cuál es el insumo principal para este proceso?
Es un silicón de procedencia italiano, de color azul claro, con un diámetro aproximado de 20 cm. Y un grosor de 1.5 cm.
8. ¿Cuál es el equipo con que se realiza este proceso?
Es una plancha hidráulica con una presión de hasta 200 libras y una temperatura máxima de 350°.
9. ¿Cuál es el tiempo promedio necesario para realizar un molde?
Aproximadamente 1.25 horas, utilizando una presión de 50 libras y una temperatura constante de 200°.
10. ¿Cuántos moldes promedio se hacen en un mes?
En la temporada de mayor venta, se hacen de 20 a 30 moldes por mes
11. ¿Cuántas piezas en promedio se hacen en cada molde por vaciado?
Según las dimensiones de cada pieza entre 8 a 15 piezas por molde.
12. ¿En promedio cuántas veces puede ser utilizado un molde?
Tiene un rendimiento de entre 120 a 130 vaciados, según el tamaño de las piezas, así que en un molde se pueden hacer entre 960 a 1950 piezas, es decir con un promedio de 1500 piezas aproximadamente, en toda su vida útil.

Fundición

13. ¿Cuál es el insumo principal para este proceso?
Es una aleación de zinc, aluminio, magnesio, antimonio y cobre que se llama zamak.
14. ¿Cuál es el equipo con que se realiza la fundición?
Horno de fusión.
15. ¿Cuáles son sus características?
Opera con un quemador de gas de alta presión, con crisol de fierro colado, con tabique refractario. Alcanza una temperatura máxima de 450°C, con

una capacidad de entre 100 a 130 kilos. La energía que utiliza es gas licuado con aire.

16. ¿Cuál es el rendimiento de cada pieza de zamak?

El informante aseveró que puede hacer en promedio 500 piezas con dos barras de zamak. Cada barra pesa 9 kilos, entonces por cada barra de zamak se obtienen 250 piezas

17. ¿Cómo se hace la fundición?

Para realizar la fundición el horno debe alcanzar una temperatura constante de 400°C, en 1.25 horas aproximadamente. Con esta temperatura y este tiempo el zamak está listo para ser vaciado.

Vaciado

18. ¿Cómo se realiza el vaciado?

El material fundido es vertido en los moldes de silicón con un cucharón metálico (cuchareado), en 1 hora aproximadamente todo el material ya fue vaciado.

Centrifugado

19. ¿Cuál es la máquina que realiza este proceso?

Máquina de centrifugado, semiautomática, que despacha cada molde cada 40 segundos, por lo que es muy eficiente.

Separación de piezas

20. ¿Cuánto tiempo se necesita esperar para que las piezas estén solidas?

De 25 a 30 segundos aproximadamente.

21. ¿Cómo es este proceso?

Las piezas que son retiradas de los moldes, permanecen unidas, por lo que es necesario separarlas con unas pinzas.

22. ¿Cuántas piezas se separan por hora?

Se separan entre 400 a 500 piezas por hora.

Vibrado

23. ¿En qué consiste este proceso?

Una vez que las piezas son separadas, son llevadas al área de vibrado, para quitar los excedentes por medio de este proceso. Las piezas son depositadas en una tina, que contiene canicas cerámicas, cuya capacidad máxima es de 30 kilos; con un promedio para su procesamiento de 3 horas. Una vez que el proceso ha concluido las piezas salen con un acabado del 80% al 90%.

24. ¿Cuántas piezas pueden ser procesadas a la vez?

Con una capacidad máxima de 30 kilos se pueden procesar de 100 a 1200 piezas en 3 horas.

Acabado

25. ¿En qué consiste este proceso?

Una vez que las piezas han pasado por el proceso de vibrado, lo siguiente es darles un mejor acabado, donde se aplica un baño base de metal no ferroso y por ultimo un baño de níquel negro o latón dorado, donde adquiere su color final.

En este proceso hay dos métodos de acabado, por colgado o por barriles.

26. ¿Cuál de los dos métodos da un mejor acabado?

La técnica de colgado, porque cada pieza es colgada en racks, estos racks se sumergen en los baños uniformemente concentrados para mejor recubrimiento.

27. ¿Cuál de las dos técnicas es más costosa?

El colgado, pues necesita más tiempo, ya que en cada rack son colgadas en promedio 35 piezas y su proceso tarda 1 hora y solo son metidos en cada tina 2 racks.

28. ¿Cuál de las dos técnicas tiene mayor capacidad?

La técnica de barriles, pues se realiza a granel, con una capacidad de 8 a 9 kilos por carga lo que equivale de 400 a 500 piezas en un promedio de 2 horas por lo que da mayor rendimiento. Pero no mejor acabado.

Decorado

29. ¿En qué consiste este proceso?

Una vez realizado el acabado, las piezas pueden o no ser decoradas, según los requerimientos del cliente. Y el proceso consiste principalmente en colocar imágenes al llavero, aplicar una resina para cubrir la imagen o en otro caso pintar las piezas (agregando color).

30. ¿Cuántas piezas pueden procesarse diariamente?

Hasta 1000 piezas por día.

Otros puntos importantes

31. ¿existe almacenaje de producto terminado?

No, pues se trabaja sobre pedido únicamente

32. ¿Cómo es la producción?

Solo se maneja producción por pedido.

33. ¿Cuál es el periodo del año en el que hay más ventas?

En los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero.

34. ¿Cuál es el periodo del año en el que las ventas son muy bajas?

Febrero, marzo, abril y mayo.

35. ¿Cuál es su producción hoy en día?

200 piezas por semana.

36. ¿Cuál es la producción en la temporada de mayor venta?

600 piezas por semana.

ANEXO 2.

Diagramas de recorrido

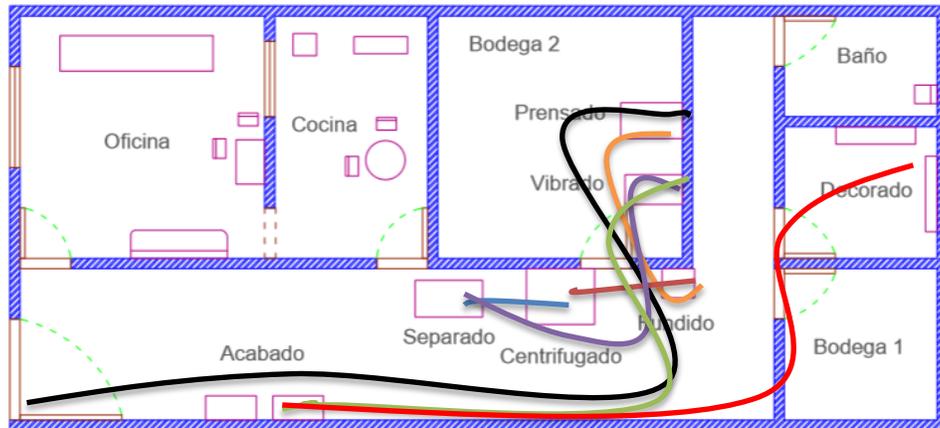


Figura 1. Taller actual

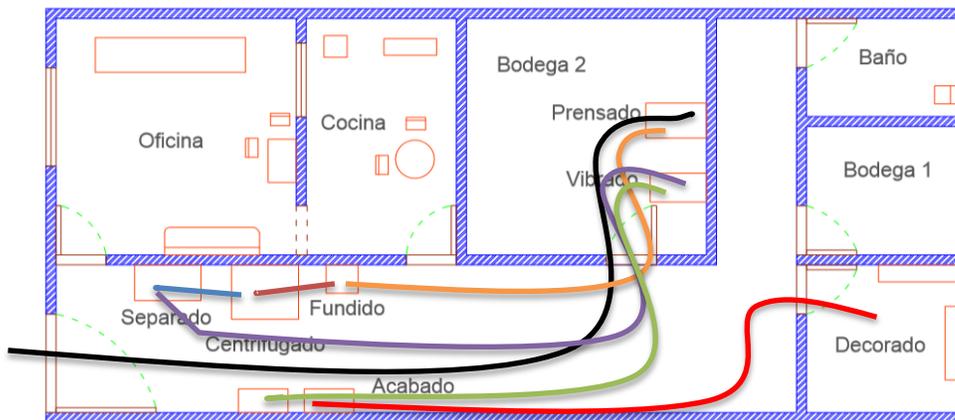


Figura 2. Taller con movimientos laterales

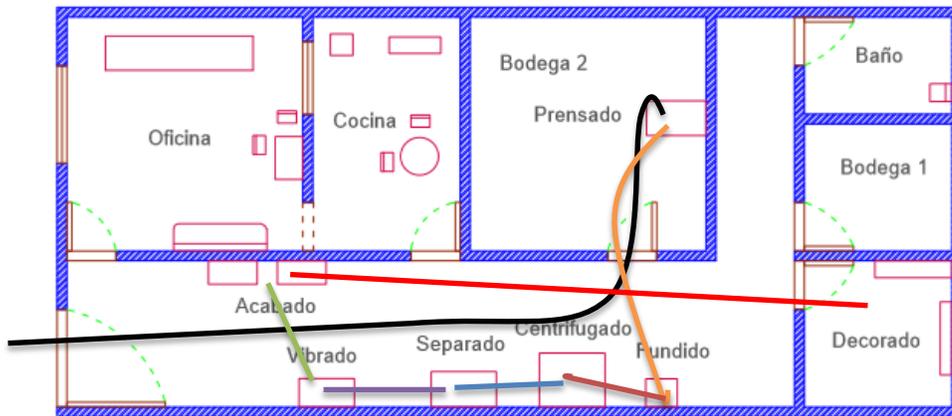


Figura 3. Taller reubicación a la pared opuesta

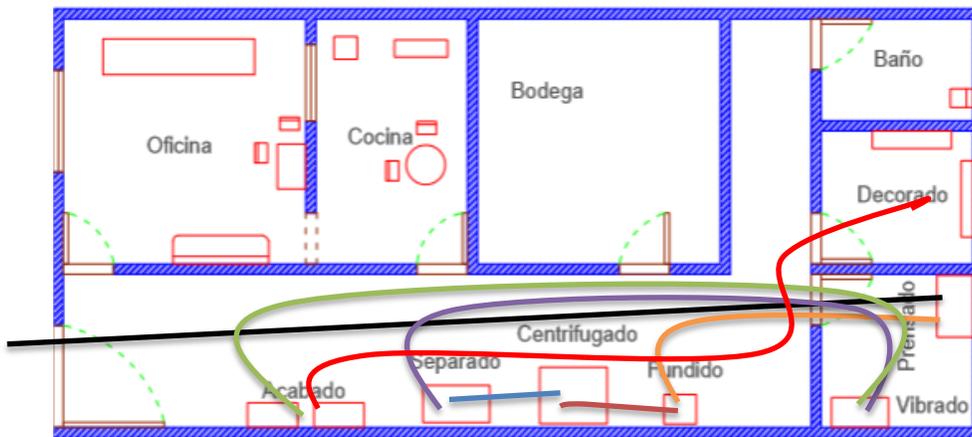


Figura 4. Taller reubicación a la pared opuesta con una sola bodega