

**PROPUESTA PARA MEJORAR LA RESPUESTA A LAS REQUISICIONES DE
COMPRA DE CREAR INGENIERÍA LTDA. MEDIANTE SIMULACIÓN EN ARENA Y
PRUEBA BONFERRONI**



DINA ANTONIA GARCÍA SALAZAR

**POLITECNICO GRANCOLOMBIANO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESPECIALIZACIÓN EN LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE LA CADENA DE
ABASTECIMIENTO
BOGOTÁ D.C. 2013**

**PROPUESTA PARA MEJORAR LA RESPUESTA A LAS REQUISICIONES DE
COMPRA DE CREAR INGENIERÍA LTDA. MEDIANTE SIMULACIÓN EN ARENA Y
PRUEBA BONFERRONI**



DINA ANTONIA GARCÍA SALAZAR

**Tutor:
Ing. Alejandro Hernández**

Modalidad: Trabajo Aplicado

**POLITECNICO GRANCOLOMBIANO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESPECIALIZACIÓN EN LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE LA CADENA DE
ABASTECIMIENTO
BOGOTA D.C. 2013**

Tabla de contenido

<i>RESUMEN</i>	4
<i>INTRODUCCIÓN</i>	4
<i>CAPÍTULO 1 CONTEXTUALIZACIÓN</i>	5
1.1 CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN	5
1.2 DIAGNÓSTICO	5
1.3 OBJETIVOS	7
1.4 EDT	8
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO	9
1.6 METODOLOGÍA	9
<i>CAPÍTULO 2 EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN</i>	10
2.1 ANÁLISIS DE DATOS	10
DISTRIBUCIÓN DE DATOS	11
3.2 SIMULACIÓN	12
SIMULACIÓN INICIAL	12
ESTADÍSTICAS SIMULACIÓN INICIAL	13
SIMULACIÓN MODELO ALTERNATIVO	14
ESTADÍSTICAS MODELO ALTERNATIVO	15
2.3 PRUEBA BONFERRONI	16
<i>CAPÍTULO 3 RECOMENDACIONES</i>	18
3.1 RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA CREAR INGENIERÍA LTDA. QUE SURGEN A PARTIR DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO DE COMPRAS CON BASE EN LOS DATOS DE 2012.	18
3.2 RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTAR LOS CAMBIOS PROPUESTOS EN LA SIMULACIÓN DEL MODELO DE COMPRAS DE LA EMPRESA CREAR INGENIERÍA LTDA.	18
<i>CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES</i>	20
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	21
<i>ANEXOS REPORTE DE SIMULACIÓN MODELO INICIAL Y MODELO ALTERNATIVO</i>	23

Resumen

Integrantes:

Dina Antonia García Salazar

Título del Trabajo: Propuesta para mejorar la respuesta a las requisiciones de compra de crear ingeniería Ltda. mediante simulación en arena y prueba Bonferroni

Nombre del Tutor del Trabajo: Ing. Alejandro Hernández

Resumen del contenido:

Este documento presenta la propuesta de un modelo de procedimiento del área de compras para la empresa Crear Ingeniería Ltda., como instrumento para gestionar eficientemente las requisiciones de materiales que se generan en las diferentes obras.

El trabajo se sostiene en la simulación teórica del procedimiento de compras actual de la empresa y la simulación de un modelo alternativo, ambos generados en el Software Arena 14.00.00.00000 que permitan visualizar las posibles mejoras que podría conseguir la empresa en su gestión de compras.

Introducción

La dinámica del entorno empresarial en la actualidad obliga a las empresas a mirar constantemente las maneras de mejorar sus diferentes procedimientos con el fin de mantenerse competitivas y rentables, si bien la correcta interconexión de todas las áreas de una empresa es crucial para que esta funcione eficientemente, también es necesaria la revisión y el entendimiento particular de cada una de ellas para lograr una mejora continua.

Así mismo, la tecnología actual permite simular diferentes escenarios y visualizar los posibles resultados que se obtendrían bajo ciertos parámetros establecidos, sin que las empresas tengan que incurrir en el riesgo y los costos de implementar modificaciones en su actuar diario, los resultados de dichas simulaciones permiten a los directivos tomar decisiones sobre la dirección que desean seguir dentro de un panorama más definido.

Gracias a que el proceso de compras de la empresa Crear Ingeniería Ltda., es uno de los procesos clave para la correcta ejecución de sus proyectos, ya que el abastecimiento oportuno de materiales impacta directamente los tiempos de ejecución de las obras, es importante conocer su funcionamiento y las opciones de mejora que puedan implementarse a este.

Teniendo en cuenta lo anterior se desarrolla el presente trabajo, el cual se apoya en los software Arena Versión 14.00.00.00000 y Arena Input Analyzer versión 14.00.00, con el fin de proponer un

modelo que le permita al área de compras de la empresa Crear Ingeniería Ltda. mejorar los tiempos de respuesta a las requisiciones de compra de materiales.

Capítulo 1 CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 Contexto de la Organización

Crear Ingeniería Ltda. es una empresa familiar constituida en 1988 dedicada a realizar diseños, obras y suministros en el área de la ingeniería eléctrica, los cargos directivos están dentro de personas de la familia y es liderada a nivel técnico y administrativo por su fundador quien toma las decisiones finales sobre los proyectos en los que participará la empresa y la manera en la que estos serán desarrollados.

La empresa cuenta con poco personal de planta el cual realiza la totalidad de los diseños, cuando se realizan obras se contrata el personal faltante (obreros, técnicos, Ing. Residentes) solo por el tiempo de duración de dicho proyecto, sin embargo se recurre generalmente a las mismas personas cuando estas han demostrado responsabilidad y buena ejecución de sus labores.

Las compras de los diferentes materiales que se requieren para el desarrollo de los proyectos se realizan por el área de compras, compuesta por un coordinador y un analista dedicado a cada proyecto en caso de ser requerido.

Las requisiciones (RM's) de compra son generadas por un auxiliar de obra y aprobadas por el director del proyecto, estas son enviadas tanto al analista como al coordinador de compras quienes dentro de un plazo no mayor a 5 días hábiles deben cotizar los materiales con mínimo tres proveedores, evaluar las características técnicas y económicas, generar la orden de compra y coordinar el despacho de los materiales a la obra. Dependiendo de sus características, algunos materiales requieren más de 5 días para su despacho, generalmente, estos materiales se compran al inicio del proyecto, sin embargo en el formato de requisición siempre se indica la fecha en que estos son requeridos en obra.

1.2 Diagnóstico

Al revisar los datos de las requisiciones generadas en el año 2012 se evidencia que en promedio el 23% de las requisiciones recibidas mensualmente no son despachadas a la obra dentro de los tiempos requeridos, esto, debido a cambios en las especificaciones, incumplimiento de los proveedores, errores en la gestión de compras y mora en la cartera de los proveedores, estos atrasos en el despacho de materiales generan atrasos en la ejecución de los proyectos, los que a su vez aumentan los costos de la obra y disminuyen la utilidad final; por ello, es necesario revisar el esquema que utiliza actualmente el área de compras con el fin de determinar si es posible realizar cambios que reduzcan el número de requisiciones despachadas de manera tardía. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario hacer una simulación teórica del funcionamiento del proceso de compras en la actualidad con el fin de identificar los factores que requieren una mejora o que al ser modificados generen un incremento en la eficiencia del procedimiento.

POSIBLES CAUSAS					Descripción del hallazgo
<i>Medio ambiente</i>	Mano de Obra	Materiales	Maquinaria	Método	
		Se solicitan materiales con tiempos de despacho que sobrepasan el periodo establecido en el procedimiento.		El 13% de las RM's recibidas deben ser reprocesadas por errores o falta de claridad en la información.	
<i>Partes interesadas</i>	Medición	Mercadeo	Managment	Monetario	
El área de compras no está procesando las RM's de la manera más eficiente.				Cuando se registra cartera morosa con algunos proveedores estos no despachan los materiales solicitados.	

1.3 Objetivos

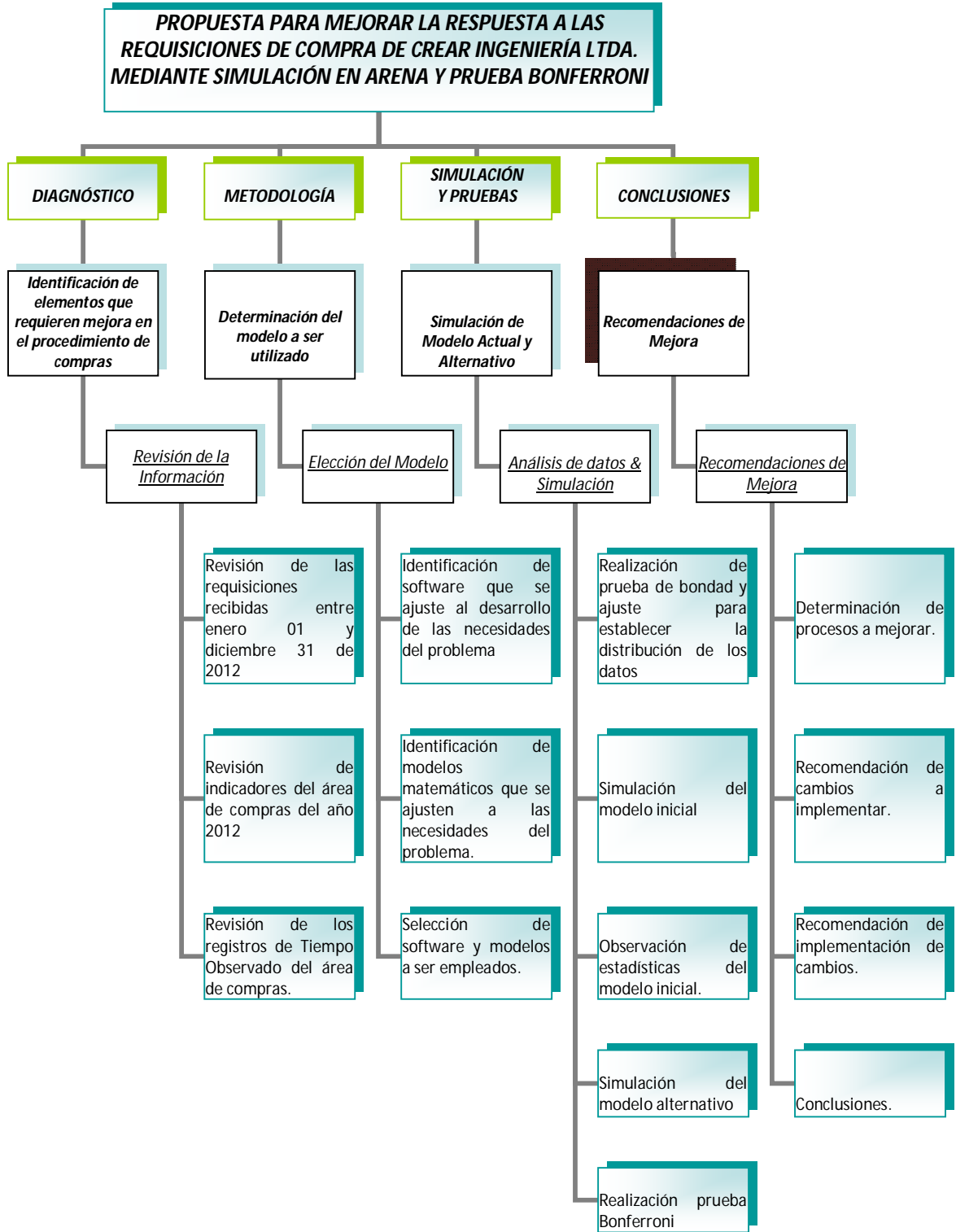
1.1.1. Objetivo General:

Presentar una propuesta para mejorar los tiempos de respuesta del área de compras de Crear Ingeniería Ltda., a las requisiciones de materiales que se reciben de los diferentes proyectos en ejecución, la cual sea visible mediante la comparación de los indicadores del primer semestre de 2014 contra los del último semestre de 2013.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- 1.1.2.1. *Reducir el porcentaje de requisiciones que se despachan después del tiempo establecido en el procedimiento al finalizar el primer semestre de 2014 vs el último semestre de 2013.*
- 1.1.2.2. *Establecer si el esquema de procesamiento de requisiciones que se utiliza actualmente puede ser mejorado sin tener que ampliar el tiempo de respuesta establecido en el procedimiento y que la implementación de estas modificaciones (de ser requeridas), pueda ser medible con los indicadores del primer semestre de 2014.*
- 1.1.2.3. *Generar sugerencias sobre los cambios que deben realizarse al procedimiento de compras actual de Crear Ingeniería Ltda., con el fin de mejorar la eficiencia del proceso y presentar conclusiones teóricas de las ventajas que traería para la empresa la implementación de dichos cambios.*

1.4 EDT



1.5 Alcance del proyecto

El presente proyecto iniciará con el análisis de datos del área de compras correspondientes al año 2012 con los que estimará las necesidades de modelos matemáticos y tecnológicos requeridos y disponibles para desarrollar los objetivos de reducir el porcentaje de requisiciones que se despachan de manera tardía y establecer si es posible mejorar el esquema de procesamiento de requisiciones, finalmente, de acuerdo a los datos que arrojen los modelos seleccionados se generarán las recomendaciones de posibles mejoras y la manera de implementación de estas.

1.6 Metodología

La empresa Crear Ingeniería lleva un registro mensual de las requisiciones recibidas, el cual incluye fecha de recepción de la RM, No. de Orden/es de compra emitidas para cada RM y su fecha de generación, nombre del proveedor de cada Orden de Compra y fecha de recibo de los materiales en obra, adicionalmente, cuenta con parámetros de Tiempo Observado correspondiente a las actividades del área de compras.

Teniendo como base las requisiciones recibidas durante el 01 de enero y el 31 de diciembre de 2012 se utilizará el Software Input Analyzer para determinar la distribución de los datos y establecer la tasa de arribo diaria de requisiciones.

Posteriormente, utilizando el Software Arena Versión 14.00.00000 se realizará una simulación con 30 réplicas del procedimiento de compras actual con el fin de determinar el tiempo promedio de procesamiento de una requisición desde su recepción hasta el despacho de los materiales a la obra y el número promedio de requisiciones que se despachan después de cinco días.

Utilizando los datos que arroje Arena, se procederá a realizar una simulación de cambios teóricos que permitan disminuir el número de requisiciones que se demoren más de cinco días en ser despachadas a obra, para ello, se realizará una prueba Bonferroni con significancia del 5% que compare los resultados de las dos simulaciones realizadas.

De acuerdo a los resultados que arroje la prueba Bonferroni y los cambios que se hayan realizado al modelo inicial para generar la disminución en el número de requisiciones procesadas en un plazo mayor a cinco días se presentarán recomendaciones sobre como implementar dichos cambios; finalmente se concluirá si es posible y beneficioso para la empresa Crear Ingeniería Ltda., modificar su procedimiento de compras.

Capítulo 2 EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN

2.1 Análisis de Datos


Los datos a ser analizados corresponden a la cantidad de requisiciones recibidas en el periodo comprendido entre en primero de enero y el treinta y uno de diciembre de 2012 las cuales se relacionan en la tabla XYZ, adicionalmente, se utilizan los datos de Tiempo Observado de las actividades del área de compras.

Figura 1 - Relación de requisiciones recibidas 2012

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
E	2	2	0	0	1	1	0	2	0	0	2	2	0	1	0	1	1	0	2	1	1	0	0	1	0	1	2	2	2	1	1
F	5	2	2	5	1	1	5	1	1	3	4	3	5	6	1	2	1	3	3	2	5	0	6	4	1	7	4	4	6		
M	6	2	2	5	3	3	1	5	1	3	6	4	3	5	0	5	0	2	1	3	5	0	6	3	0	6	4	3	2	1	3
A	4	1	6	3	0	6	3	6	4	5	5	1	5	4	6	3	2	6	1	5	5	6	4	5	2	2	1	2	4	0	
M	3	1	3	0	2	5	1	5	3	2	0	2	0	1	1	3	6	2	5	3	5	1	5	6	0	2	3	0	3	2	3
J	5	3	2	2	2	3	5	3	0	4	1	2	4	2	5	1	2	3	2	5	5	2	2	1	1	4	5	5	2	0	
Jl	2	1	5	2	1	4	0	0	1	2	3	2	5	4	4	5	5	2	4	4	4	6	4	1	5	3	1	2	4	4	4
A	1	0	4	2	1	4	0	2	2	1	5	1	2	5	1	2	3	4	3	5	2	2	0	5	4	4	1	3	4	1	2
S	3	2	6	2	2	4	2	5	1	5	5	3	3	1	3	2	5	2	4	2	4	2	0	6	1	5	3	6	3	4	
O	4	1	5	2	3	2	2	4	2	3	3	5	2	5	4	4	4	6	2	5	1	0	6	0	1	3	1	5	5	6	0
N	3	0	1	2	0	3	2	0	1	2	3	2	3	1	4	2	3	1	2	1	1	1	0	1	2	2	1	1	0	0	
D	2	2	1	1	1	1	0	2	0	2	2	2	0	0	2	2	1	2	1	1	2	0	2	1	0	2	0	2	2	2	1

Nota: Se registra recepción de requisiciones en días no hábiles a pesar de que ese día no se inicie su procesamiento.

Figura 2 – Tabla de Tiempos Observados



CREAR INGENIERÍA LTDA.
Resultado Estudio de Tiempos por Área

Hoja 1 de 8

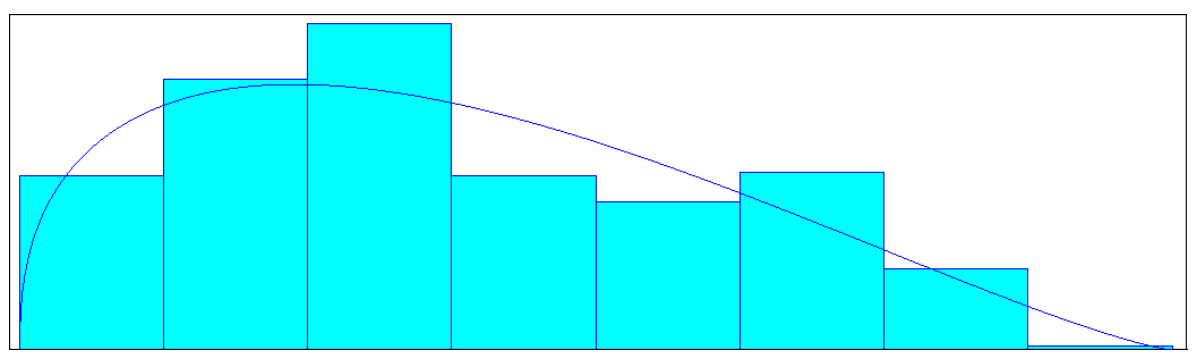
Tipo: ACTIVIDADES BASE

Área: Compras y Contratación
Fecha: 23-02-2011
Unidad de Tiempo: Minutos

Item	Actividad	TMO	TSO	TMxO	Observaciones
1	Revisión de items listados en RM	6	10	30	La revisión incluye verificación de Items en BII y autorizaciones
2	Identificación de Proveedores	3	5	60	No se incluye observación de consecución de proveedores para materiales nuevos.
3	Identificación de especificaciones técnicas de la solicitud	5	10	37	De formato DGW a PDF y/o Excel y/o Word
4	Conversión de documentos	5	11	13	
5	Generar Formato de solicitud de cotización	4	8	5	Via e-mail
6	Envío de solicitud de cotización	2	3	10	Via telefónica
7	Confirmación de recibo de solicitud de cotización	2	6	15	
8	Diligenciamiento formato comparativo de Ofertas	6	8	180	
9	Análisis formato comparativo de ofertas	10	30	10	Via telefónica
10	Verificación condiciones de oferta	4	6	14	Via e-mail
11	Redacción de solicitudes de aclaración a proveedores	4	12	14	Tiempo 10 min
12	Diligenciamiento Orden de Compra	2	3	6	Via e-mail
13	Envío Orden de Compra a Proveedor	4	5	15	Via telefónica
14	Realizar confirmación de recibo de Orden de Compra	2	3	4	Via e-mail
15	Envío de Orden de Compra Confirmada a Ing. Residente	2	3	16	Via telefónica
16	Realizar confirmación de despacho con proveedor	5	10	23	Via telefónica
17	Reaalizar coordinación de despacho con obra	10	14	15	
18	Envío de documentos de calidad para despacho	4	7	15	

Distribución de Datos

Utilizando el Software Arena Input Analyzer se determina la distribución de los datos de recepción de requisiciones por día.

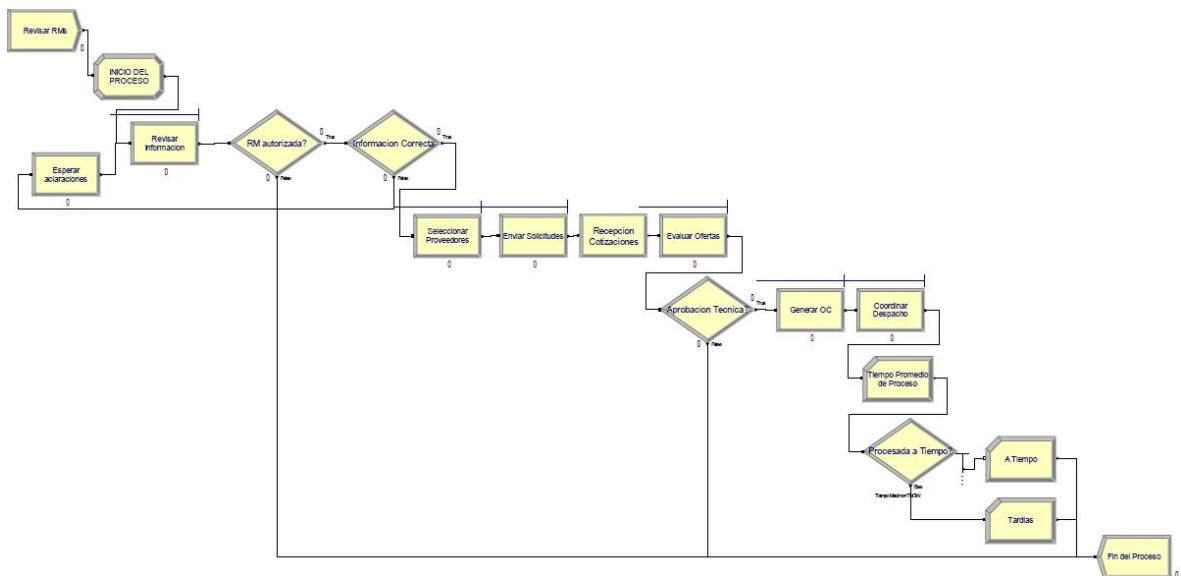


Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$-0.5 + 8 * \text{BETA}(1.4, 2.29)$
Square Error:	0.006432
Chi Square Test	
Number of intervals	= 7
Degrees of freedom	= 4
Test Statistic	= 16
Corresponding p-value	< 0.005
Data Summary	
Number of Data Points	= 366
Min Data Value	= 0
Max Data Value	= 7
Sample Mean	= 2.54
Sample Std Dev	= 1.79

3.2 Simulación

Simulación Inicial

Posterior al análisis inicial de datos se procede a realizar la simulación inicial con el modelo actual que utiliza Crear Ingeniería Ltda. para procesar las requisiciones de materiales.



Estadísticas Simulación Inicial

Compras Crear Ingeniería

Replications: 30 Time Units : Days

Key Performance Indicators

System Average
Number Out 389

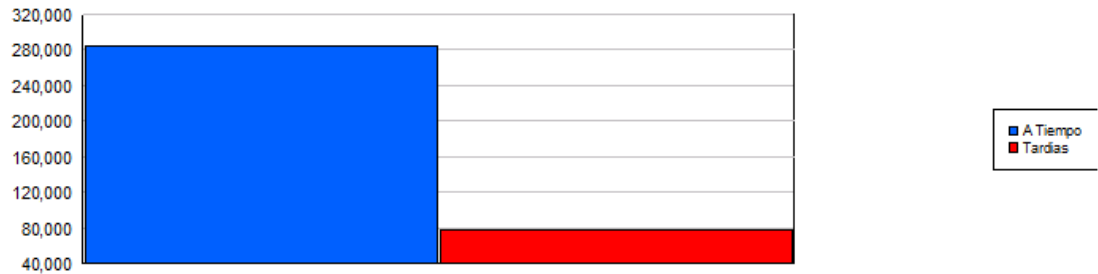
User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo Promedio de Proceso	4.1505	0,16	3.3366	5.0812	2.2871	12.91

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
A Tiempo	285.10	13,81	204.00	339.00
Tardias	77.9667	16,27	11.0000	180.00

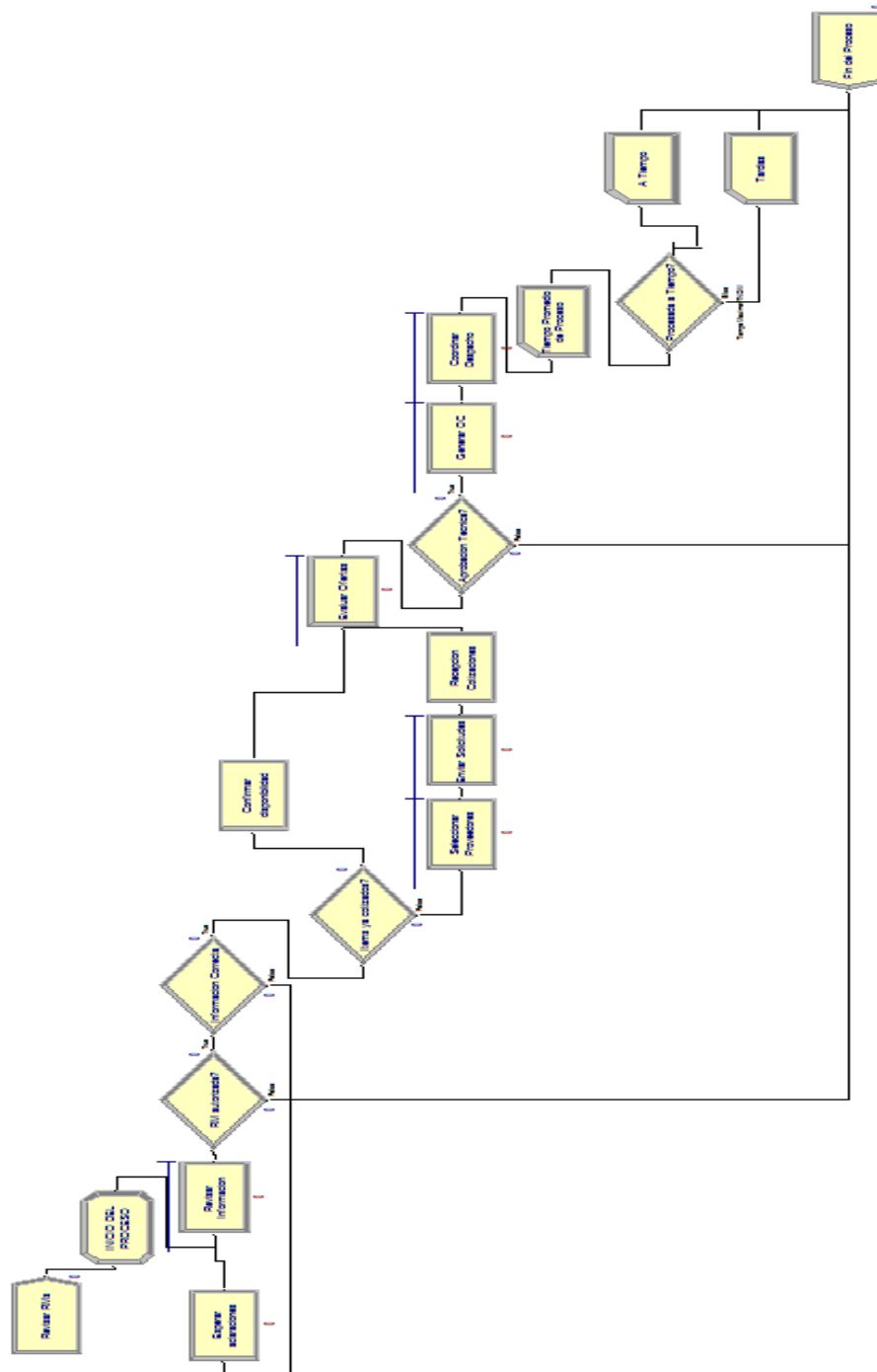


Después de realizar la revisión de las estadísticas que arroja la simulación del modelo inicial se procede a desglosar cada uno de los pasos del modelo para iniciar el planteamiento de las posibles modificaciones, se observa que posterior al proceso de "Enviar Solicitudes" le sigue una espera de 19 horas en "Recepción de Cotizaciones", ante ello se plantea la siguiente pregunta: ¿Es posible realizar una compra sin recibir una cotización?

Con el fin de responder la pregunta anterior se procede a la revisión de los ítems relacionados en las RM's de 2012 y se establece que el 25% de las RM's comparten ítems idénticos, (este porcentaje excluye los ítems que requieren cobre para su fabricación ya que el precio de este

material fluctúa constantemente.). Teniendo en cuenta la tabla de Tiempos Observados se establece un valor de 2 horas para realizar la confirmación de disponibilidad de materiales con los proveedores correspondientes y se incluye esta nueva actividad en el modelo.

Simulación Modelo Alternativo



Estadísticas Modelo Alternativo

Unnamed Project

Replications: 30 Time Units : Days

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	392

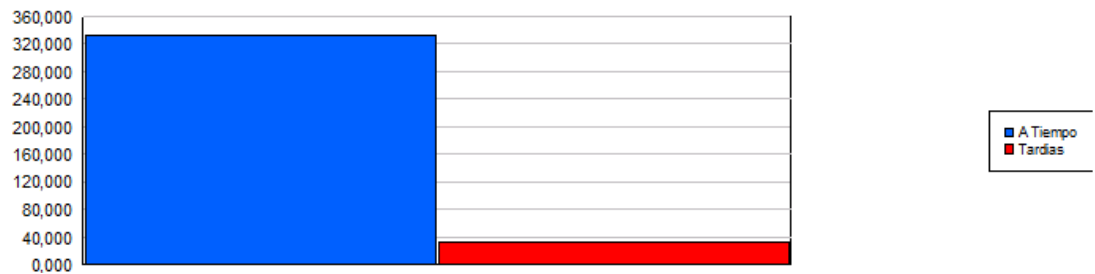
User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo Promedio de Proceso	3.1555	0,09	2.6058	3.7749	0.3254	11.88

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
A Tiempo	333.00	5,42	296.00	357.00
Tardias	32.9000	7,06	9.0000	83.0000



2.3 Prueba Bonferroni

(Significancia 5%)

TIEMPO PROMEDIO	
Media 1	4,1505
Var 1	0,16
Media 2	3,1555
Var 2	0,09
sp	0,29361011
Se	0,0758098
v	903
T	1,96259451
Límite Izq	0,84621609
Límite Der	764,203133

sp	0,35355339
Se	0,09128709
v	58
T	2,30108359

Y1-Y2	0,995
Límite Izq	0,78494077
Límite Der	1,20505923

En cuanto al Tiempo Promedio de Proceso de las RM's el modelo alternativo es mejor al inicial ya que permite reducirlo manteniendo una confianza del 95%.

RM'S A TIEMPO	
Media 1	285,1
Var 1	13,81
Media 2	333
Var 2	5,42
sp	2,69792385
Se	0,69660094
v	999
T	1,96234142
Límite Izq	-49,2669689
Límite Der	-49209,3119

sp	3,10080635
Se	0,80062476
v	58
T	2,30108359

Intervalo

Y1-Y2	-47,9
Límite Izq	-49,7423045
Límite Der	-46,0576955

En cuanto a las RM's despachadas a tiempo el modelo alternativo es mejor al inicial ya que permite aumentarlas manteniendo una confianza del 95%.

RM'S TARDÍAS	
---------------------	--

Media 1	77,9667
Var 1	16,27
Media 2	32,9
Var 2	7,06
sp	2,93630662
Se	0,75815111
v	977
T	1,96239502
Límite Izq	43,578908
Límite Der	42585,8032

sp	3,41540627
Se	0,88185411
v	58
T	2,30108359

Intervalo

Y1-Y2	45,0667
Límite Izq	43,03748
Límite Der	47,09592

En cuanto a las RM's de entrega Tardía el modelo alternativo es mejor al inicial ya que permite reducirlas manteniendo una confianza del 95%.

Capítulo 3 RECOMENDACIONES

3.1 Recomendaciones para la empresa Crear Ingeniería Ltda. que surgen a partir de la simulación del modelo de compras con base en los datos de 2012.

- La empresa Crear Ingeniería Ltda., debería incluir en su procedimiento de compras la revisión de cotizaciones previas de materiales que ya hayan sido adquiridos y autorizar la compra de estos con base a cotizaciones previas, siempre y cuando correspondan al año en curso. Esto, con el fin de mejorar la respuesta del área de compras a las requisiciones de materiales.
- El área de compras de la empresa debería mantener permanentemente actualizado su registro de compras del año en curso con el fin de poder consultar fácilmente las compras previas de materiales.
- El personal del área de compras debería identificar aquellos materiales que son solicitados frecuentemente y crear una base actualizada de proveedores y precios para estos, con el fin de poder utilizarla como referencia para compras futuras.

3.2 Recomendaciones para implementar los cambios propuestos en la simulación del modelo de compras de la empresa Crear Ingeniería Ltda.

- Contar con el apoyo de la gerencia para dar al área de compras el tiempo requerido con el fin de iniciar el proceso de recolección de los datos necesarios para determinar con mayor exactitud los tiempos requeridos en las modificaciones planteadas.
- Realizar un estudio de tiempos real para determinar los valores correspondientes a la revisión de requisiciones con el fin de determinar si los materiales solicitados ya han sido adquiridos.
- Realizar un estudio de tiempos real para determinar los valores correspondientes a la verificación de disponibilidad de materiales comprados previamente.
- Establecer metas para la reducción del tiempo promedio de procesamiento de las requisiciones y número de órdenes de compra entregadas de manera tardía.
- Tomar las presentes recomendaciones como punto de partida para las requisiciones que sean procesadas en el primer semestre de 2014.

- Analizar los resultados obtenidos con la inclusión de la utilización de cotizaciones previas de manera mensual, vs un mes del año inmediatamente anterior que haya tenido un número similar de requisiciones, con el fin de establecer si se registra mejoría e ir realizando gradualmente los ajustes necesarios que se identifiquen.

Capítulo 4 CONCLUSIONES

- El presente trabajo presenta de manera teórica como un cambio menor en el procesamiento de las requisiciones de materiales puede tener un impacto importante en la mejora del desempeño del área de compras.
- La empresa Crear Ingeniería Ltda., debe realizar procesos de aprendizaje que le permitan mejorar el funcionamiento de sus áreas permanentemente.
- Debe realizarse un desglose de cada uno de los pasos de los procedimientos con el fin de identificar posibles mejoras.
- El presente trabajo sirve como material de consulta para la empresa Crear Ingeniería Ltda. con el fin de comparar los resultados reales que obtenga si decide implementar los cambios propuestos en su procedimiento de compras, con los que en teoría debería obtener al hacerlo.

Bibliografía

CREAR INGENIERÍA LTDA. 2011. Tiempo observado área de compras y Contratación , Informe.

CREAR INGENIERÍA LTDA. 2012. Área de compras y contratación, (Semestre 1, 2012), Informe de gestión.

CREAR INGENIERÍA LTDA. 2012. Área de compras y contratación, (Semestre 2, 2012), Informe de gestión.

MONSALVE GUARACAO, Jorge Mario. Normas Icontec Para Trabajos Escritos, Presentación y Referencias Bibliográficas. Chía, Cundinamarca, Gimnasio Campestre Cristiano, 2009.

Disponible en Internet

<http://www.slideshare.net/JorgeM93/normas-icontec-para-trabajos-escritos>

Anexos Reporte de Simulación Modelo Inicial y Modelo Alternativo