

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL ÁREA DE
METALMECÁNICA DEL DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA GRUGAR DE
CENTROAMÉRICA S.A.**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR: ROBERTO ANTONIO CARVAJAL SANDÍ

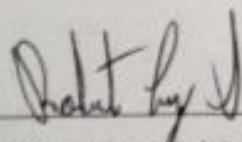
TUTORA: ING. JAQUELINE BRENES GRANADOS

LLORENTE DE TIBAS, ENERO, 2019

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Roberto Carvajal Sandí, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1042-0539 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL AREA DE METALMECANICA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA GRUGAR DE CENTROAMÉRICA S.A., es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 25 días del mes de Febrero del año dos mil diecinueve.



Roberto Carvajal Sandí

1-1042-0539

ACTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 26 de Febrero del 2018

*Departamento de Registro
Carrera: Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

El estudiante Roberto Carvajal Sandí, cédula de identidad 1-1042-0539, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL AREA DE METALMECANICA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA GRUGAR DE CENTROAMÉRICA S.A", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura.


En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	27
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		90

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


Nombre Jacqueline Brenes Granados
Cédula identidad 701380274
Carné Colegio Profesional IPI-27267

ACTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR

San José, 17 marzo 2019

Departamento de Registro
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Estimados Señores:

Por medio de la presente informo que el estudiante **Carvajal Sandí Roberto Antonio** ha presentado las correcciones exigidas en el proceso de lectura del trabajo de investigación **“Estudio de la Capacidad del Área de Metalmecánica del Departamento de Producción de la Empresa Grugar de Centroamérica S.A”** cumpliendo este requisito de forma satisfactoria.

Por esta razón, autorizo para que el estudiante continúe con su proceso de proyecto graduación con miras a la defensa del trabajo de investigación ante el tribunal examinador competente.

Saludos.

MIGUEL
EDUARDO
RODRIGUEZ
ACOSTA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
MIGUEL EDUARDO
RODRIGUEZ
ACOSTA (FIRMA)
Fecha: 2019.03.17
20:23:09 -06'00'

Ing. Miguel Rodríguez Acosta

Docente, CFIA, II-31581

Escuela de Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

ACTA DE APROBACIÓN DEL FILOLOGO

Cartago, 01 de abril de 2019

Señores (as):

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores (as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

Estudio de la capacidad del área de metalmecánica del Departamento de Producción de la empresa Grugar de Centroamérica S.A.

Dicho documento fue elaborado por Roberto Antonio Carvajal Sandí, cédula de identidad 1-1042-0539. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr

DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios, primero que todo, gracias al todopoderoso que me levantó cuando no sentía las fuerzas para continuar.

A mi señora esposa, María Pérez Arias, por darme siempre aliento y ayudarme en los momentos difíciles.

A mis hijas, María José y Rachell Yuliana Carvajal Pérez, por tenerme paciencia cuando dedicaba todo el tiempo al estudio, por los días de ausencia durante mi formación.

A mi madre, Beatriz Sandí Arias y mi padre, Roberto Carvajal Angulo, quienes siempre me brindaron apoyo económico para mi estudio cuando lo necesité.

A mi hermano, Kenneth Carvajal Sandí, fiel compañero de universidad.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios todopoderoso, por dejarme llegar a la meta y convertirme en un profesional.

A mi familia, por toda la paciencia que me tuvieron cuando me ausentaba por el estudio.

A mis padres, por haberme dado la mejor herencia que pude recibir, la honestidad y la humildad, gracias por hacer de mí el hombre que ahora soy.

A mis compañeros de trabajo, muy especialmente a Fernando Alfaro Zumbado, quien siempre me tendió la mano amiga cuando lo necesité.

A mi tutora, Jaqueline Brenes Granados, por guiarme durante el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
DECLARACIÓN JURADA	II
ACTA DE APROBACIÓN TUTOR.....	III
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
INDICE GENERAL	VIII
INDICES DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS.....	XIV
INDICE DE GRÁFICOS.....	XV
CARVAJAL SANDÍ ROBERTO ANTONIO	XVI
RESUMEN EJECUTIVO	XVI
INTRODUCCIÓN	19
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	20
1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	21
1.2.1. Antecedentes de la empresa	21
1.2.1.1. Estructura Organizativa	22
1.2.2 Descripción del proceso.....	23
1.2.3 Principales productos y servicios ofrecidos por la empresa	25
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.3.1. IDEA DEL PROBLEMA.....	25
1.3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	25
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	26
1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	27
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	27
1.6.1. ALCANCES.....	27
1.6.2. LIMITACIONES.....	28
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	30
2.1.1. INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	30
2.1.2. PROCESO PRODUCTIVO.....	31

2.1.2.1. RECURSOS Y ELEMENTOS DE UN PROCESO.	31
2.1.2.2. GESTIÓN DE PROCESOS.....	32
2.1.2.3. TIPOS DE PROCESOS.	32
2.1.3. ORIENTACIÓN AL CLIENTE	33
2.1.3.1. Prácticas para satisfacer al cliente.....	34
2.1.3.2. La medición de la calidad de servicio.....	35
2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	36
2.2.1 DEFINIR.	37
2.2.1.1 Gráficos de comparación	37
2.2.2. MEDIR.	38
2.2.2.1 MUESTREO DEL TRABAJO.....	38
2.2.2.2 ESTUDIO DE TIEMPOS.	39
2.2.2.3 ELEMENTOS DE UN ESTUDIO DE TIEMPOS.	40
2.2.2.4 ESTUDIO DE TIEMPO POR CRONOMETRAJE.	40
2.2.3 ANALIZAR	44
2.2.3.1. HERRAMIENTA 5 POR QUE.....	44
2.2.3.2 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO (ISHIKAWA).....	45
2.2.3.3. PARETO	47
2.2.3.4. Software de simulación arena.....	48
2.2.4. MEJORAR.	50
2.2.4.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD.....	50
2.2.4.2. ANÁLISIS MODO EFECTO Y FALLA	53
2.2.4.3. Diagrama Gantt.	54
2.2.5. CONTROL.....	55
2.2.5.1. INDICADORES	55
2.4. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.	56
2.5. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	58
CAPITULO III.....	59
MARCO METODOLÓGICO.....	59
3.1. METODOLOGÍA DMAIC.....	60
3.1.2. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	61
3.1.3. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.	62

3.1.4. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTAS EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.	63
3.1.5. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	64
3.1.6. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.	65
CAPÍTULO IV	66
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	66
4.1. Análisis de datos, confección de exhibidores.	67
4.1.1. Establecimiento de tipos de exhibidores metálicos según frecuencia de los datos de la altura para delimitar el rango de estudio.....	69
4.1.2. Operaciones que integran el proceso productivo de exhibidores metálicos que componen el tipo E.....	72
4.1.2.1 Descripción del proceso confección de exhibidores	74
4.1.3. Análisis problema: herramienta de los 5 ¿por qué?.....	82
4.1.4. Análisis Causa - Efecto.	84
4.1.4.1 Clasificación de las causas del diagrama Ishikawa.	86
4.1.5. Análisis modo efecto y falla (AMEF)	89
4.2. Perdidas incurridas en la confección de exhibidores tipo E	90
4.2.1. Conclusiones	91
CAPÍTULO V	92
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCION	92
5.1. Oportunidades de mejora vrs propuestas.....	93
5.1.1. Diseño de las propuestas	94
5.1.2. Análisis de actividades y recolección de muestras.....	95
5.1.2.1. Recolección y tamaño de la muestra	95
5.1.2.2. Factor de valoración de los operarios.....	96
5.1.2.3. Determinación de las tolerancias	97
5.1.2.4. Determinar el tiempo estándar del ciclo	99
5.2. Análisis de capacidad del área de metalmecánica.....	100
5.2.1. Análisis de capacidad del área de metalmecánica para la confección del exhibidor tipo E	101
5.2.2. Determinar el tiempo de preparación de maquinas	102
5.2.3. Simulación del proceso de fabricación del exhibidor tipo E en el área de metalmecánica.	102

5.2.3.1. Tiempos de preparación de máquinas para el modelo arena.....	105
5.2.3.2. Recursos asignados por proceso (operarios)	107
5.3 Validación del modelo de simulación arena	109
5.2.3.4. Datos Software de simulación de arena	109
5.4.1. Definición de parámetros, año, nombre indicador, unidad de medida, descripción y fórmula de cálculo.....	113
5.4.2. Fuentes de información, rango de medición e interpretación de los valores	114
5.4.3. Programación, meta de desempeño, nombre del departamento, responsables del indicador y fecha del registro	115
5.4.4. Análisis de resultados del indicador	115
5.5. Análisis económico del proyecto	117
5.5.1. Análisis VAN, TIR, PRI, ROI.	118
5.6. Implementación de las propuestas	118
5.6.1. Diagrama Gantt de implementación del modelo de simulación Arena	119
CAPÍTULO VI	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
6.1 Conclusiones	122
6.2 Recomendaciones	123
BIBLIOGRAFÍA	124
Bibliografía	124
ANEXOS	126
Anexo 1 Hoja de trabajo para la toma de tiempos	126
Anexo 2 Imágenes modelo Arena, proceso confección de exhibidores metálicos tipo E simulador arena	127
Anexo 3 Indicador de desempeño	142
Anexo 4 Análisis económico del proyecto.....	143
Anexo 5 Fotografías exhibidor tipo E	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Organigrama de la empresa Grugar	22
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso solicitud de proyecto confección de exhibidores	24
Figura 3.Herramienta Graficas de comparación.	38
Figura 4.Herramienta 5 Por qué	45
Figura 5.Diagrama de causa-efecto (ISHIKAWA).....	47
Figura 6.Diagrama de Pareto.....	48
Figura 7.Matriz de riesgo de AMEF.....	54
Figura 8.Diagrama de Gantt.....	54
Figura 9. Indicador de desempeño.....	56
Figura 10. Demanda según tipo de estante metálico	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Horas cotizadas vrs horas reales	71
Figura 12. Pareto de las horas pérdidas de los últimos tres años en la fabricación de exhibidores metálicos fabricados.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#1)	76
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#2)	78
Figura 15. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#3)	80
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#4).....	81
Figura 17. Diagrama Ishikawa proceso confección de exhibidores	85
Figura 18. Modelo de Simulación Arena-Confección de exhibidores tipo E.....	103
Figura 19. Pantalla de tiempo de arribo	104
Figura 20. Proceso Guillotina.....	105
Figura 21. Modulo Schedule	107
Figura 22. Selección de réplicas y unidades a producir	110
Figura 23. Unidades producidas en simulador-22	111
Figura 24. Informe de simulador Arena.....	111
Figura 25.Definición de parámetros, año, nombre indicador, unidad de medida, descripción y fórmula de cálculo.....	114
Figura 26.Fuentes de información, rango de medición e interpretación de los valores. ..	114
Figura 27.Programación, meta de desempeño, nombre del departamento, responsables del indicador y fecha del registro.	115

Figura 28.Análisis de resultados del indicador.....	116
Figura 29.Diagrama Gantt de la implementación.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología para la definición del problema	61
Tabla 2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.....	62
Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puestas en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	63
Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto	64
Tabla 5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	65
Tabla 6. Cálculos de tipo de exhibidor	68
Tabla 7. Cálculos para separar los tipos de exhibidores.....	69
Tabla 8. Valoración modo efecto y falla (AMEF).....	90
Tabla 9. Matriz de riesgo de AMEF	90
Tabla 10. Tiempos de proceso confección de Exhibidores.....	91
Tabla 11. Resumen de Causas vs Propuestas	94
Tabla 12. Cálculos del ciclo en estudio.....	96
Tabla 13. Factor de valoración.....	97
Tabla 14. Suplementos.....	99
Tabla 15. Tiempos de proceso confección de Exhibidores dado en minutos.....	99
Tabla 16. Capacidad de producción diaria por proceso	100
Tabla 17. Capacidad de producción diaria para exhibidor tipo E	101
Tabla 18. Capacidad de producción para exhibidor tipo E.....	101
Tabla 19. Tiempos de preparación de máquinas para la confección de Exhibidores dado en minutos	102
Tabla 20. Tiempos de preparación por proceso dado en minutos	106
Tabla 21. Recursos asignados por proceso	108
Tabla 22. Resumen modelo arena	108
Tabla 23. Horas reales exhibidor Tótem.....	109
Tabla 24. Comparación de horas de confección de exhibidores	112
Tabla 25. Porcentaje de error con simulador arena.....	112
Tabla 26. Análisis económico	117
Tabla 27. Análisis Costo-Beneficio.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.Demanda según tipo de estante metálico.	70
Gráfico 2.Horas cotizadas vrs horas reales.	71
Gráfico 3.Pareto de las horas pérdidas de los últimos tres años en la fabricación de exhibidores metálicos fabricados.....	72

Carvajal Sandí Roberto Antonio, Universidad Hispanoamericana, enero 2019, *Estudio de la capacidad del área de metalmecánica del Departamento de Producción de la empresa Grugar de Centroamérica S.A.* Para el primer trimestre del año 2019, tutora: Ing. Jaqueline Brenes Granados.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se realiza en una empresa llamada Grugar de Centroamérica, la misma se localiza en Santa Rosa de Heredia y se dedica a la fabricación de diferentes productos, principalmente de exhibidores metálicos; en dicha área se enfoca el diagnóstico y propuestas de mejora de este proyecto.

Se enfatizó en la falta de un modelo de capacidad de las operaciones que conforman el proceso de fabricación de exhibidores metálicos, el cual es el objeto de estudio; esto origina una inexistencia de planificación en cuanto a la adquisición de nuevos proyectos. Además de un total desconocimiento sobre cuántos productos es capaz de elaborar la empresa en un determinado ciclo de tiempo y si se podrá cumplir con los pedidos solicitados por los clientes. Lo cual puede ocasionar que la compañía incurra en productos de mala calidad e incumplimientos de contrato, esto puede repercutir a largo plazo en altos costos de producción; debido a lo anterior, se determina la magnitud de la problemática y las pérdidas incurridas en la empresa Grugar.

Se analizaron todos los datos históricos para determinar los factores que influyen en el proceso productivo de exhibidores metálicos, los cuales fueron evaluados durante el desarrollo del proyecto, con el fin de determinar la mejor solución al problema presentado en la empresa con su capacidad de producción. Además, con los datos se delimitó el alcance del proyecto para que este pudiese cumplirse en el tiempo establecido.

Se realizó un diagnóstico, en el Departamento de Producción, específicamente en el área de metalmecánica, donde se elaboran los exhibidores metálicos, concretamente en los procesos que intervienen en el ciclo productivo de los exhibidores. Se toma la altura como la variable más importante por tomar en cuenta,

para lo cual se estableció la frecuencia y los exhibidores metálicos se dividieron en tipo A-B-C-D-E-F-G. Mediante el diagrama de Pareto, se toma el tipo E, con un rango de 160 cm a 199,5 cm, como el exhibidor que ha representado más pérdidas en los últimos tres años por ₡16 870 260,30.

Una vez delimitado el estudio, se encausan las variables que interfieren en el proceso, para establecer las prioridades y la determinación de las oportunidades de mejora, a partir de estas se brindaron propuestas para solucionar la problemática. Según el análisis modo, efecto y falla (AMEF), las causas más relevantes para efectuar las mejoras son:

- No existe información de los tiempos de producción para cada proceso.
- Falta de indicadores de desempeño para el control del proceso productivo

Se concluye que se debe hacer un estudio de tiempos para determinar la capacidad del área de metalmecánica y que este sirva de insumo para elaborar la simulación del proceso en el *software* Arena, también elaborar un indicador de desempeño para controlar el proceso productivo del exhibidor tipo E.

Finalmente, se llevó a cabo el análisis económico, el cual refleja que la empresa dejará de perder ₡455 638 mensuales, con un retorno en la inversión de las mejoras en 2,3 meses. Este análisis evidencia el impacto económico de las propuestas y determina la viabilidad del proyecto, con una TIR del 40,73%; basados en esto se efectúa el análisis para determinar la capacidad teórica y real del área de metal mecánica, así mismo, se elabora un indicador para el control del desempeño del proceso productivo y la elaboración del proceso en el simulador Arena, con el fin de brindar una herramienta a la hora de realizar las cotizaciones.

Por lo que también se sugirió una serie de recomendaciones que la empresa podría adoptar, con el objetivo de lograr un mejor control en todos sus procesos, a continuación, se mencionan las principales:

- Falta de planos o croquis.
- El proceso de corte es lento; para cortar elementos con medidas mayores a 50 cm, se deben utilizar máquinas manuales.

- No se cuenta con un plan de mantenimiento de los equipos.
- La toma de decisiones se centraliza en una persona.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

Actualmente, las empresas necesitan de planeamientos y controles definidos en las diferentes áreas que las integran, para lograr competir en un mercado globalizado donde las expectativas y requerimientos son cada vez más altos. Las industrias están en una búsqueda constante de nuevos nichos del mercado, nuevos clientes y, además de eso, buscan posicionarse en la mente de los compradores mediante una mayor participación.

Uno de los factores que está afectando a la empresa es la falta de controles para dar trazabilidad a sus procesos, lo cual, con el pasar del tiempo, provoca el surgimiento de eventos y situaciones que ocasionan serios problemas en cuanto a la calidad del producto, capacidad del proceso y la fidelización de los clientes.

Con el proyecto se busca solucionar la problemática que tiene el área de metalmecánica, la cual no dispone de datos sobre el proceso de producción para efectuar un cálculo del tiempo que debe invertir en un proyecto de fabricación de estantes metálicos, el cual es el insumo para la cotización del cliente por parte de la empresa Grugar.

El presente proyecto consta de seis capítulos; el primer capítulo comprende el planteamiento del problema o su respectiva oportunidad de mejora, con una debida justificación que argumente y respalde la necesidad de este. En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico, este contempla conceptos teóricos de las herramientas ingenieriles y técnicas que se utilizarán a través del proyecto.

Por otra parte, el tercer capítulo describe y documenta la metodología, tanto general como específica, utilizada para la definición del problema, la medición cuantitativa de la situación actual y de la propuesta de mejora, implementación de esta, así como el respectivo control y seguimiento de los resultados. Además, un cuarto capítulo documenta todos los hallazgos encontrados en el actual proceso productivo, esta situación evidenciará todas las posibles mejoras por implementar.

El quinto capítulo establece el diseño de las propuestas de mejora y la implementación de las que se evalúen como viables, estas ofrecen una solución integral a la problemática evidenciada en los hallazgos. Al final del documento, se detallan las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado, con el objetivo de mejorar la producción de la empresa.

1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.

1.2.1. Antecedentes de la empresa

El proyecto se desarrolla en la empresa Grugar de Centroamérica S.A., la cual ofrece soluciones integrales de exhibición. Dicha empresa está ubicada en Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia y se dedica a la fabricación de diferentes muebles o estantes para la demostración de productos; se realizan tanto diseños estándares propios de la empresa como diseños personalizados según sea el requisito del cliente.

Dentro de los servicios que brinda la empresa, se puede mencionar el asesoramiento personalizado para cumplir todas las expectativas del cliente por parte del Departamento de Ventas y de Diseño, el cual, mediante tecnología, puede ofrecer al cliente una visualización del producto y sus características, con el fin de realizar el ajuste previo al envío de una cotización. A continuación, se indica la misión y visión de la empresa Grugar de Centroamérica S.A.

Misión: “Atender las necesidades de nuestros clientes en mobiliario y exhibición POP, con la más alta responsabilidad, ofreciendo creatividad e innovación en nuestra propuesta, con el objetivo de alcanzar juntos la excelencia y se cumpla la frase GANAR-GANAR” (Grugar CR, s.f., Misión).

Visión: “Liderar el mercado de la exhibición a la medida y personalizada, con una actualización constante a los cambios y necesidades que se requieren hoy, para ser catalogados como la mejor opción para nuestros clientes” (Grugar CR, s.f., Visión).

1.2.1.1. Estructura organizativa

En la figura 1, se muestra el organigrama de la empresa, donde se pueden observar las distintas dependencias en orden jerárquico, en las cuales se encuentra organizada la compañía.

La empresa se encuentra dirigida por una Junta de Socios que, a su vez, cuenta con un presidente, quien tiene a su cargo el Departamento de Ventas y la Gerencia de Producción. Dicha gerencia tiene a cargo las áreas de ebanistería, pintura, metalmecánica, diseño y mantenimiento; este último controla la sección de limpieza de material por medio de un chorro de arena impulsado por aire a presión, conocido como *sandblasting*. Todas estas áreas mencionadas tienen a su cargo la administración y coordinación de las actividades y, en particular, cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa.

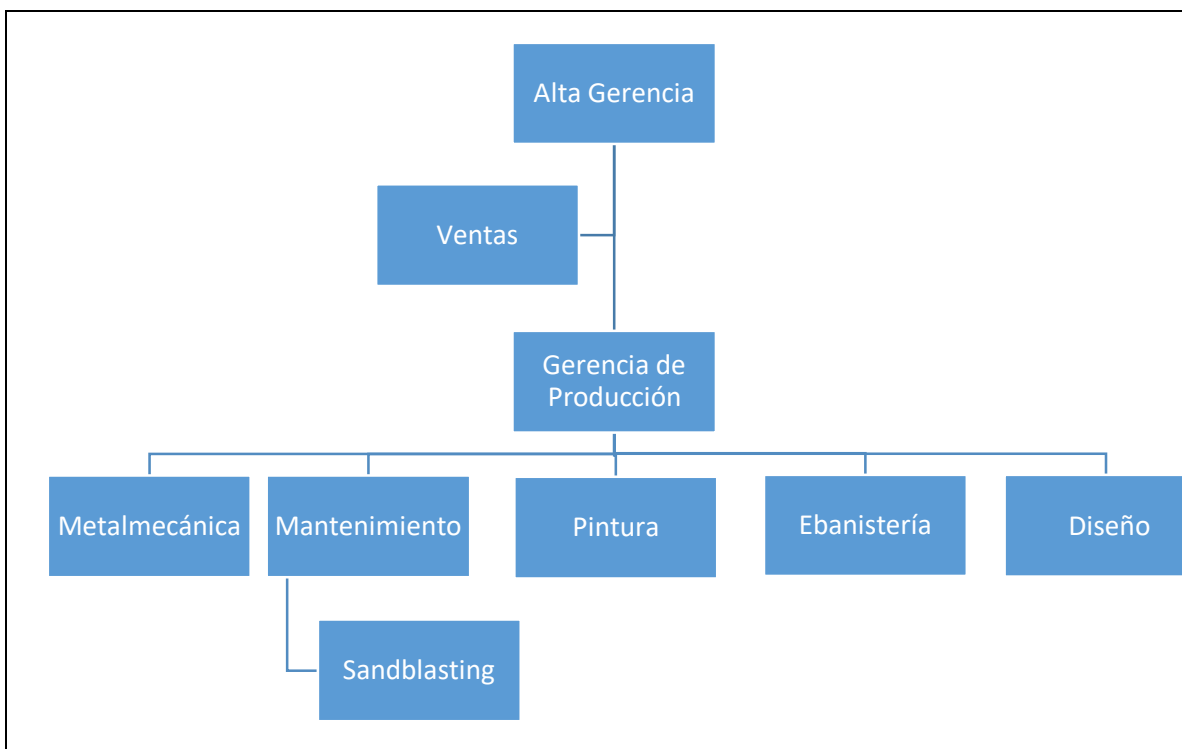


Figura 1. Organigrama de la empresa Grugar

Fuente: elaboración propia, 2019.

La empresa cuenta con un equipo de trabajo de 22 colaboradores, 16 de ellos se localizan en el campo de estudio que es el área de producción. Para efectos de este proyecto, el trabajo se realizará específicamente en el Departamento de metalmecánica y pintura.

1.2.2 Descripción del proceso

El proceso de construcción de exhibidores metálicos comienza con la llegada de la solicitud de parte del cliente, el cual define el alcance y dimensiones del proyecto. Esta solicitud la toma la Gerencia general y financiera para una valoración y estudio de la misma. Cuando se determina que se adquiere el compromiso, se envía al área de cotizaciones, se realizan los cálculos necesarios, se elabora la cotización y se envía a la Gerencia Comercial, donde se revisan los datos y se pasa a presupuesto para dar trámite administrativo. Posteriormente, se envía a la Gerencia general, la cual verifica la información y la valida para enviarle la propuesta al cliente; esta solicitud la valora el cliente y toma una decisión.

Se puede dar el caso de que se solicita un rebajo y la empresa determina si es viable tal propuesta, una vez que se acepta, se formaliza el contrato; cuando las dos partes aceptan los términos, la Gerencia comercial pasa la solicitud a Gerencia de producción para que la programe, se procede a comprar los materiales y una vez hecho esto, se inicia con la fabricación. Una vez concluida la fabricación, se solicita el pago correspondiente según acuerdo tomado en contrato, se verifica que el pago acordado esté concluido para proceder con el envío del producto terminado.

Según la descripción anteriormente mencionada, se elabora un diagrama para ordenar cada una de las actividades llevadas a cabo por la compañía, dicho diagrama se expone a continuación en la figura 2.

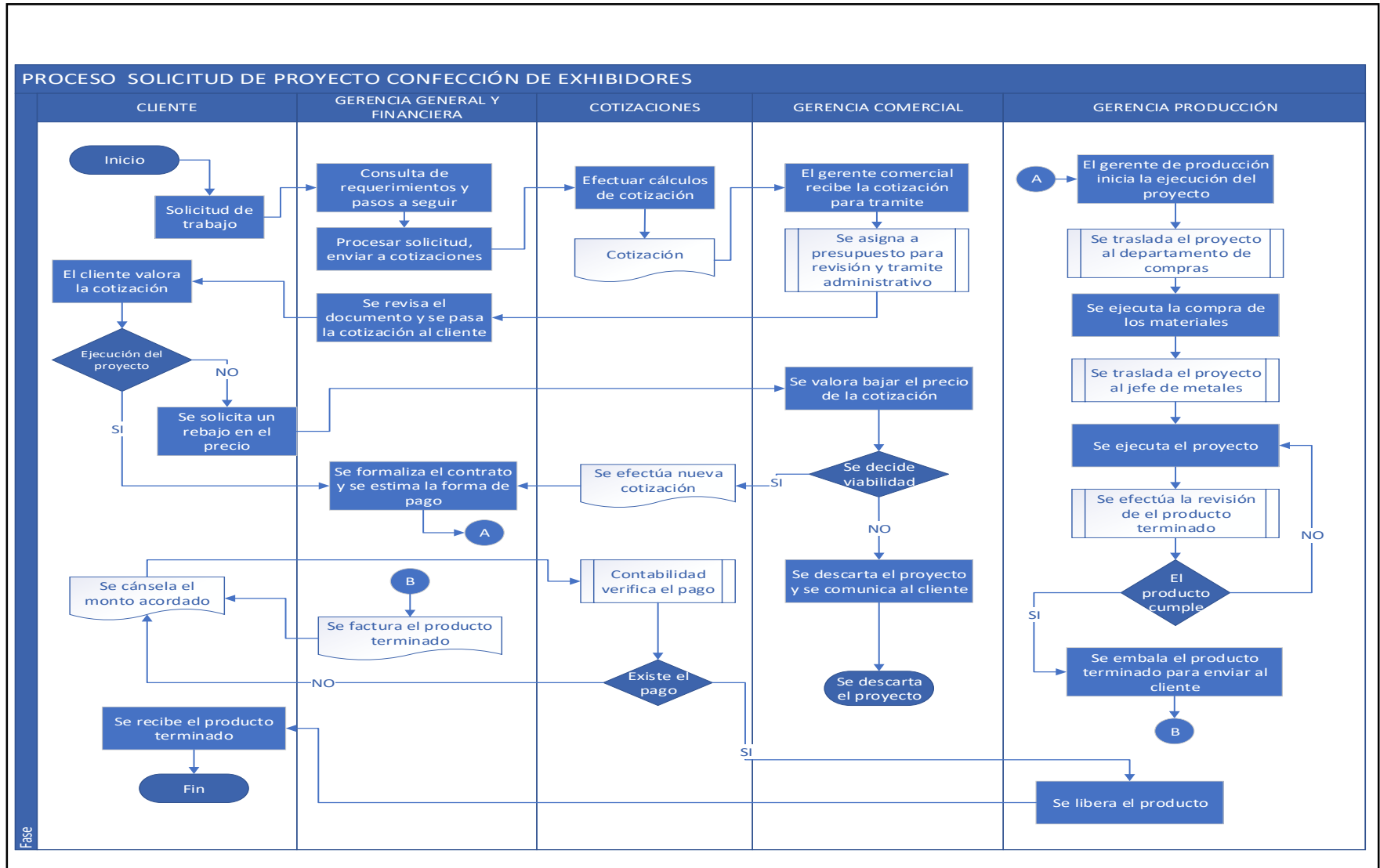


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de solicitud de proyecto confección de exhibidores

Fuente: elaboración propia, 2019.

1.2.3 Principales productos y servicios ofrecidos por la empresa

En el Departamento de Producción, se encuentra el área de ebanistería, el Departamento de Madera, el cual cuenta con un grupo humano especializado y con años de experiencia, se producen muebles en materiales conglomerados y maderas sólidas, en termoformado realizan la forma que el cliente desee, esto con materiales resistentes y finos acabados tanto para empacar sus productos como para exhibirlos. En metalmecánica cuentan con muebles y exhibidores en metal, resistentes, con materiales de primera calidad, donde se emplean materiales como hierros negros, hierros galvanizados, aceros inoxidable, aluminio, además de alambre para rejillas; también cuentan con equipo especializado como plegadoras y soldadura de punto eléctrico, estos sometidos a un proceso de pintura en polvo electrostática con secado al horno para brindar un acabado de primera.

Por otra parte, la empresa brinda el servicio de mantenimiento, el cual se basa en la reparación de muebles y exhibidores mediante un proceso de *sandblasting*, para su acabado en pintura posterior al proceso, restaurando las piezas metálicas que ya presentan deterioro.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.3.1. IDEA DEL PROBLEMA.

Se desconoce la capacidad productiva de los procesos de confección de exhibidores metálicos de la empresa Grugar Centroamérica S.A., por lo que repercute directamente en los compromisos que adquiere la empresa con sus clientes, con respecto a cantidad y fechas de entrega establecidos en un contrato.

1.3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La empresa Grugar carece de la información sobre la capacidad de producción de sus procesos; tomando como objeto de estudio el proceso constructivo de exhibidores metálicos, en los últimos tres años las horas perdidas de producción de cobro al cliente fueron 2640 horas por concepto de una inadecuada planificación y toma de decisiones a la hora de aceptar diferentes proyectos, con

un costo total de pérdida aproximado de ¢24.181.106,40 para todos los tipos de exhibidores que fabrica, incrementando de esta forma los costos de producción en un 27,82 %.

Lo anterior deja como afectados a los socios de la empresa Grugar, debido a que dicho desconocimiento de la capacidad productiva del Departamento de Producción provoca costos asociados, debido a que los insumos para el proceso de cotización son supuestos alejados de la realidad por falta de medición. Para salir adelante con el proyecto y las fechas de entrega pactadas con el cliente, se deben incrementar las horas de producción, en los últimos tres años se excedieron en un 46 % las horas según lo presupuestado.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

El presente proyecto se enfoca en diseñar un modelo de capacidad del proceso productivo de exhibidores de metal de la empresa Grugar, Soluciones integrales de exhibición.

Actualmente, la empresa carece de un modelo de capacidad de producción de sus procesos, lo cual le ha ocasionado una pérdida por un monto aproximado de ¢24.181.106,40 en los últimos tres años, por lo que se hace necesario mantener datos registrados y actualizados para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones del proceso de fabricación de los exhibidores metálicos en planta; estos definirán la capacidad con que cuenta la empresa, valores sumamente importantes para asegurar la estabilidad económica de la misma, tomando en cuenta que una mala planificación puede ocasionar pérdidas económicas. No tener claro estos datos de producción impacta las finanzas de la empresa.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, al no tener definida la capacidad de producción de exhibidores metálicos y al Departamento de Ventas asumir compromisos con el cliente sin conocer estos datos, afecta las utilidades de la empresa, por asumir costos no planificados, además de comprometer la calidad del producto por extender las jornadas de los operarios y acelerar la producción para cumplirle al cliente, lo cual aumenta la probabilidad de errores.

1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

1.5.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un modelo de capacidad de producción para el tipo de exhibidor metálico de más demanda por parte de los clientes, que impacte los procesos de cotización y entrega, planificación de los procesos internos y los costos de producción.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar un diagnóstico del proceso actual de fabricación del tipo de exhibidor metálico que representa mayor volumen de producción para la empresa Grugar.
- Identificar oportunidades de mejora para el proceso de producción de los exhibidores metálicos de mayor volumen de producción.
- Proponer un modelo de capacidad para el proceso de fabricación de exhibidores metálicos de mayor producción identificado en el diagnóstico en la empresa Grugar para diciembre del 2018.
- Determinar el costo/beneficio de la propuesta de mejora.
- Realizar una prueba piloto del modelo de capacidad de producción de exhibidores metálicos de mayor volumen de producción y un diagrama Gantt de implementación que indique los tiempos previstos para el cumplimiento de las actividades establecidas.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.6.1. ALCANCES.

- Con la realización del proyecto, se estará abordando el proceso productivo de exhibidores de metal que incluye el estudio de las áreas de metalmecánica. Se estarán analizando los tiempos de procesamiento históricos, con el fin de dejar en evidencia la capacidad real, se determinará un rango para que el proyecto se enfoque dentro de una medida específica.
- Se tiene como principal propuesta un modelo de capacidad para el proceso de producción con el cual la empresa se vea beneficiada.

1.6.2. LIMITACIONES.

- Por limitación de tiempo para desarrollar el proyecto, se debe delimitar el estudio, por lo que se procedió a la selección del exhibidor tipo E; son todos los que tengan una altura de 160 cm hasta 199,5 cm. Este tipo mantiene mayor volumen de producción y es el que más ha generado pérdida por las horas invertidas de 1841,83 en los últimos tres años, con 1236 unidades producidas, estas pérdidas serán evidenciadas gráficamente durante el desarrollo del proyecto.
- La empresa no brinda estados financieros, no se tiene acceso a los valores reales de las pérdidas y costos que se incurren en el proceso productivo.
- La empresa para el 2018-2019 no asignó presupuesto para inversión en mejora de procesos, por lo cual se debe hacer la propuesta de mejora y que esta sea evaluada por la gerencia para la implementación de la misma.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

El presente proyecto está enfocado en la capacidad de producción, analizando los procesos de confección de exhibidores metálicos de la empresa GRUGAR, por lo cual este capítulo abarca los temas y herramientas desarrollados en el proyecto.

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.

2.1.1. INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Según lo expuesto por Troconiz (2007) en el libro *Ingeniería industrial*:

Donde expone que la ingeniería industrial introduce en la organización personal buscando planificar, diseñar, implantar y controlar los diferentes procesos productivos de la organización, siempre buscando el óptimo desempeño en todas las líneas relacionadas con la producción y administración de bienes y servicios. Como se expone anteriormente la ingeniería industrial integra personal con amplios conocimientos los cuales desarrollan destrezas para mantener un alto grado de productividad en la organización, brindando una mejora continua como parte del compromiso de la organización por establecer bienes y servicios de calidad. (p.6)

La ingeniería industrial trabaja para dar un incremento de la eficiencia y eficacia de la organización, esto mediante una optimización de recursos, los cuales involucran un buen funcionamiento en los departamentos de la organización, siendo el recurso humano uno de los más importantes, este ayuda en el cumplimiento de metas, logrando una mejor productividad y aseguramiento de la calidad.

Según lo mencionado por el Instituto de Ingenieros Industriales, fundado en 1948, define la ingeniería industrial:

El diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía. Se basa en el conocimiento especializado y habilidades en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos de análisis y diseño de ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtengan a partir de tales sistemas. (Institute of Industrial and Systems Engineers, 2013)

2.1.2. PROCESO PRODUCTIVO.

Como argumenta Méndez (2011) en el libro *Los procesos industriales y el medio ambiente*:

Un nuevo paradigma, el cual indica que un proceso productivo es la transformación de un material que se encuentra en un estado inicial llamado materia prima, a través de una serie de etapas que, en su conjunto, se denominan proceso; todo esto, para llevarlo a un estado final denominado producto. (p. 19)

Según lo establece la cita anterior, el proceso productivo conlleva una serie de actividades vinculadas para transformar un insumo o materia prima en un producto, ya sea tangible o intangible, obteniendo como resultado final un bien o servicio. Es más común establecer un vínculo con el proceso productivo de manufactura, aclarando, como se menciona en el párrafo anterior, que el proceso productivo también es aplicado a empresas de servicios.

2.1.2.1. RECURSOS Y ELEMENTOS DE UN PROCESO.

Con base en lo que argumenta Maldonado (2011), en su libro *Gestión de procesos*, los recursos y elementos de un proceso se dan a entender como: “una serie de movimientos encaminados a producir un valor añadido sobre sus elementos conocidos como entrada, de la cual se espera conseguir un resultado, y una salida para que esta última tenga como fin la satisfacción del cliente” (p.2).

Maldonado (2011) también expone los elementos de entrada y salida como: “producto o transformación de un conjunto de recursos y actividades interrelacionados, los cuales pueden ser, el personal, finanzas, instalaciones, equipos, técnicas, métodos” (p 2).

Para este proyecto, los elementos y recursos se relacionan directamente con la producción, cuyos productos van dirigidos a un mercado específico, por lo que es importante entender cómo se desarrolla el proceso productivo y las áreas que intervienen, para este caso de exhibidores metálicos.

2.1.2.2. GESTIÓN DE PROCESOS.

Una adecuada gestión de los proyectos en la organización es de suma importancia para adquirir tecnología que impulse el desarrollo e innovación de los procesos y que esto ayude de manera integral a la creciente competitividad en el mercado.

Lo menciona Bravo (2009), en el libro *Gestión de procesos*, este indica que: “la gestión de procesos es una forma sistémica de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia del negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes” (Bravo, 2009, pp.30-31).

Lo anterior denota que la gestión de procesos influye directamente en el aumento de la productividad y el control de los procesos, apoyando el análisis y mejora de conceptos como el tiempo, calidad y costo. Además, establece herramientas para la mejora continua.

Una buena gestión de proyectos describe y relaciona los procesos de la organización, esta destaca términos como planificar, mejorar, comparar o rediseñar, entre otras. Como se describe en el libro *Gestión de Procesos*: “La gestión de procesos, considera vital la administración del cambio, la responsabilidad social, el análisis de riesgos y un enfoque integrador entre estrategia, personas, procesos, estructura y tecnología” (Bravo, 2009, pp.30-31).

2.1.2.3. TIPOS DE PROCESOS.

Según Bravo (2009), existen tres tipos de procesos identificados como: “estratégicos, del negocio y de apoyo” (p.30).

Procesos estratégicos: son aquellos que se alinean con la estrategia de la organización, estos toman consideraciones y proporcionan directrices para el establecimiento de la visión, misión, valores, directrices funcionales, objetivos corporativos, departamentales y personales, así como el programa de acción. (Bravo, 2009, pp.30-31).

Estos están ligados directamente con la gerencia de cada proceso, específicamente, establecen una guía para desarrollar lo planificado durante un periodo de tiempo establecido por la organización.

Los procesos estratégicos mantienen el control en el cumplimiento de los objetivos, la realización de indicadores y cómo estos se conservan renovados. Por otra parte, monitorean las estratégicas de la organización, también la forma como se comunica la estrategia y la manera de motivar a todos los que conforman la organización, esto para lograr los objetivos propuestos (Bravo, 2009, pp.30-31).

Procesos del negocio: estos procesos se desarrollan enfocados directamente en la misión del negocio y satisfacción de las necesidades del cliente, se puede establecer que estos procesos se enfocan mucho en los productos y servicios que presta una organización, básicamente, seccionando los que se encargan de construir el bien o servicio que se desarrolla comercialmente en la organización. En el presente proyecto, se estará estudiando el proceso de confección de exhibidores metálicos en el Departamento de Producción en la empresa Grugar.

Procesos de apoyo: “Los procesos de apoyo representan todas aquellas actividades o servicios que brindan soporte, para efectuar los procesos de negocio. También se les llama procesos secundarios” (Bravo, 2009, pp.30-31).

“En empresas pequeñas es fácil identificar hasta unos 20 procesos de apoyo, los que pueden llegar hasta 400 en grandes organizaciones, sin considerar las diferentes versiones de cada uno” (Bravo, 2009, pp.30-31).

2.1.3. ORIENTACIÓN AL CLIENTE

Se considera el cliente como el eje de las actividades empresariales, se debe estar enfocado en la satisfacción de este, porque el cliente al final es quien determina la calidad del servicio prestado por la empresa, como se establece en el libro de Camisón, Cruz y González (2006) titulado *Gestión de la calidad*: “por una organización enfocada a satisfacer a un cliente que no busca sólo un producto de calidad, sino que además exige buen precio, información y asesoramiento pre y poscompra, servicio a tiempo, garantía de calidad, etc.”(p.280).

Una definición completa del principio de orientación al cliente comprende dos dimensiones:

Cuidado del producto: para satisfacer al cliente, se debe trabajar en la fidelidad de este, logrando cumplir con todas sus especificaciones; cuando se hace referencia a las especificaciones, se abarca la totalidad de los requisitos que adquiere un compromiso establecido por la empresa de cumplir tanto en tiempo como forma y calidad del producto, esto mantendrá la confianza del cliente en los servicios brindados por la empresa a través del tiempo, cumpliendo todas sus expectativas.

Cuidado del cliente: este principio promulga que se debe estar en constante actualización para que el cliente vea reflejado estos esfuerzos en el cumplimiento de sus especificaciones. Es importante no entrar en el conformismo para no obstaculizar el progreso y que este genere anticipar las necesidades del cliente con el fin de que reciba productos de calidad.

2.1.3.1. Prácticas para satisfacer al cliente

Conociendo los principios de orientación del cliente, la empresa debe poner en marcha una serie de prácticas para la satisfacción del mismo, con el objetivo de que siga manteniendo fidelidad para la empresa, dentro de estas se mencionarán algunas propuestas en el libro de Camisón, Cruz y González (2006), como lo son:

- Estudio de mercado para segmentarlo con el fin de identificar el mercado objetivo al cual la empresa decide enfocarse.
- Puesta en marcha de un sistema de seguimiento y evaluación permanente de los clientes, esta es muy importante para medir el grado de satisfacción, nuevos requerimientos, reclamos y sugerencias.
- Asegurarse de que cada empleado comparte la misma definición de calidad.
- El diseño del producto orientado al cliente se puede beneficiar notablemente del recurso a técnicas que permitan materializar un proceso excelente de planificación del desarrollo del producto.
- Asegurar la conformidad con las especificaciones, reduciendo la variabilidad a través de la erradicación de los errores crónicos en los procesos.

- Desarrollo de un buen servicio postventa y con la concesión de garantías de calidad del producto.
- Diseño organizativo lo más plano posible, que permite maximizar el número de empleados en contacto directo con el cliente.
- Establecimiento de pautas de asociación a largo plazo con los clientes y distribuidores.
- Concesión de poder y responsabilidad a los empleados para que tomen decisiones de mejora del servicio al cliente.

2.1.3.2. La medición de la calidad de servicio

Como es expuesto en el libro *Gestión de la calidad* de Camisón, Cruz y González (2006), los clientes valoran los atributos o dimensiones de la calidad de servicio de manera diferente, según sean sus expectativas, la medición mejora la calidad de lo que se está ofreciendo, además de conseguirse un servicio excelente. Entre los errores más comunes que se comenten a la hora de medir la calidad de servicio se encuentran:

- Controlar únicamente el proceso de prestación del servicio, que es el sistema de medición más sencillo, creyendo que con la fijación de normas de actuación y su cumplimiento se controla la calidad de servicio al cliente.
- Medir el producto o resultado del proceso sin realizar estudios que avalen que los objetivos conseguidos evidentemente contribuyen a conseguir una mayor satisfacción del cliente.
- Centrarse en los valores medios pensando que establecer un nivel medio de actuación es adecuado porque se tiene en cuenta la variabilidad que afecta a toda prestación de servicios.
- Analizar únicamente las quejas y reclamaciones recibidas de los clientes, es sabido que solo una pequeña parte de los clientes insatisfechos con el servicio se quejan expresamente y prácticamente ningún cliente satisfecho lo comunicará de forma espontánea.

Tomando en cuenta los errores cometidos a la hora de medir la calidad del servicio, se debe diseñar un sistema de medición efectivo, para tal efecto se deben considerar los tres principios expuestos a continuación:

- Dejar que los clientes digan lo que les importa. No hay que diseñar nunca un sistema de medición partiendo de supuestos o creencias sobre las necesidades de los clientes o atendiendo a las necesidades de los diferentes miembros de la empresa. Los tres tipos de mediciones (proceso, producto y satisfacción) deben estar en consonancia con lo que realmente importa al cliente. Por ejemplo, no se debe establecer un objetivo de entrega en cuatro días cuando la mayoría de los clientes esperan una entrega al día siguiente.
- Seleccionar cuidadosamente las medidas concretas y establecer un sistema de medición compensado entre mediciones de proceso, producto y satisfacción. Es sabido que las personas suelen hacer lo que se les dice que hagan y aquello por lo que se las recompensa. Por tanto, resulta imprescindible considerar el número y las características de las medidas propuestas.
- Otorgar importancia al sistema de medición, es la única manera de conseguir que los empleados presten atención y orienten su comportamiento hacia el cliente. La vinculación del sistema de medición con sistemas de remuneración y de recompensa resulta fundamental.

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se realiza utilizando la metodología DMAIC, esta es utilizada para establecer los parámetros correctos en el transcurso de la investigación, siempre buscando la mejora continua en todas las líneas de la empresa, mejorando los procesos productivos de la misma.

Este método de mejora es llamado así por las etapas que se desarrollan para definir las pautas del proyecto, las cuales se citan en el libro *Calidad Total y Productividad* de Gutiérrez (2005): “como Definir, Medir, Análisis, Mejorar y Control, las cuales se resumen con sus siglas en Ingles DMAIC” (p.136).

2.2.1 DEFINIR.

Es la primera etapa para el desarrollo del proyecto, se delimita el enfoque del mismo, es muy importante tener claridad de lo que se pretende investigar, esto para trabajar sobre el objetivo del proyecto y que se traduzca en beneficios para la organización. Se utilizan las siguientes herramientas:

2.2.1.1 Gráficos de comparación

Las gráficas de comparación representan dos o más valores numéricos obtenidos en fechas distintas o en condiciones diferentes para obtener una comparación de los datos. Es ideal para comparar incrementos con disminuciones, los valores más altos con los más bajos, cantidades y frecuencias (Camisón, Cruz y González, 2006).

Estas gráficas brindan una representación de fácil comprensión, para lo cual se evidencian las diferencias de los valores por comparar. La herramienta no necesita de un análisis profundo, dado que la representación deja en evidencia el problema que se desea comparar.

Ventajas:

- Facilitan la comparación de las categorías de la serie secundaria para cada una de las categorías de la serie principal.
- Muestran claramente las diferencias en las magnitudes de las categorías o componentes de las características.
- Las gráficas que se comparan se ubican a la par o superpuestas, para que la comparación sea simultánea.
- Cuando se hacen cortes en la escala, estos deben abarcar por completo a las características que se están comparando.

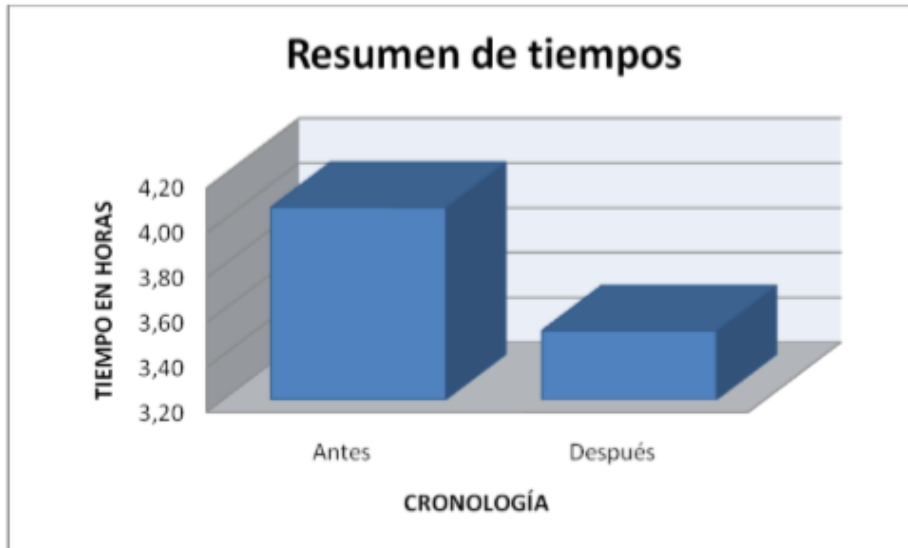


Figura 3. Herramienta gráficas de comparación.

Fuente: (Castro y León, 2008)

2.2.2. MEDIR.

La segunda etapa contempla las mediciones de la condición actual en el proceso, esto para tener claro el problema mediante la recolección de datos que evidencien tal situación, aplicando diferentes herramientas que ayuden a justificar el proyecto y que permitan cuantificar las causas identificadas para dar una solución integral al problema, para lo cual se aplican las siguientes herramientas:

2.2.2.1 MUESTREO DEL TRABAJO.

El muestreo del trabajo es una técnica también conocida como Método de Observaciones Instantáneas u Observaciones Aleatorias. Radica en que el investigador realiza una serie de observaciones breves en momentos determinados en forma aleatoria o al azar. Una vez el observador analiza todas las observaciones, obtiene el porcentaje de la jornada laboral que el trabajador emplea en cada tarea. Una vez concluido el análisis, el porcentaje se transforma en unidad de tiempo: horas, minutos, etc., con lo cual al tiempo que se obtiene, se le agrega el tiempo o porcentaje extra por suplementar por ruido, fatiga o temperatura, es el tiempo estándar asignado a la tarea. El grado de precisión depende de la cantidad de observaciones que se ejecuten dentro del análisis.

2.2.2.2 ESTUDIO DE TIEMPOS.

El estudio de tiempos va de la mano, una vez que se realizó el estudio de movimientos, este sirve para realizar una tarea determinada considerando fallas, demoras personales y retrasos inevitables, con el fin de obtener un tiempo estándar o promedio de dicha tarea estudiada, con la cual se estipulan metas o indicadores con esos tiempos que son precisos mantener bajo un control determinado. Los estudios de tiempos también ayudan a disminuir costos asociados al tiempo de las tareas.

Tomando en cuenta que todo proceso productivo tiene pérdidas en cuanto el tiempo, se refiere a que estas generan un retraso en el flujo normal del proceso, en muchas ocasiones por la falta de un control en las actividades de la organización. El estudio de tiempo viene a reforzar ese control que verificará la verdadera situación en el flujo del proceso, el mismo evidenciará las áreas o partes del proceso que no cumplen o están rezagadas. Por otra parte, hay que tomar en cuenta que un estudio de tiempos no busca culpables, su objetivo principal es mejorar la eficiencia y eficacia del proceso, esto traducido en productividad para la organización.

Lo anterior se evidencia con base en lo citado por Kanawaty (1996) en el libro *Introducción al estudio del trabajo*:

El estudio de tiempos es una teoría de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una teoría definida, efectuadas en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (p. 273)

Para determinar la capacidad productiva de cualquier proceso, es importante un estudio de tiempos, el cual es empleado en condiciones determinadas según lo estime la persona que está realizando el proyecto. Algunas de las herramientas para el desarrollo del estudio de tiempos son las siguientes:

- **Cronómetro:** actualmente existen dos tipos: el tradicional y electrónico, siendo el último el más práctico.
- **Cámaras de videograbación:** esta herramienta es ideal, ya que se pueden grabar los métodos del operario, permitiendo que el analista pueda registrar los detalles exactos y después designar tiempos.
- **Tabla de observaciones:** ideal para realizar los apuntes cuando se hace la toma de tiempos.

2.2.2.3 ELEMENTOS DE UN ESTUDIO DE TIEMPOS.

Para asegurar la confiabilidad de los datos, se debe inspirar confianza y desarrollar el enfoque de acercamiento personal, el cual es de suma importancia para que no exista resistencia y más bien que el operario contribuya con la toma de tiempos, algunos de estos elementos son:

Elección del operario: se debe elegir un operario promedio, por lo común que desempeñe su trabajo de forma consistente y sistemático. El operario debe conocer bien la actividad en la cual se desarrolla el proceso y que esté dispuesto a hacerlo bien.

Registro de información significativa: los registros deben determinar las actividades según la máquina en la que se desarrollan, herramientas manuales, materiales y operaciones.

Posición del observador: debe estar de pie, no sentado, unos cuantos pies atrás del operario para no distraerlo o interferir en su trabajo.

2.2.2.4 ESTUDIO DE TIEMPO POR CRONOMETRAJE.

El principal instrumento para la medición de tiempo es el cronómetro, o bien se puede utilizar un video. El trabajo se divide en elementos medibles y cada elemento se debe cronometrar individualmente, un elemento o ciclo de trabajo es la sucesión de actividades necesarias para efectuar una tarea con el fin de obtener un flujo de producción.

Se debe tomar una serie de mediciones para que el tiempo represente la realidad de la actividad, esto porque los operarios son más eficientes al inicio de la jornada. Es fundamental determinar una muestra con un nivel de confianza y un margen de precisión previamente definido.

El nivel de confianza se refiere a que se tiene la confianza en que las observaciones aleatorias representan en el 95% de las veces la característica poblacional que se desea estimar. La precisión o error típico significa que los resultados son correctos dentro del porcentaje específico.

Para el cálculo del tamaño de muestra, se utiliza la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{Z_{\alpha/2} * S}{K * \mu} \right)^2$$

Donde:

$Z_{\alpha/2}$ = es el valor estadístico Z para un nivel de confianza dado.

S= es el valor de la desviación estándar de las observaciones.

K= es la precisión deseada.

μ = es el promedio de las observaciones.

Un aspecto importante para definir el tamaño de muestra es realizar un estudio de tiempos, para tal efecto se debe realizar un muestreo preliminar, posteriormente, se obtienen el promedio y la desviación estándar, se establece el nivel de confianza y la precisión del estudio, este por lo general se encuentra entre 5% y 10%, de esta manera determina el tamaño de muestra N.

El analista no debe utilizar los tiempos de los operarios ni más lentos ni más rápidos para definir un tiempo estándar, ya que se podrían definir tiempos que nadie cumpla o que, por el contrario, sea muy sencillo alcanzar. Lo anterior se conceptualiza como la definición del ritmo y consiste en comparar con la idea que la organización define como desempeño tipo, el cual se puede alcanzar con el cumplimiento natural de una actividad, sin esforzarse en extremo, siempre que cumpla con el método definido.

Como lo sugiere Kanawaty (1996), en el libro *Introducción al estudio del trabajo*: “valorar el ritmo es comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo tipo que uno se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados” (p.310); tomando en cuenta lo mencionado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se establece ese como el ritmo tipo, el cual tendrá una valoración de 100% en la escala de valoración sugerida en este libro, para lo cual se supone que un trabajador con ritmo tipo y el cual descansa de manera apropiada tendrá un desempeño tipo durante su jornada laboral.

El tiempo normal se obtiene multiplicando el tiempo observado por un valor tipo, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{TN} = \text{Tiempo observado} * (\text{valor tipo} / \text{valor observado})$$

0	Actividad nula
50	Muy lento
75	Constante
100	Ritmo tipo
125	Muy rápido
150	Excepcionalmente rápido.

Cuando se calcula el tiempo normal, se puede definir el tiempo estándar, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$\text{TE} = \text{TN} + (\% \text{tolerancia} * \text{TN})$$

Las tolerancias son factores que permiten adicionar elementos que no detecta el cronómetro en la medición y que pueden representar fatiga, ruido, monotonía, entre otras.

Dichas tolerancias pueden ser físicas o mentales y se van a encontrar dependiendo del trabajo que se realice, se encuentran en todos los lugares de trabajo, desde la persona que realiza las labores de aseo, el oficinista, hasta el encargado de un torno, entre otras. En el libro *Introducción al estudio del trabajo* de Kanawaty (1996), se puede encontrar que estas tolerancias se determinan como suplementos fijos o constantes y suplementos variables, para lo cual la OIT

ya estableció un porcentaje para el cálculo de cada uno de los suplementos que intervienen en un ambiente laboral, cabe señalar que el cálculo varía según sea hombre o mujer.

Se puede mencionar que los suplementos fijos o constantes siempre van a estar presentes dentro del cálculo, esto porque las personas necesitan suplir sus necesidades personales como, por ejemplo, ir a beber algo, a lavarse o al retrete. Por otra parte, la fatiga está dentro del suplemento fijo o constante, ya que se le debe atribuir un valor por la pérdida de energía durante la jornada laboral.

Los suplementos variables como lo establece la OIT: “se añaden cuando las condiciones del trabajo difieren mucho de las indicadas; por ejemplo, cuando las condiciones del ambientales son malas y no se pueden mejorar, cuando aumenta el esfuerzo y la tensión para ejecutar determinada tarea” (p.339).

2.2.2.5 TIEMPO ESTÁNDAR:

“Es el tiempo que debe obtener un empleado experimentado en efectuar a ritmo normal un trabajo específico en condiciones bien determinadas y según métodos definidos” (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2009, p. 51). Por lo tanto, el tiempo estándar es todo aquel tiempo que un trabajador promedio necesita para efectuar una operación a un ritmo normal, sin contraer algún tipo de atraso o cansancio.

Los tiempos estándar se pueden clasificar de diferentes maneras dependiendo del tipo de actividad o ritmo de trabajo, se consideran dentro del estudio como:

Tiempo básico: es el tiempo que se necesita para efectuar un elemento de trabajo a un ritmo tipo.

Tiempo real: es el tiempo para el cual se supone un trabajador con ritmo tipo y el cual tendrá un desempeño tipo durante su jornada.

2.2.3 ANALIZAR

En la tercera etapa se analizan los datos sobre las causas encontradas, este análisis presenta un panorama más claro para trabajar el problema en la investigación; se pueden sacar conclusiones claras justificadas con la veracidad de los datos.

2.2.3.1. HERRAMIENTA 5 POR QUÉ

La técnica de los 5 por qué es un método de análisis establecido en realizar preguntas para investigar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. La finalidad de esta técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema para solucionarlo de forma eficaz.

Como lo mencionan González (2012):

Esta metodología se basa en un proceso de trazabilidad, donde se hacen preguntas para analizar las posibles causas del problema, caminando hacia atrás, hasta llegar a la última causa que originó el problema. Ten en cuenta que no tienen por qué ser exactamente 5 preguntas, sino que esto va a depender de la longitud y complejidad del proceso causal del problema. (González y Jimeno, 2012, párr.2)

PROBLEMA A ESTUDIAR	W1	W2	W3	W4	W5	Resultado del Análisis
¿Por qué no escribe el bolígrafo?	Porque no tiene tinta	¿Y por qué no hay?: Porque no se ha repuesto	¿Y por qué no hay repuesto?: Porque nadie revisa el nivel			Incluir estándar de inspección
	Porque la tinta está seca	¿Y por qué está seca?: Porque la temperatura es elevada	¿Y por qué es elevada?: Porque se deja junto a una estufa	¿Y por qué se deja junto a una estufa?: Porque no hay otro sitio donde dejarlo	¿Y por qué no hay otro sitio?: Porque no hay portabolígrafo	Instalar un portabolígrafo
		¿Y por qué está seca?: Porque el bolígrafo se deja abierto	¿Y por qué se deja abierto?: Porque no existe especificación que indique su cierre			No influye que se quede abierto
	Porque su punta está chafada			¿Y por qué se cae?: Porque se cae de la mano de quien escribe		No ocurre
		¿Y por qué esta chafada?: Porque el bolígrafo se ha golpeado	¿Y por qué está golpeado?: Porque el bolígrafo se cae constantemente al suelo			
				¿Y por qué se cae?: Porque se resbala de la mesa	¿Y por qué se resbala?: Porque hay pendiente	Eliminar la pendiente de la mesa

Figura 4. Herramienta 5 Por qué

Fuente: Progressa lean, s.f.

2.2.3.2 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO (ISHIKAWA).

En el desarrollo de este proyecto, una de las herramienta por utilizar es el diagrama causa-efecto, este según el criterio de Serrano (2017) en su investigación titulada *Mejoramiento de la calidad a través de un diseño de un sistema de Gestión de Calidad para el Departamento de servicio en la Empresa Tecnoambientes S.A. de junio a noviembre 2016* es: “el diagrama causa-efecto, es una herramienta muy utilizada en las organizaciones para el hallazgo de problemas o fallas en los procesos, dicha herramienta ordena gráficamente el análisis de las causas y sub causas que generan el problema para que los analistas tengan un panorama más detallado” (p.68).

Según lo investigado para efectuar diagramas Ishikawa, existen tres tipos, sin embargo, para efectos de este proyecto se utiliza el Método de las 6M. La

utilización y desarrollo de este método los explica Gutiérrez en el libro *Calidad Total y Productividad* e indica que consiste en agrupar las causas potenciales en seis variables principales que se describen a continuación:

- **Mano de obra o personal:**

Para este apartado se tienen que contemplar variables que atañen directamente al personal involucrado en los procesos productivos de la organización, por mencionar algunas como la capacitación, motivación, habilidad, entre otras.

- **Métodos:**

En este apartado, se define si en la organización existen procedimientos debidamente establecidos, de los cuales el personal se apoye para el desarrollo de las actividades.

- **Máquinas o equipos:**

Cuando se hace referencia a las variables que intervienen en el factor máquina, se toman estimaciones importantes como la capacidad, condiciones y el grado de eficiencia de estas, son detalles muy importantes que considerar, entre otros.

- **Material:**

En este apartado se determinan las variables que interfieren o se relacionan directamente con la utilización de materiales y cómo esto influye en el problema, por ejemplo, se puede mencionar la adquisición de materia prima y cómo el proveedor puede afectar el proceso por el no cumplimiento en los tiempos de entrega de la materia necesaria para tal ejecución.

- **Mediciones:**

En las mediciones se contempla la disponibilidad de las áreas de la organización para efectuarlas y detectar el problema, es muy importante cuando se harán las mediciones tener claro mediante un método confiable, el cual garantice la precisión requerida para la investigación.

- **Medio ambiente:**

Es de suma importancia tener claras las variables que interfieren en el ambiente laboral, por otra parte, se deben tener claras las condiciones climatológicas,

esto para coordinar entrega de materiales y demás operaciones en la cadena de suministros. (Gutiérrez, 2005, pp. 192-195)



Figura 5. Diagrama de causa-efecto (ISHIKAWA).

Fuente: Camisón, Cruz y González (2006).

2.2.3.3. PARETO

El alcance de esta herramienta es obtener un diagrama, el cual se interprete de manera fácil y que represente la relación entre un efecto y la causa que lo produce, de manera que puedan ser expuestas visualmente las causas que se asocian a tal efecto. El diagrama causal es una forma gráfica, ordenada y sistemática para representar el complejo entramado de causas posibles que hay detrás de un efecto.

El análisis de Pareto es útil para la identificación de los artículos o actividades de interés, los cuales son identificados y medidos con una misma escala y luego se ordenan descendientemente, como una distribución acumulativa. Como se menciona en el libro *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*: “por lo general, 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; como consecuencia, esta técnica a menudo se conoce como la regla 80-20. Por ejemplo, 80% del inventario total se encuentra en sólo 20% de

los artículos del inventario, o 20% de los trabajos provocan aproximadamente 80% de los accidentes” (Freivalds y Niebel, 2009, p. 18).

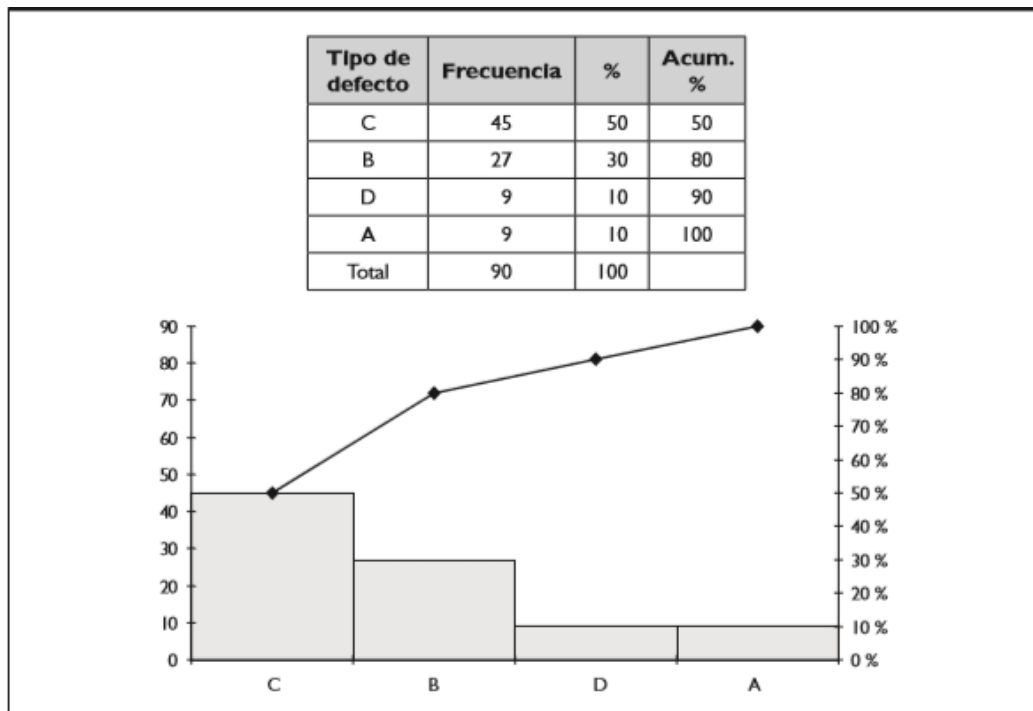


Figura 6. Diagrama de Pareto

Fuente: Camisón, Cruz y González (2006).

2.2.3.4. Software de simulación Arena

Una simulación consiste en un conjunto de métodos y aplicaciones en la visualización de un fenómeno, por medio de situaciones creadas artificialmente con el *software* adecuado, estas tienen como base situaciones reales y datos obtenidos de inicio. El uso de la simulación resulta altamente viable, esto cuando se cuenta con información confiable, para lo cual se obtendrá un modelo que represente con gran similitud el campo o proceso que se encuentre en estudio (Kelton, Sadowski y Sturrock, 2008).

- **Preparación de los datos**

Obtener los datos necesarios para el modelo, estos deben ser recopilados en forma apropiada, para definir con claridad y exactitud los datos que el modelo requerirá, estos en función de producir los resultados deseados, los datos se pueden obtener de diferentes fuentes:

- Registros contables
- Órdenes de producción
- Opiniones de expertos
- **Construcción del modelo de simulación**
Describir el modelo en un lenguaje apropiado de computadora. Procesar el modelo y obtener resultados.
- **Validación y verificación**
La validación es la tarea de asegurarse de que el modelo sea una representación del proceso real que se está simulando y permitir este detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al mismo. El proceso de verificación es la tarea de asegurarse que el modelo se comporta como se planeó.
- **Análisis de datos de salida**
Interpretar los resultados que genera la simulación y utilizar las pruebas estadísticas necesarias para analizar los datos de salida de las corridas de simulación, así como analizar e interpretar los datos generados por la misma. Entre los conceptos matemáticos de los cuales se hace uso en una simulación, uno de los más importantes resulta ser la estadística, esta es la ciencia encargada de recoger, organizar, analizar e interpretar datos, con el fin de promulgar una toma de decisión más eficaz. La estadística consiste en utilizar el método científico, para llegar a conclusiones basadas en datos reales.

2.2.3.4.1. Estadística

De acuerdo con la Real Academia Española: “La estadística es una rama de la matemática que utiliza grandes conjuntos de datos numéricos para obtener inferencias basadas en el cálculo de probabilidades”. Por lo tanto, la estadística es una herramienta que estudia el uso y los análisis provenientes de una muestra representativa de datos y permite llevar a cabo el proceso relacionado con la investigación científica.

2.2.4. MEJORAR.

La cuarta etapa establece soluciones atinentes a la investigación para trabajar sobre las causas del problema, la meta principal es lograr corregirlas. Cabe señalar que implementadas las soluciones se valoran los datos posteriores a la mejora para la trazabilidad de las mismas y que estas sean medibles para comprobar su validez en la mejora continua, para lo cual se utilizó la siguiente herramienta.

2.2.4.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD.

Para una organización es muy importante conocer su capacidad productiva, cuando se desconoce esta, la organización no tiene un punto de partida para adquirir nuevos compromisos o proyectos; en general, conocer la capacidad productiva ayuda para establecer indicadores y estos monitoreen el cumplimiento de las metas establecidas controlando la variabilidad de los procesos, esta capacidad es de suma importancia como lo cita Gutiérrez (2005): “Conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada; esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria” (p.201).

Es muy importante definir el concepto de capacidad, para lo cual se cita a Heizer y Render (2009): “volumen de producción o número de unidades que se pueden alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico” (p.288). Es importante para una buena gestión dentro de la empresa conocer su capacidad de producción en todas las áreas que la integran, ya que este conocimiento permite programar de una manera eficaz y eficiente cada uno de los recursos que intervienen en todos sus procesos productivos. Este conocimiento de la capacidad de producción facilita hacer programas de pronósticos, obtener un mejor control para programar mantenimientos y todas las actividades que mantienen relación directa con el sistema productivo de la empresa, se pueden describir los diferentes tipos de capacidad como:

Capacidad teórica: es la que representa la producción utilizando el 100% de su capacidad instalada, la misma contempla el flujo de producción constante, como si nunca se detuvieran las máquinas y de igual manera, el personal trabajara

tiempo completo en su labor, sin tomar tiempos de descanso. Este tipo de capacidad es utilizada únicamente como indicador para controlar la eficiencia de la producción.

Capacidad de diseño: es también conocida como la capacidad alcanzada con el mejor nivel de operación, esta es la máxima capacidad teórica que el sistema puede alcanzar siempre que se presenten las condiciones adecuadas para tal efecto.

Capacidad efectiva: debido a que la mayoría de las empresas que no son automatizadas en un 100% de sus procesos productivos no alcanzan a trabajar a su máxima capacidad, para lo cual interfieren variables como tiempos de descanso o tiempos perdidos por falta de recurso, reprocesos en los cuales media el factor humano como agentes de mal procesamiento, programación de mantenimientos a los equipos productivos, tomando en cuenta estas variables se considera la capacidad efectiva como la producción que se espera alcanzar con las condiciones reales de ejecución.

Capacidad real: se puede describir la capacidad real como la producción que se consiguió en un periodo de tiempo establecido, es aquella que se mide cuando se termina el proceso productivo. Esta capacidad en conjunto con la de diseño y la efectiva es útil para calcular la utilización de capacidad y ver el nivel de eficiencia de producción.

Utilización de capacidad: para determinar la utilización de capacidad, se divide el resultado de la capacidad real obtenida y la capacidad de diseño, el resultado es el aprovechamiento de la capacidad de diseño de la empresa. Cabe señalar que estos cálculos deben contemplar siempre la misma unidad de medida en ambos casos.

Eficiencia de producción: para determinar la eficiencia de producción, se divide la capacidad real y la capacidad efectiva, este resultado da la relación de eficiencia de la capacidad; dicho valor se obtiene según se acerque el índice o resultado a $1=100\%$.

2.2.4.1.1 Horizontes de tiempo en las decisiones de capacidad.

Para determinar los horizontes de tiempo en las decisiones de capacidad, Heizer y Render (2009) coinciden en que estas pueden analizarse en tres niveles o horizontes de tiempo:

Largo plazo: comprende un periodo de más de 18 meses, se concibe como una decisión estratégica de capacidad presentada en el nivel directivo, en el cual se establece aumentar, mantener o reducir la capacidad disponible.

Mediano plazo: comprende un periodo entre 3 y 18 meses, en este plazo se definen las estrategias tomando en cuenta que, si es el caso de expansión, se subcontrata, se agrega maquinaria, se contrata personal, pero si, por el contrario, la estrategia es de contracción, se deben hacer los recortes necesarios según convenga a la empresa.

Corto plazo: comprende un periodo de menos de 3 meses, en este plazo se considera la capacidad como fija, es difícil modificar la misma, por lo que se efectúa la programación de la capacidad, tomando en cuenta cómo utilizar los recursos existentes. Esta programación siempre orientada en satisfacer la demanda de la empresa.

2.3.4.1.2 Factores que afectan la capacidad de producción

Para tener una buena gestión de la capacidad de producción, se debe tener control y constante análisis de todos los factores que intervienen en mayor o menor capacidad, según los recursos que se posean, esto en aras de tomar las acciones necesarias para el debido funcionamiento de los procesos productivos, para complementar, se refiere lo dicho por Domínguez, Álvarez y García (1995), donde plantean los siguientes factores que afectan la magnitud y la utilización de la capacidad:

- El nivel de la tecnología.
- El nivel real de organización.
- Aspectos de localización.
- La cantidad de equipos.

- La política de mantenimiento.
- La gestión de materiales.
- La magnitud y distribución de las áreas productivas.
- La demanda y cuota del mercado.
- La mano de obra.
- Diseño característico del producto.
- La calificación de los trabajadores y su estimulación.
- La especialización.
- Indicadores de rendimiento de los equipos y áreas.
- Cumplimiento promedio de las normas.
- La estabilidad de la fuerza de trabajo.
- Entre otros.

2.2.4.2. ANÁLISIS MODO, EFECTO Y FALLA (AMEF)

El AMEF fue aplicado por primera vez por la industria aeroespacial en la década de los 60 e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada *Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad*. En la década de los 70, lo empezó a utilizar Ford y se extendió más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad, es un método básico de análisis en el sector automovilístico que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede reconocerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos (Cartín, Villareal y Morera, 2014, p. 134).

Figura Matriz de riesgo de AMEF

2.2.5. CONTROL.

En la etapa de control, como se indica previamente en el análisis, los datos deben tener trazabilidad, esto representa implementar un diseño, el cual vele por el control de las mejoras, traducido en un monitoreo constante del proceso o área por investigar. La importancia de este control radica en que, en un proceso de mejora que no se pueda controlar, difícilmente se puede medir el impacto positivo de las mejoras, lo cual representa un riesgo de fracaso para la organización.

2.2.5.1. INDICADORES

Los indicadores bien perfilados y adaptados a las necesidades de cada empresa representan una herramienta y una guía en la gestión de la calidad, estos pueden representar un simple dato numérico o una relación entre varios datos o variables que estén en constante monitoreo. Los indicadores dan un mayor grado de análisis y un mejor diagnóstico de la situación de la empresa, por otra parte, permiten evidenciar los problemas en la empresa, los cuales requieren de la toma de decisiones y determinar la gestión más oportuna. También miden la calidad o percepción de un servicio o un proceso.

Los indicadores deben ser:

- **Informativos:** útiles para identificar problemas y acciones por ejecutar.
- **Fiables:** rigurosos; con iguales resultados bajo iguales condiciones.
- **Válidos:** que midan lo que se pretende medir con ellos.
- **Adecuados:** compatibles con los procesos y entornos del trabajo.
- **Prácticos:** fáciles de aplicar y entender, y aplicables con esfuerzo razonable en términos de personal, costes y repercusión en el usuario.
- **Comparables:** cierto grado de comparación y cotejo con estándares de calidad.


 Ficha de indicador	
Descripción del objetivo a alcanzar	Texto
Proceso o subproceso	Texto
Responsable del indicador	Texto
Respuesta a las exigencias (cliente / normativa / organismo)	Texto
Indicador (método de cálculo)	Texto
Valor actual	Texto
Valor objetivo	Texto
Comentario	Texto

Figura 9. Indicador de desempeño

Fuente: Camisón, Cruz y González (2006).

2.4. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.

El impacto a corto y mediano plazo que implica el presente proyecto se relaciona directamente con el proceso productivo de la organización, siendo este el más importante para cumplir con los proyectos adquiridos. Cabe señalar que un proceso productivo con estándares establecidos mejora la competitividad de la organización, como se señala en el libro *Calidad total y productividad* de Gutiérrez (2005), la competitividad es: “la capacidad de una empresa para generar un producto o servicio de mejor manera que sus competidores” (p.16).

Por otra parte, es muy importante para la organización mantener la calidad de sus procesos, esto mediante el control y seguimiento de las variables que influyan en el proceso productivo.

Crosby señala que la clave de la calidad es hacerlo bien a la primera vez, y que este principio, esta actitud hacia hacerlo bien, es la base del cambio hacia la calidad, es decir, que sea posible ofrecer un producto o servicio que cumpla con los requisitos del cliente. Por lo tanto, se debe construir un sistema de calidad para la prevención, cuyo estándar de desempeño sea cero defectos. (Gutiérrez, 2005, p. 49)

Por otra parte, para brindar una buena calidad, es indispensable que la organización trabaje constantemente en la mejora continua de sus procesos, con el fin de que estos estén en constante actualización y mejora, Carro y González indica en el libro *Administración de la Calidad*, (2009) la mejora está definida como: “si se logra controlar un proceso dejándolo estable en el tiempo reduciendo sus variaciones, podrá luego ser mejorado reduciendo estas variaciones rediseñándolo con el fin de obtener productos de calidad que satisfagan tanto a cliente interno o externo” (p.24).

Toda mejora está enfocada con el fin de brindar un producto o servicio de calidad, el cual quede percibido por el cliente como bueno, esto brinda a la organización la tranquilidad de haber cumplido con su objetivo primordial: la satisfacción de su clientela. Es de vital importancia para una organización el servicio al cliente, ya que toda gira en la medida de cómo sepa atraer la mayor cantidad de clientes y cómo mantener estos a través del tiempo, como lo expone Mateos (2012) en su libro *Atención básica al cliente*, lograr la satisfacción de los clientes conrae varios beneficios como lo son:

Un cliente satisfecho, es menos sensible a la competencia y genera un sentido de fidelidad a la organización que le brinda el servicio, un cliente satisfecho, habla bien de la organización y genera publicidad de boca en boca, satisfactorio para la empresa, un cliente satisfecho asegura el futuro de la empresa y le brinda una ventaja competitiva con respecto así los demás.
(Mateos de Pablo Blanco, 2012, p. 137)

Este proyecto, al trabajar la capacidad del proceso productivo de la organización, busca una solución al problema mediante un modelo de capacidad, lo cual ayudará al departamento productivo a tener bien identificada su capacidad y en futuros proyectos contar con una métrica establecida para hacer frente a los retos que tenga. Al ser una empresa que se encuentra en crecimiento, este proyecto dará una solución integral traducida en una estabilidad económica tanto para los socios de la misma como para los trabajadores que ejecutan su labor de manera comprometida con la organización.

2.5. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Manuel Felipe Londoño Arboleda de la Universidad Nacional de Colombia, en el año 2014 presentó su trabajo titulado: *Planeación de la capacidad de producción para la nueva fábrica de muebles de la empresa Iván Botero Gómez S.A. (2014)*, el cual consiste en determinar la capacidad de producción necesaria para la nueva planta de producción IBG S.A., que le permita a la empresa enfrentar la demanda del mercado en el corto y mediano plazo. En la empresa Grugar obedece el mismo principio, ambos proyectos se desarrollan bajo una línea parecida de investigación.

Londoño (2014) en su investigación tiene como objeto de estudio la confección de muebles de madera; la empresa Grugar, por su parte, confecciona exhibidores metálicos, aunque la materia prima varía según material de confección, a ambas investigaciones las une gran variedad de productos según diseños, tamaños y formas, además, su finalidad es determinar la capacidad de producción, buscando el crecimiento de la empresa para afrontar la demanda del mercado. Como dato importante, ambos procesos se desarrollan bajo una línea de producción semejante, por ende, se tomó como antecedente, el cual concluye que el trabajo realizado le brinda a la empresa una adecuada planeación de capacidad, misma conclusión a la que se pretende llegar con la investigación realizada en la empresa Grugar.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA DMAIC

La metodología utilizada es DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), la cual busca identificar oportunidades de mejora de los procesos existentes, utilizando un enfoque cuantitativo y estandarizado. En cada una de las fases se emplean diferentes herramientas, las cuales son utilizadas para el análisis de los procesos productivos para la mejora continua.

Para el desarrollo del proyecto, se utilizan diferentes técnicas con el fin de efectuar la debida recolección de datos y que estos sean representativos y mantengan un nivel de confiabilidad que represente veracidad en el objeto de estudio, para tal efecto se pueden citar:

Entrevistas:

La entrevista describe de una manera más personal las situaciones que, para el criterio del entrevistado, pueden estar afectando el proceso; como dato importante, el investigador toma esta información para hacerse un panorama más claro de la situación actual, este intercambio de comunicación aporta resultados positivos para efectos del proyecto.

Fuentes de información:

Estas fuentes responden a la información contenida en documentos, de los cuales se extraen datos importantes para el proyecto. Este tipo de fuentes aporta material valioso para conocer y distinguir el camino adecuado al proceso en estudio. En el presente proyecto, se hará referencia a dos tipos de fuentes como lo son:

Primarias: se consideran como tal, ya que aportan gran conocimiento bajo un criterio firme y estadístico como lo son los registros de históricos que posee el área que será objeto de estudio, esto seleccionando la información que alimenta de manera positiva el proyecto.

Secundarias: se obtienen del personal experto o encargado del proceso objeto de estudio, proporcionan una visión clara de acontecimientos, los cuales en gran medida pueden favorecer las mejoras por ejecutar.

3.1.2. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Para la definición del problema se utilizan los datos suministrados por la empresa, los cuales son de los últimos tres años. Estos reflejan la incidencia que han presentado las pérdidas en horas de ejecución de la confección de exhibidores metálicos de la empresa Grugar, para lo cual se determinan las mismas mediante un diagrama de comparación y este refleja la magnitud en cuanto a costo en el área de metalmecánica.

Tabla 1. Metodología para la definición del problema

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramienta	Resultados
Definición.	Realizar un diagnóstico del proceso de fabricación de exhibidores metálicos en la empresa Grugar.	1-Se identifica el problema. 2- Se definen los requisitos para realizar el proyecto. 3- Se establecen los objetivos. 4-Se mapea el flujo del proceso.	Diagrama de comparación.	Se identifica el problema del cual se parte para desarrollar el proyecto.

Fuente: elaboración propia, 2019.

3.1.3. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.

Se recopila la información necesaria para poder analizar y entender el impacto del problema delimitado en la fase anterior. La medición está presente en todas las etapas del proyecto, en el caso del diagnóstico para determinar las causas para su posterior análisis, luego es necesario medir para ver el impacto de las propuestas implementadas y determinar a nivel cuantitativo la mejora obtenida.

Tabla 2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramienta	Resultados
Medición.	Identificar oportunidades de mejora para el proceso de producción de los exhibidores.	1-Se identifican las actividades del proceso. 2-Se ejecuta un análisis de las causas del problema. 1-Se lleva a cabo la toma de datos. 2. Se determinan variables críticas del proceso actual.	1-Diagrama de flujo del proceso. 2-Herramienta 5 por qué. 3-Diagrama de Ishikawa. 4-Diagrama de Pareto. 5-Toma de tiempos.	Datos de tiempos de cada una de las operaciones del proceso de fabricación de estantes metálicos.

Fuente: elaboración propia, 2019.

3.1.4. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTAS EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

La metodología que se utilizará está enfocada en virtud de la mejora continua, es de suma importancia brindar a la gerencia información que respalde el proyecto y que esta refleje cuantitativamente los hallazgos obtenidos durante la medición. Al evidenciar mediante la metodología utilizada las variables que ocasionan problemas al proceso en estudio, se presenta la necesidad de corregir dichas variables mediante acciones que garanticen la trazabilidad de las mejoras, convirtiéndose esta en una herramienta para mantener un proceso controlado en aras de mejorar la eficiencia y eficacia en la línea de producción, además, se convierte en una oportunidad para mejorar la productividad de la organización.

Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puestas en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramienta	Resultados
Análisis y mejora	Proponer un modelo de capacidad para el proceso de producción de exhibidores metálicos en la empresa Grugar para diciembre del 2018.	1-Análisis de datos y cálculos para la toma de decisiones. 2-Se determinan las principales causas que ocasionan el problema en estudio.	1-Análisis modo, efecto y falla (AMEF). 2-Análisis de capacidad. 3- <i>Software</i> Arena.	Determinar las principales oportunidades para definir las alternativas de solución.

Fuente: elaboración propia, 2019.

3.1.5. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Se define un diagrama de Gantt con actividades, plazos y responsables, con el fin de implementar las propuestas planteadas para la solución del problema que permitan alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto y aún más de la gerencia de la organización. El modelo de capacidad propuesto sirve de base para que luego se pueda replicar en los demás productos o áreas de la organización que presenten problemas; para efectos de tiempo, se delimita el proyecto a las operaciones del proceso productivo de la fabricación de estantes metálicos que representan más horas perdidas después de realizar el análisis de datos.

Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramienta	Resultados
Implementación	Realizar una prueba piloto del modelo de capacidad de producción de exhibidores metálicos tipo E.	<p>1-Realizar simulaciones de los proyectos efectuados en los últimos seis meses del exhibidor tipo E, para determinar el margen de error del dato obtenido con Arena versus lo obtenido realmente.</p> <p>2-Crear un plan para la implementación del modelo propuesto.</p>	<p>1-Software Arena</p> <p>2-Diagrama de Gantt.</p>	Reducir las horas perdidas en las cotizaciones del exhibidor tipo E.

Fuente: elaboración propia, 2019.

3.1.6. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.

Es de suma importancia que la verificación sea manteniendo trazabilidad en los datos suministrados en el proceso para el cual se desarrolló el proyecto, teniendo claro que, si este control no mantiene una estructura adecuada y se presentan anomalías o alteraciones durante la toma de datos o tiempos ya establecidos en la etapa de mejora, se corre el riesgo de que el proceso vuelva a presentar el problema que en un principio se atacó mediante el proyecto. Cabe señalar que una mala ejecución de la información interfiere en el buen funcionamiento del proceso productivo de la empresa.

Tabla 5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramienta	Resultados
Implementación	Identificar oportunidades de mejora para el proceso de producción de los exhibidores.	1-Se comparan los datos de los proyectos finalizados con el modelo sugerido.	1-Indicador de desempeño.	Monitoreo del proceso y análisis de posibles mejoras.

Fuente: elaboración propia, 2019.

CAPÍTULO IV
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

En este capítulo se realiza un diagnóstico de la situación real en la confección de exhibidores metálicos de la empresa Grugar, para lo cual se procede a analizar las operaciones involucradas concernientes a la fabricación de dichos exhibidores, mediante el uso de técnicas de recopilación de datos, observaciones directas del proceso en estudio y entrevistas con los responsables de las principales operaciones, como lo son: el gerente de ventas, el gerente de producción y el supervisor de proceso.

Se realiza un análisis de causas que provocan el problema en el proceso de fabricación de los exhibidores metálicos y la incertidumbre de tiempos de entrega del producto en la empresa Grugar, con la participación de los involucrados en el proceso. Se utilizaron herramientas como el mapeo de procesos, los 5 ¿por qué? y un diagrama de Ishikawa según criterios observados y con base en entrevistas a los expertos del proceso. También es importante el diagrama de Pareto, ya que refleja los datos relevantes sobre el proceso en estudio.

4.1. Análisis de datos, confección de exhibidores.

Se establecen las causas que se mencionaron anteriormente, las cuales se presentan en el proceso de estudio, además, se procede a hacer un análisis de datos suministrados, esto para entender más la problemática actual. La empresa Grugar mantiene en su registro datos históricos que fueron analizados para determinar las causas o incidencias que determinen la variabilidad en el proceso productivo de exhibidores metálicos, cabe señalar que los datos están organizados por orden de trabajo, esto manteniendo el año de ejecución. En el histórico se encuentran datos a partir del 2016 hasta el primer trimestre del 2018.

Estos datos fueron agrupados para determinar una frecuencia mediante cálculo matemático, cabe señalar que de esta manera es más fácil la representación de los mismos. Por otra parte, como los exhibidores presentan diferentes medidas, los datos se ordenaron tomando en cuenta la altura según criterio técnico de los involucrados, quienes indican que es el factor más relevante a la hora de la fabricación de los mismos, ya que cuanto más grandes sean los exhibidores, más

complejo es el proceso. Por otra parte, la frecuencia pretende agrupar los exhibidores en clases y así delimitar aún más.

A continuación, se presenta el cálculo de la frecuencia, para determinar los tipos de exhibidores, para lo cual se toma la altura mínima y la máxima de estos. Además, se toman en total 66 órdenes de trabajo para confección de exhibidores metálicos de los datos suministrados en los últimos tres años, los cuales son sujeto de análisis en el presente proyecto.

Para determinar los valores necesarios para averiguar el intervalo, cabe destacar que los tipos serán separados tomando la altura como la variable más importante.

Se hace referencia a la altura de los exhibidores como la variable más representativa para el cálculo y selección de los tipos de exhibidores, con el fin de delimitar el proyecto, en la tabla 6 se indican los datos para hacer el cálculo respectivo del intervalo:

Tabla 6. Cálculos de tipo de exhibidor

Altura mínima	10
Altura máxima	220
R	210
K	7
I	30
Li	10
Ls	40

Fuente: elaboración propia.

$N = 66$

Altura mínima de exhibidor en los datos = 10 cm

Altura máxima de exhibidor en los datos = 220 cm

$r = \text{Altura máxima} - \text{Altura mínima}$

Número de tipos (k) = constante $1+3.33 \log(n)$

Intervalo de separación (i) = " r " / " k "

Límite inferior (Li) = Altura mínima

Límite superior (Ls) = $Li+i$

Con los datos de la tabla 6 se procede a determinar los cálculos para establecer los rangos y separar los exhibidores en tipos según su altura.

Tabla 7. Cálculos para separar los tipos de exhibidores

Li	Ls
10,00	39,50
40,00	79,50
80,00	119,50
120,00	159,50
160,00	199,50
200,00	239,50
240,00	279,50

Fuente: elaboración propia

Según los datos de la tabla 7, se concluye que los tipos se separan de acuerdo con la altura de los diferentes estantes, teniendo un límite inferior y uno superior, se indican a continuación y se determina el orden respectivo:

Tipo A, todos los que tengan una altura de 10 cm a 39,5 cm.

Tipo B, todos los que tengan una altura de 40 cm a 79,5 cm.

Tipo C, todos los que tengan una altura de 80 cm a 119,5 cm.

Tipo D, todos los que tengan una altura de 120 cm a 159,5 cm.

Tipo E, todos los que tengan una altura de 160 cm a 199,5 cm.

Tipo F, todos los que tengan una altura de 200 cm a 239,5 cm.

Según los anteriores cálculos, se refleja cómo se deben agrupar los tipos de los exhibidores, esto para tener mejor comprensión del proyecto y que se agrupe una metodología de estudio.

4.1.1. Establecimiento de tipos de exhibidores metálicos según frecuencia de los datos de la altura para delimitar el rango de estudio.

Una vez determinada la frecuencia, se establece el orden de los exhibidores, estos son agrupados por tipo (A-B-C-D-E-F-G), del total de 66 órdenes de trabajo hechas durante los últimos tres años.

Se efectuó la agrupación de exhibidores, mediante la altura de estos, como fue mencionado anteriormente la altura es lo que representa más complejidad a la hora de la fabricación. Según los datos históricos y criterios de la gerencia, la variabilidad del proceso radica en que no existe un estándar de fabricación, los exhibidores varían según diseño y requerimientos del cliente, por tal motivo, se agrupan en tipos para determinar un tiempo estándar dentro del rango del tipo por estudiar y que en el futuro la empresa tenga una referencia para cotizar proyectos. Por otra parte, el estudio puede ser replicado e inclusive reducir cada vez más el rango de cada tipo, pudiendo la empresa controlar mejor el proceso en los demás tipos de exhibidores.

Con los datos agrupados por tipo, se procede a graficar los mismos para determinar cuáles fueron las demandas según el volumen de órdenes de trabajo ejecutadas durante los últimos tres años:

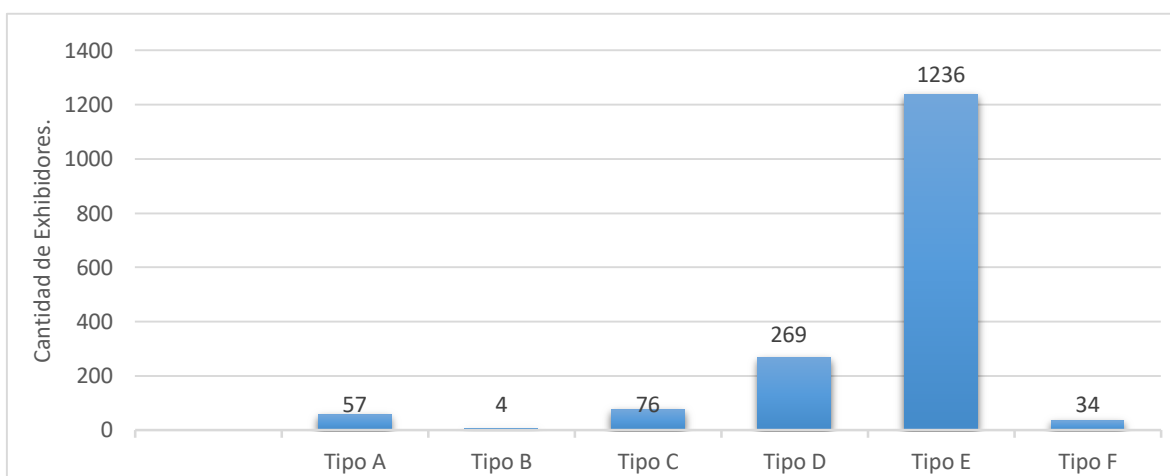


Gráfico 1. Demanda según tipo de estante metálico.

Fuente: elaboración propia.

Con los datos del gráfico 1, se evidencia que el tipo E es el exhibidor que presentó más demanda, el cual será objeto de estudio para el presente proyecto.

A continuación, se hace una proyección para determinar cómo fue el comportamiento de los últimos tres años en cuanto a las horas que cotizó la empresa y las horas que realmente duró la confección de los diferentes tipos de exhibidores metálicos.

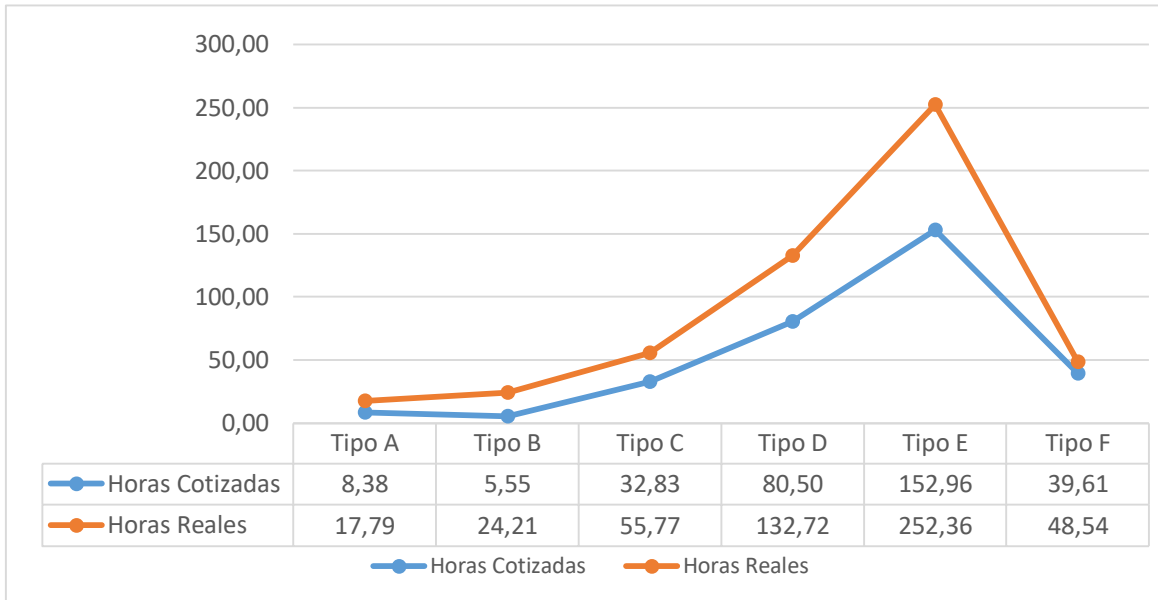


Gráfico 2. Horas cotizadas versus horas reales.

Fuente: elaboración propia.

El gráfico 2 evidencia que existe una gran diferencia en cuanto a las horas reales versus las que se consideraron en las cotizaciones, se puede concluir que las horas reales estuvieron por encima de las estimadas para cada tipo de exhibidor, esto se asume como una pérdida considerable para la empresa Grugar, motivo por el cual se debe estudiar el proceso para que la estimación del tiempo cotizado esté lo más cerca de la realidad; lo anterior para garantizar la disminución de las pérdidas presentadas, las cuales se calculan en 2640 horas, con un costo estimado en ¢24.181.106,40 en los últimos tres años.

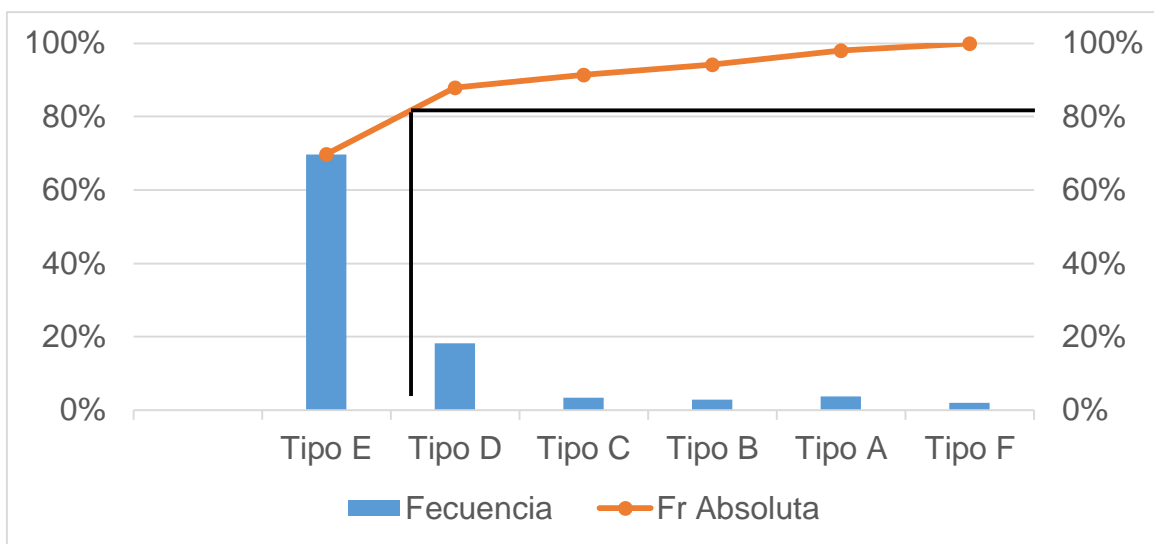


Gráfico 3. Pareto de las horas perdidas de los últimos tres años en la fabricación de exhibidores metálicos.

Fuente: elaboración propia.

Según los datos del diagrama de Pareto, se reafirma la incidencia que tuvo el exhibidor de tipo E, esto según el histórico de la empresa. Queda claro que este exhibidor ha representado la mayor cantidad de horas perdidas, con un total de 1841 horas, con un costo estimado en ₡16 870 260,30 por concepto de horas reales versus las estimadas en las cotizaciones, tomando en cuenta que estas últimas son el parámetro que utiliza la empresa para cotizar sus productos, de aquí la preocupación del caso, ya que claramente se reflejan las pérdidas, siendo el tipo E el que representa la mayor cantidad. Por tal motivo, el proyecto pretende dar mejoras al proceso productivo de exhibidores, de aquí la importancia de establecer tipos de exhibidores metálicos, debido a que es muy difícil abarcar todos los tipos de exhibidores por el tiempo limitado para la realización de este proyecto.

4.1.2. Operaciones que integran el proceso productivo de exhibidores metálicos que componen el tipo E

A continuación, se desglosan las operaciones que intervienen en el proceso de fabricación de exhibidores metálicos tipo E de 160 cm a 199,5 cm, cabe señalar que estos quedan documentados dentro de un diagrama analítico, los mismos con sus respectivas actividades.

1. Guillotina: consiste en el corte de láminas de acero en secciones según las medidas requeridas, la guillotina es el nombre que se le da a la máquina que efectúa el corte.
2. Topeadora: toma las secciones de lámina para cortar las esquinas mediante una máquina de corte con troquel.
3. Doblado lámina: este proceso toma las secciones de lámina y se efectúan los doblados correspondientes mediante una máquina ajustable para diferentes ángulos de medida.
4. Corte de tubo en baja: las secciones de tubo, perfil cuadrado o redondo para conformar el exhibidor son cortadas en una máquina con disco de corte circular.
5. Taladro de banco: se ejecutan perforaciones de elementos requeridos para la confección de exhibidores.
6. Guillotina manual: cumple el mismo principio de guillotinar o cortar, pero con una herramienta manual.
7. Ensamble: proceso que cumple la finalidad de integrar las secciones que darán forma al exhibidor.
8. Punto eléctrico: se integran secciones de varilla y lámina mediante un proceso de soldado, el cual es ejecutado con una máquina que utiliza la electricidad para fundir el metal y que este sea unido.
9. Soldadura Mig: proceso que utiliza alambre metálico y gas inerte para ejecutar una junta soldada mediante un inversor eléctrico.
10. Trazado: los agujeros y remoción de secciones son efectuados mediante medias y marcado de las mismas.
11. Corte con esmeril manual: según el proceso de trazado, se hace la remoción del material con herramienta manual que utiliza disco de corte circular.
12. Taladro manual: según el proceso de trazado, se hace la perforación de agujeros establecidos según diseño con herramienta manual.
13. Troquelado manual: se utiliza una herramienta manual para efectuar la remoción de secciones que por su complejidad requieren de tal herramienta.
14. Pulido con esmeril: se utiliza una herramienta manual para efectuar la remoción de sobrantes de material.

15. Pulido manual: se utiliza una herramienta manual para efectuar el afinado de la superficie.

4.1.2.1 Descripción del proceso de confección de exhibidores

Se realizó en la empresa Grugar un reconocimiento de las actividades que intervienen directamente en el proceso productivo de la compañía, esto para establecer un diagrama de proceso que represente el funcionar de la empresa como tal. Este reconocimiento fue acompañado por las partes involucradas, cabe señalar que la información recopilada fue validada por la gerencia para establecer que dicho diagrama mantiene una secuencia lógica según actividades de la empresa.

El proceso de fabricación de exhibidores metálicos se efectúa mediante una línea de ejecución manual, en la cual intervienen una serie de operaciones cuyas actividades son ejecutadas por colaboradores u operarios en diferentes especialidades como, por ejemplo, soldadura, corte, pulido, entre otras. Cabe señalar que existen otros procesos dentro de la empresa como lo son ebanistería, pintura y termoformado, que también están ligados a los exhibidores. Para el desarrollo de este proyecto se enfoca únicamente en los exhibidores metálicos, específicamente del área metalmecánica.

El proceso de fabricación inicia con la llegada de la orden de trabajo para el alistado de los materiales; una vez que se colocan en el área de producción, se empiezan a cortar las piezas, que después de pasar por diferentes procesos dan forma finalmente al producto terminado transformado en un exhibidor metálico, para posteriormente empacarlo y que sea enviado al cliente. Para entender mejor esta serie de operaciones que integran el proceso de fabricación de un exhibidor metálico, se elaborará un diagrama cuyo fin es visualizar y entender el flujo que conlleva.

Como se determinará en el siguiente diagrama, el proceso de confección de exhibidores comienza con la llegada del material, el cual se coloca cerca de la máquina guillotina, es donde inicia el proceso, se procede a alistarla y ajustarla. En esta actividad se revisa que la máquina esté en óptimas condiciones de funcionamiento, como, por ejemplo, que tenga fluido eléctrico, también se ajustan

las guías de corte de acuerdo con la medida indicada en el plano; luego se procede con los cortes de las láminas para la confección de los exhibidores metálicos y se hace una verificación de las medidas; se efectúa cortada la primera lámina para garantizar que los demás cortes estén dentro de la medida.

Una vez efectuados todos los cortes, las láminas se transportan al cubículo de trabajo para ser pasadas a la máquina topeadora, donde se marcan según la sección que se debe troquelar; una vez más, se revisa que la máquina esté en óptimas condiciones de funcionamiento para proceder a troquelar el área indicada; luego se hace una verificación de las medidas, se efectúa troquelada la primera lámina para garantizar que los demás troquelados estén dentro de la medida.

Una vez efectuados todos los troquelados de las láminas, se pasan al proceso de doblado donde, de igual manera, se revisa que la máquina esté en óptimas condiciones de funcionamiento; luego se procede con los doblados según las medidas respectivas del plano; posteriormente, se hace una verificación de las medidas y ángulos para rectificar errores, se efectúa doblada la primera lámina para garantizar que los demás dobleces estén dentro de la medida.

Para el proceso de corte en baja, se transportan los tubos perfil cuadrado o redondo a la máquina, la cual se revisa que esté en óptimas condiciones, se ajusta la guía y se ejecuta el corte de los tubos para esperar al siguiente proceso.

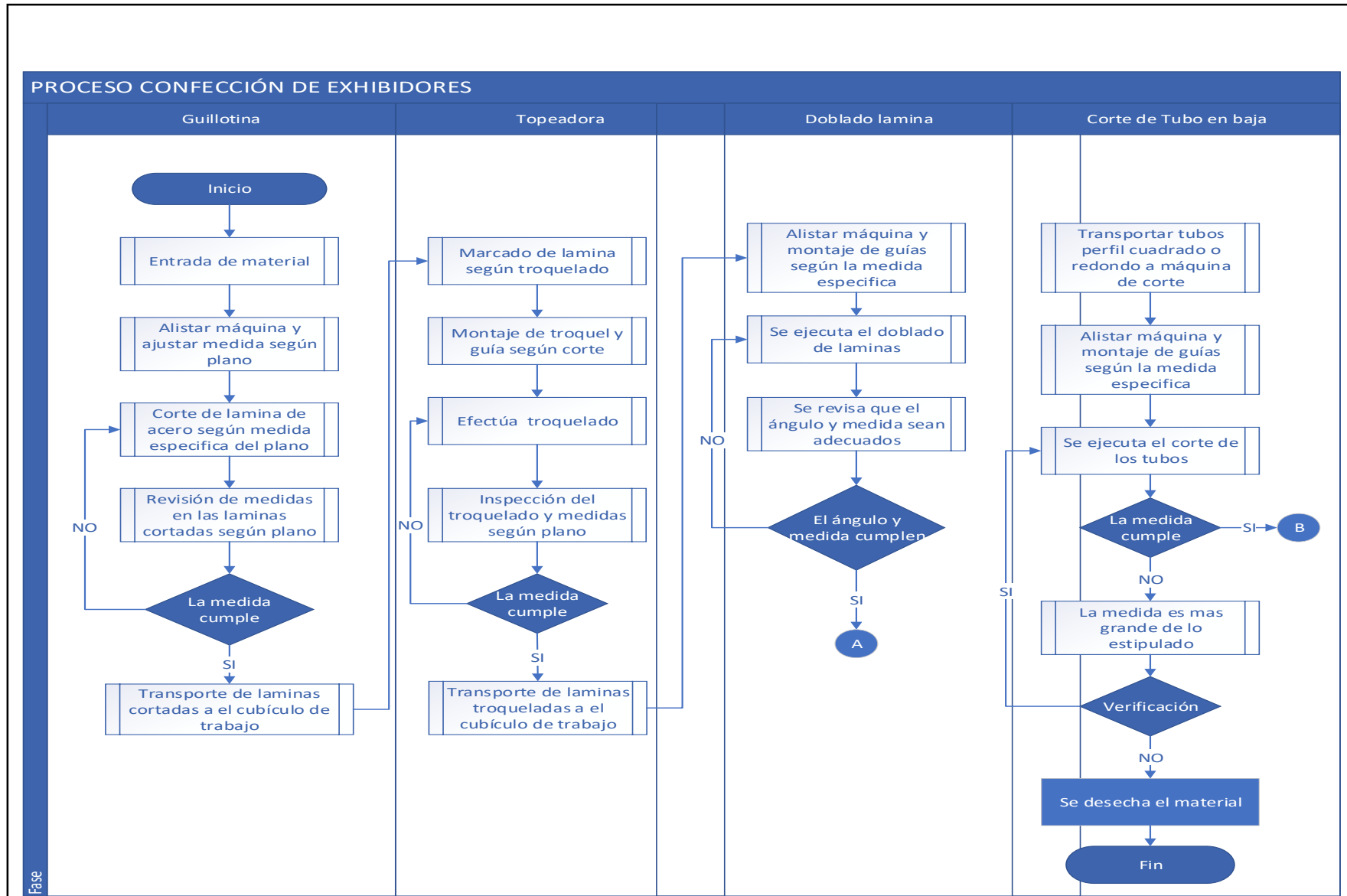


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#1)

Fuente: elaboración propia, 2019.

Representado en el diagrama de la figura 14, continúa con el proceso de taladro de banco, donde lo primero que se hace es revisar que la máquina esté en óptimas condiciones de funcionamiento, por ejemplo, se hace el ajuste de la velocidad de corte según el diámetro de la perforación, se alinean las piezas para proceder con las perforaciones; estas se fijan en la prensa del taladro y posteriormente se inicia con la ejecución; cuando están listas, se revisan según la medida solicitada, verificando el diámetro de la perforación para garantizar la medida del plano. Si se presenta que el diámetro es más pequeño, se procede a rectificar con una perforación más grande y así cumplir con lo establecido en el plano.

Una vez terminada esta operación, se continúa con la guillotina manual, para lo cual, de la misma manera, lo primero es revisar que la máquina se encuentre en óptimas condiciones, para cortar las piezas en las medidas que estipula el plano; se revisan cuando se ejecuta el corte y se verifican las dimensiones para garantizar que estén de acuerdo con el plano; si alguna estuviera mal cortada y se puede rectificar, se procede a reparar, caso contrario, se desecha la pieza para elaborar una nueva.

En la operación de ensamble, se debe confeccionar un molde o plantilla para unir todas las piezas, con el fin de que todos los exhibidores tengan las mismas dimensiones; se procede mediante soldadura con el ensamble o unión de todas las piezas, este es sometido a una verificación para asegurar que todas las medidas y líneas del elemento sean correctas y estén debidamente ensambladas.

Posteriormente, se procede con la operación de punto eléctrico, donde se alista la máquina y se seleccionan las puntas indicadas según el diámetro para el proceso de soldadura; según el diámetro del alambre por utilizar en la parrilla, se ajusta el amperaje, el cual depende de las especificaciones de la máquina. Una vez terminado eso, se procede con la soldadura de las piezas, se revisa el área y se inspeccionan las piezas para evitar que se desprendan durante el proceso.

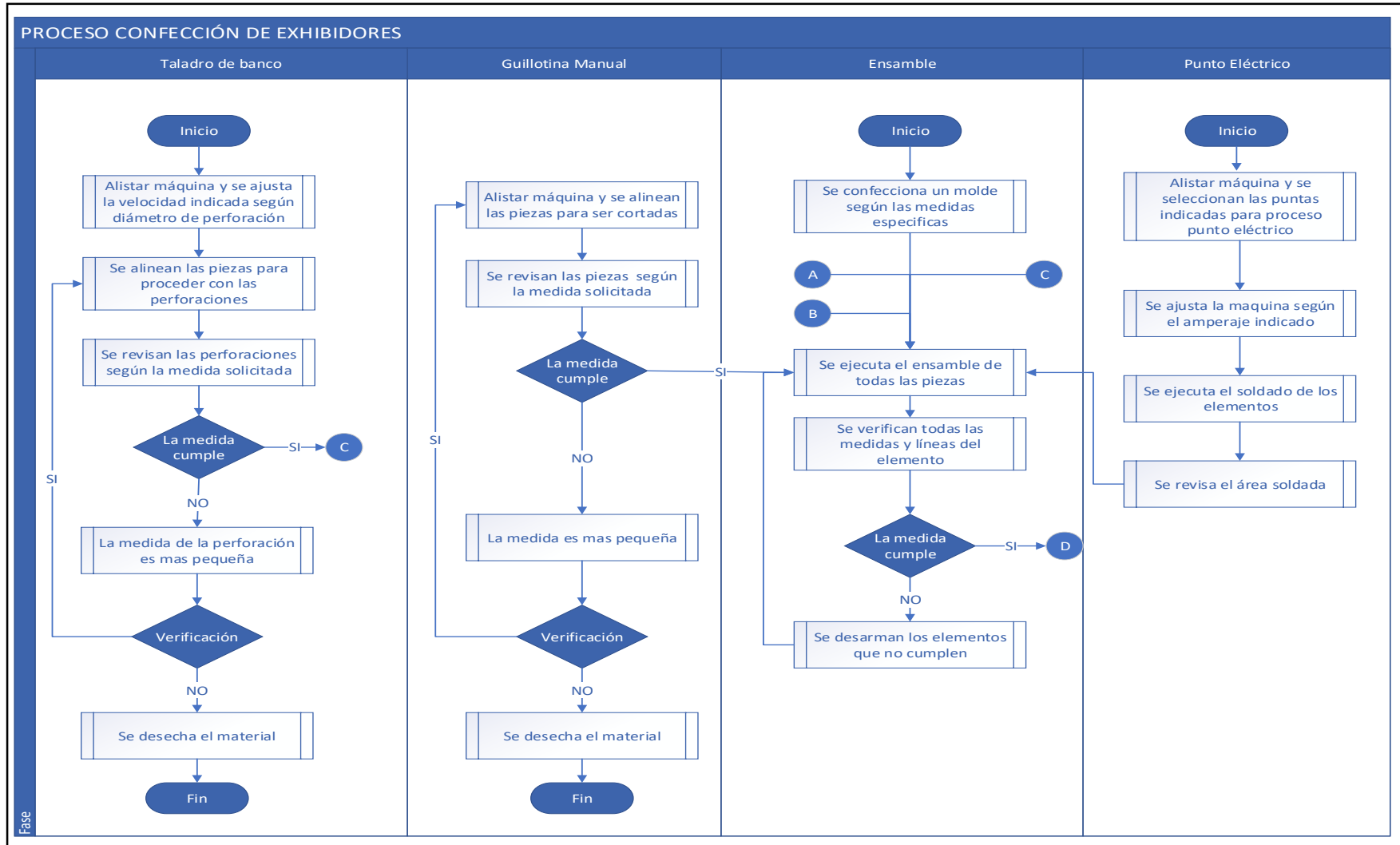


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#2)

Fuente: elaboración propia, 2019.

El diagrama que se muestra en la figura 15 presenta el proceso de soldadura Mig, este inicia alistando y ajustando la máquina según el amperaje por utilizar; el mismo varía dependiendo del espesor del material por soldar, así es como se elige tanto el amperaje como el calibre del electrodo; una vez realizados estos ajustes, se procede a soldar el exhibidor previamente ensamblado. Una vez efectuado el proceso de soldadura, se verifican las partes soldadas para determinar que no hay fisuras o partes defectuosas donde se corre el riesgo que se vayan a desprender.

Concluida la verificación, se procede con el trazado, en el cual se efectúan las medidas de las zonas que serán cortadas o perforadas, se marcan con marcador de alcohol o con rayador de superficies; además, una vez efectuado el trazado, se utiliza un centro punto, esta herramienta marca la superficie evitando que el trazado se borre, con el fin de garantizar las áreas por remover o perforar.

En el proceso de corte con esmeril manual, se procede a efectuar los cortes con herramienta eléctrica, que utiliza un disco de corte circular para remover las áreas previamente marcadas en el proceso de trazado. En el proceso de taladro manual, se efectúan los agujeros o perforaciones según la medida indicada en el proceso de trazado, cuando están listas, se revisan las perforaciones según la medida solicitada, verificando el diámetro de la perforación para garantizar la medida del plano. Si se presenta que el diámetro es más pequeño, se procede a rectificar con una perforación más grande y así cumplir con la medida establecida, si la perforación es más grande, se rellena con soldadura para volver a perforar.

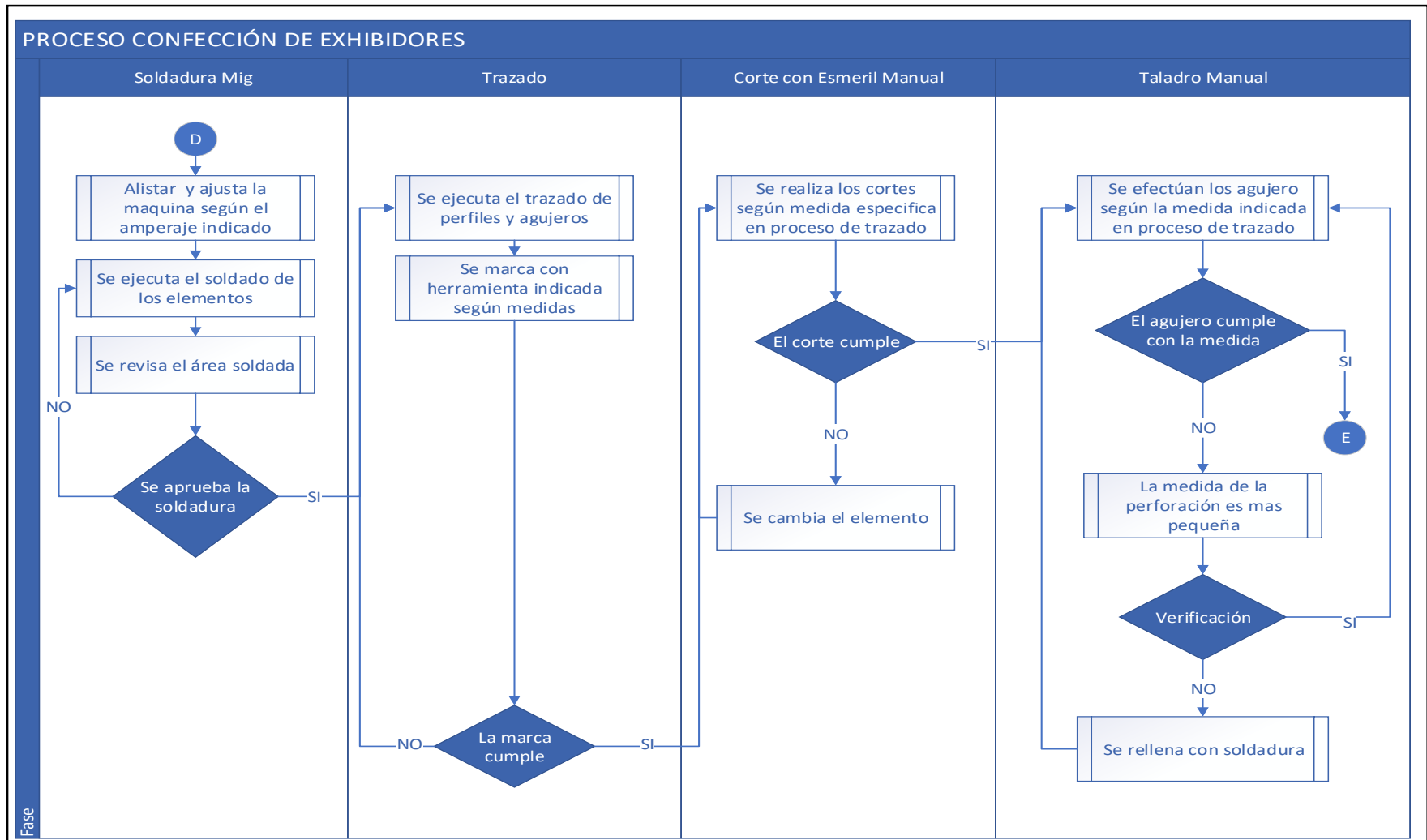


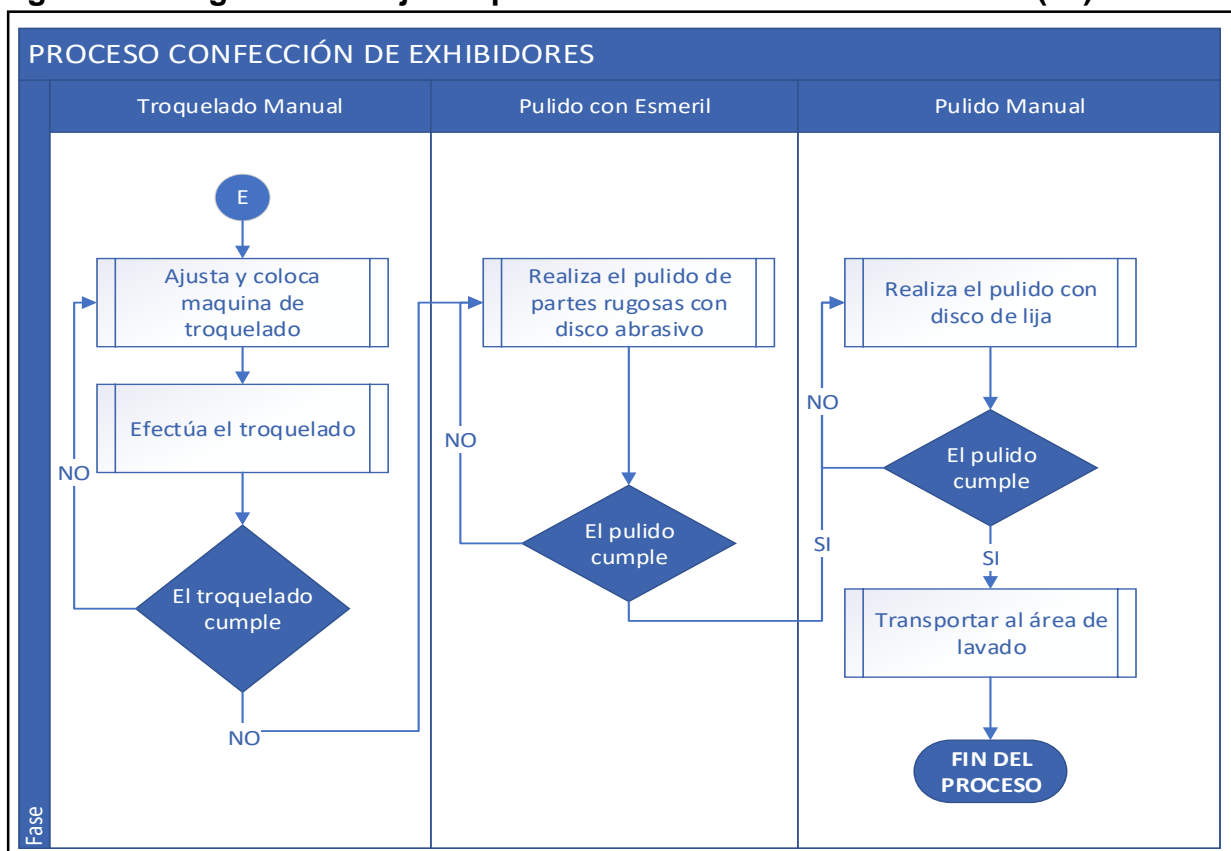
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#3)

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se representa en el diagrama de la figura 16, la operación de troquelado manual inicia eligiendo el troquel indicado dependiendo del diámetro de la perforación indicada en el plano; luego de esta selección, se procede con las perforaciones previamente marcadas en la operación de trazado.

Luego se realiza la operación de pulido con esmeril, el cual se hace con herramienta eléctrica y con un disco de pulido circular de material abrasivo para remover o pulir las zonas rugosas, sobrantes de material, esquinas con filos cortantes, excesos de soldadura y demás salpicaduras que no permitan una superficie lisa. Una vez que esté lista la superficie, se realiza pulido manual, el cual utiliza la misma herramienta, pero con un disco de lija para dar un acabado fino a toda la superficie del exhibidor; en ciertas partes se dificulta el pulido con herramienta, esto porque no se puede acceder al área con esta, el pulido lo hace el operario manualmente con lija.

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso confección de exhibidores (#4)



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Análisis problema: herramienta de los 5 ¿por qué?

Para la determinación de las causas probables que están afectando el proceso de fabricación de los exhibidores metálicos, se efectuó una reunión previa con tres de los gerentes de la empresa y los dos encargados de producción, en la cual se realizó una entrevista para determinar qué causas pueden estar afectando los niveles bajos de productividad en dicho proceso y así atacar la causa primaria de la problemática en estudio.

Para efectos del proyecto en la empresa Grugar, se definieron las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué la gerencia no tiene definida la capacidad del proceso de exhibidores metálicos?

Porque no se cuenta dentro del proceso productivo una secuencia estructurada que determine la estandarización de las actividades, la cual es necesaria para determinar la variabilidad del proceso y controlar los tiempos del ciclo constructivo en la confección de exhibidores, esto para cumplir con las metas establecidas.

2. ¿Por qué la empresa no cuenta con una estructura estandarizada para medir y controlar la capacidad en su proceso?

Porque el proceso presenta gran variabilidad en cuanto a forma del producto, lo cual no respalda una secuencia lógica que ayude al estudio y control del proceso.

3. ¿Por qué la empresa no cuenta con un estudio y control del proceso?

Porque los datos históricos presentan gran cantidad de distorsión en cuanto a nombre del producto, lo cual dificulta la trazabilidad y que se pueda mantener un proceso debidamente documentado.

4. ¿Por qué no existe una documentación pertinente del proceso de exhibidores metálicos?

Porque la empresa no dispone de personal capacitado con los conocimientos necesarios para realizar un estudio del proceso productivo, esto es sumamente

necesario para establecer un seguimiento, actualización y trazabilidad de la documentación necesaria para determinar la toma de decisiones.

5. ¿Por qué la empresa no cuenta con personal capacitado para realizar planificación de una gestión de calidad y control de desempeño en sus procesos?

Porque al ser una empresa pequeña no han podido invertir en dicho proceso contratando personal especializado en dicha área, para lo cual solo se han dedicado a cumplir con la entrega de los pedidos y no ha tenido noción del impacto que genera el problema de no contar con un proceso que garantice la ejecución correcta de la capacidad productiva, para generar un buen desempeño en el Departamento de Producción.

Con base en las anteriores preguntas, se llegó a una conclusión, que la causa principal del problema radica en que no se cuenta con un control de la capacidad del proceso productivo para la confección de exhibidores metálicos, lo cual dificulta tomar decisiones asertivas, afectando la proyección de cotizaciones, cobros y programación de producción. Lo que provoca incertidumbre a la hora de la ejecución del proyecto.

Se visualiza que implementando un estudio de tiempos se puede tener un mejor panorama de la capacidad del Departamento de Producción, estandarizando los procesos y que esto permita llevar indicadores en sus procesos productivos

Por lo tanto, se procedió a efectuar un listado de actividades que interfieren en el proceso y que no están aportando un valor agregado al mismo, dicho listado se procedió a consultar con el supervisor de producción y Gerencia, tomando mediante un criterio experto de los mismos, una ponderación a cada una de las actividades consultadas, con el fin de evaluar cuál de ellas representa más impacto, para construir un diagrama de causa y efecto, mediante la descripción de causas que intervienen como puntos de mejora dentro del proyecto.

4.1.4. Análisis Causa - Efecto.

Se procedió a efectuar un análisis de causas para abarcar los factores que afectan el no contar con datos de capacidad de fabricación de los exhibidores metálicos tipo E de 160 cm a 199,5 cm, para la cotización de exhibidores metálicos al cliente.

Para tal efecto, según las observaciones y entrevistas realizadas en la empresa Grugar, a tres de los gerentes de la empresa y los dos encargados de producción, se elaboró un diagrama Ishikawa para determinar las causas probables que origina el problema.

Las observaciones se centran únicamente en las seis variables de estudio que presenta esta herramienta, las cuales son:

- Mano de obra
- Métodos actuales
- Medición
- Materiales
- Medio ambiente
- Maquinaria

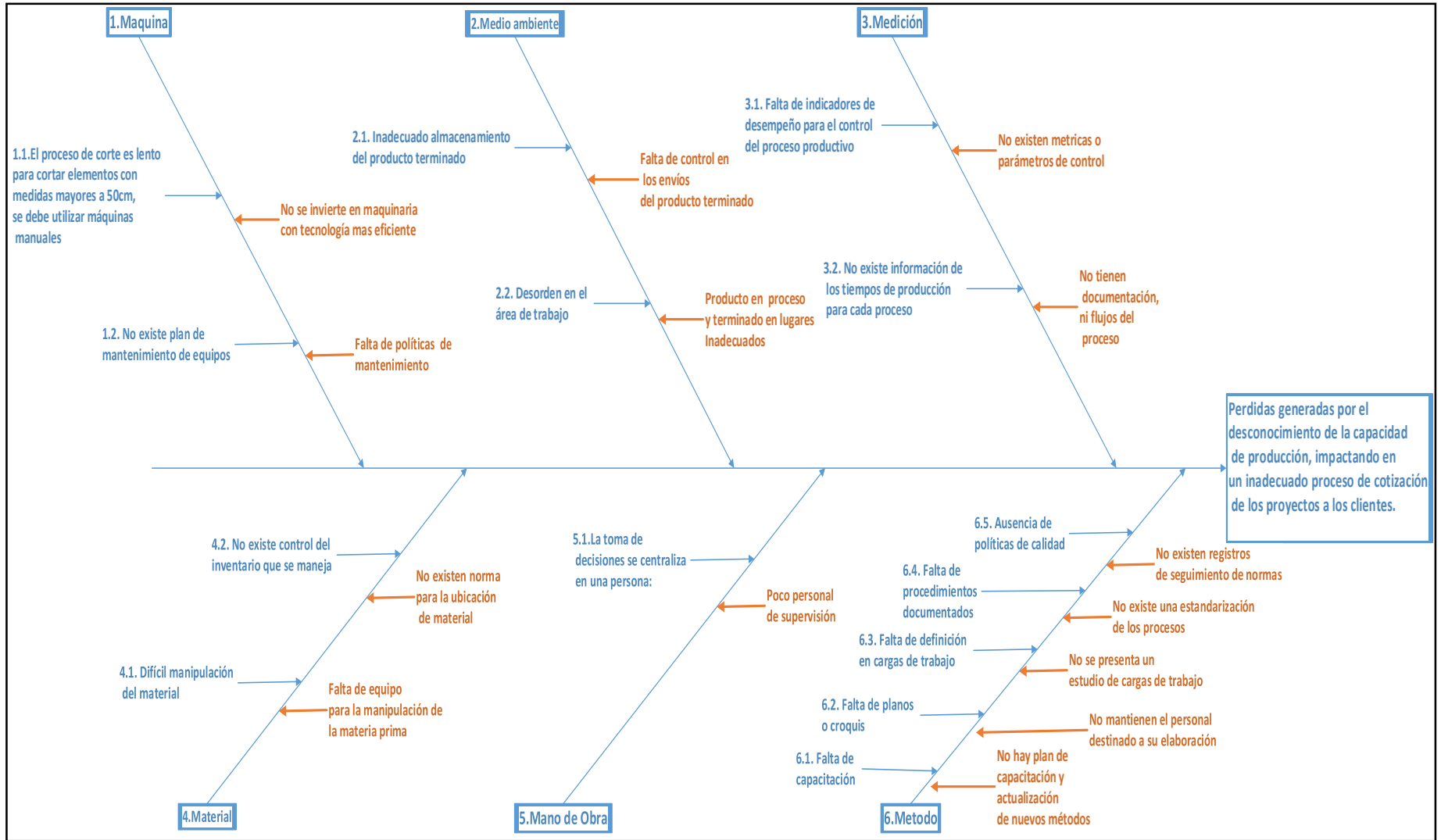


Figura 14. Diagrama Ishikawa proceso confección de exhibidores

Fuente: elaboración propia, 2019.

4.1.4.1 Clasificación de las causas del diagrama Ishikawa.

Mediante el diagrama Ishikawa, se analizan las causas más relevantes que están influyendo en el proceso productivo de la empresa, para lo cual se procede a explicar las causas identificadas:

Maquinaria

El proceso de corte es lento, para cortar elementos con medidas mayores a 50 cm, se deben utilizar máquinas manuales: el personal procede a efectuar el corte y doblado de láminas para bandejas metálicas con un método lento para una dimensión mayor a los 50 centímetros, debido a que, aunque la empresa cuenta con una cortadora moderna, esta tiene limitaciones de corte lineal, ya que solo tiene capacidad para cortar piezas de una dimensión menor o igual a 50 centímetros. Para lo cual se debe utilizar una cortadora menos moderna, la misma se debe ajustar mediante una guía colocada manualmente, esto demora el proceso. La diferencia de utilizar la máquina moderna con la manual es de un minuto por corte, posterior al corte se presenta otra demora en la máquina de doblado, presentando serios ajustes a la hora de efectuar el proceso, debido a que se debe rectificar los dobles, ya que presentan variaciones de ángulo a través del elemento doblado.

No se cuenta con un plan de mantenimiento de los equipos: la empresa, al tener poco tiempo de fundada, no cuenta con un plan de mantenimiento, esto para solucionar problemas que pudiesen presentar los equipos utilizados. Se han presentado daños que atrasan parte del proceso, estos se corrigieron según lo indica el encargado, para lo cual no se lleva control para determinar la frecuencia de los fallos, por lo anterior se evidencia la carencia del mantenimiento preventivo y predictivo.

Material

Difícil manipulación del material: el material utilizado en la confección de exhibidores es metálico, por lo cual este representa una difícil manipulación por su peso y tamaño, actualmente hay procesos como guillotina y doblado, donde se necesitan dos trabajadores cuando se tiene que manipular las láminas metálicas, esto disminuye la utilización del recurso humano, pudiendo realizarse en mesas hidráulicas para que lo pueda llevar a cabo solo un trabajador.

No existe control del inventario que se maneja: el Departamento de Producción mantiene un *stock* de artículos empleados en el proceso de confección de exhibidores y demás productos que confecciona la empresa, los cuales forman parte del inventario de producto terminado, esto evidencia falta de controles que determinen la existencia en unidades, gramos o partes de diferentes productos que son almacenados en una bodega.

Medio ambiente

Inadecuado almacenamiento del producto terminado: el Departamento de Producción cuenta con una pequeña área para almacenar el producto terminado, cabe señalar que, según el criterio del encargado de producción, el producto terminado es enviado rápidamente al cliente, porque es poco lo que se mantiene almacenado por la rotación, sin embargo, cuando el producto sobrepasa la capacidad del área de almacenaje, este es ubicado en áreas circundantes, lo cual limita el espacio para operación del personal en la confección de otros productos.

Desorden en el área de trabajo: se evidencia una falta de orden en cuanto al producto en proceso, dichos productos están ubicados en áreas inadecuadas, las cuales no están identificadas como áreas de almacenaje, por lo cual colocan los materiales en cualquier sitio dentro del área de producción. Por otra parte, existen sobrantes y residuos ubicados en las diferentes estaciones de trabajo.

Mano de obra

La toma de decisiones se centraliza en una persona: en esta parte tan importante para el buen funcionamiento del Departamento de Producción, se evidencia una centralizada toma de decisiones, lo que limita el proceso a esperar que el encargado tome las decisiones, siendo el encargado de producción el único con la autoridad para supervisar los procesos productivos. Por otra parte, este también toma las decisiones referentes a la calidad de los productos, debido a la inexistencia de un área que se encargue del control de la calidad, por lo cual se hace indispensable su decisión cuando existe algún imprevisto. No se evidencia algún otro funcionario dentro de producción con la autoridad de definir una decisión para el debido funcionamiento del proceso.

Medición

Falta de indicadores de desempeño para el control del proceso productivo: existe una carencia de controles, los cuales facilitan el debido funcionamiento de la empresa, al no existir estos, los departamentos divagan en cuanto a sus capacidades.

No existe información de los tiempos de producción para cada proceso: en todos los procesos se carece de información que determine la duración del procesamiento durante cada una de las operaciones para la fabricación de los exhibidores metálicos. No existe registro del tiempo tardado para alistar las máquinas ni de las actividades que influyen en el proceso de confección de exhibidores, esto influye negativamente en las cotizaciones efectuadas por la empresa, al no tener conocimiento de la capacidad de producción, las cotizaciones se efectúan sin ninguna métrica o proceso de cálculo que brinde un dato alineado con la capacidad real del área de metalmecánica; esto es de suma importancia para establecer compromisos adecuados con los clientes.

Método

Falta de capacitación: la empresa carece de programas para efectuar capacitaciones a sus colaboradores, siendo este un problema, debido a que se presentan reprocesos, debido a que los colaboradores efectúan cortes deficientes o con medidas no especificadas, así como de soldaduras de baja calidad o en puntos no especificados, los cuales tienen que corregirse.

Por otra parte, se encuentra un total desconocimiento en cuanto a control de la gestión de calidad, siendo el encargado de producción el que da el visto bueno de los productos, teniendo un criterio de mucha experiencia en cuanto a la confección de exhibidores se refiere, el cual mantiene un conocimiento mayor sobre sus colaboradores, no así sobre los criterios de calidad como tales.

Falta de planos o croquis: se evidencia la ausencia de planos o croquis para los operarios, con el desglose de medidas por piezas por fabricar, lo cual brinda una mejor ejecución de las labores asegurando el proceso, evitando reprocesos y optimizando el tiempo laboral del personal. Al tener un plano donde aparezcan las medidas de las piezas por fabricar, el operario no utilizará tiempo para hacer él sus propios cálculos, tomando en

cuenta que con las medidas previamente establecidas no se corre el riesgo del error del operario bajo presión.

Falta de definición en cargas de trabajo: no se cuenta con un estudio que verifique la debida carga de trabajo que deberían tener los colaboradores que participan en los diferentes procesos de la empresa, para lo cual no está determinado cuánto es capaz de rendir un operario según sus funciones asignadas en la empresa.

Falta de procedimientos documentados: dentro de la empresa no se encuentran procesos estandarizados que orienten al personal según el ordenamiento de este para el desempeño de sus funciones. En los departamentos no existe información que identifique los pasos por seguir en la fabricación o para el seguimiento de un producto. Es sumamente importante que el personal cuente con un ordenamiento de sus actividades para el desarrollo de sus funciones; claramente es necesario para el debido seguimiento y medición, la implementación de procesos, a falta de un responsable que defina los pasos por seguir para la fabricación de los exhibidores.

Ausencia de una política de calidad: contar con una política de calidad impacta en que el área de producción desempeñe mejor sus funciones velando porque los procesos se encuentren alineados, esto brinda más confianza de que los productos cumplan con los requerimientos necesarios y establecidos; actualmente el criterio de calidad está sujeto al encargado de producción.

4.1.5. Análisis modo, efecto y falla (AMEF)

Para determinar la incidencia, costo e impacto que tienen las causas encontradas en el diagrama causa y efecto, estas se valoraron de la siguiente manera mostrada en la tabla 8:

Tabla 8. Valoración modo efecto y falla (AMEF)

Severidad	Catastrófica	5
	Crítica	4
	Moderada	3
	Insignificante	2
Nivel de Riesgo		
	Extremadamente Alto	
	Alto	
	Medio	
	Bajo	

Fuente: elaboración propia, 2019.

Una vez determinada la severidad y el nivel de riesgo, se puede deducir cuáles actividades afectan de manera significativa en el problema del departamento de metalmecánica, a continuación, en la tabla 9, se efectúa la valoración de las causas:

Tabla 9. Matriz de riesgo de AMEF

CAUSAS	Matriz de riesgo de AMEF			Probabilidad según incidencia, costo e impacto			% FRECUENCIA
	INCIDENCIA	COSTO	IMPACTO				
No existe información de los tiempos de producción para cada proceso	5	4	5	0,13	0,11	0,12	12%
Falta de indicadores de desempeño para el control del proceso productivo	5	2	5	0,13	0,06	0,12	10%
Falta de planos o croquis	4	2	5	0,10	0,06	0,12	9%
El proceso de corte es lento, para cortar elementos con medidas mayores a 50cm, se debe utilizar máquinas manuales	2	5	2	0,05	0,14	0,05	8%
No se cuenta con un plan de mantenimiento de los equipos	2	4	3	0,05	0,11	0,07	8%
Desorden en el área de trabajo	3	2	3	0,08	0,06	0,07	7%
La toma de decisiones se centralizada en una persona	3	2	3	0,08	0,06	0,07	7%
Falta de capacitación	3	2	3	0,08	0,06	0,07	7%
Falta de procedimientos documentados	3	2	2	0,08	0,06	0,05	6%
Falta de definición en cargas de trabajo	2	2	3	0,05	0,06	0,07	6%
No existe control del inventario que se maneja	2	2	2	0,05	0,06	0,05	5%
Difícil manipulación del material	2	2	2	0,05	0,06	0,05	5%
Inadecuado almacenamiento del producto terminado	2	2	2	0,05	0,06	0,05	5%
Ausencia de una política de calidad	2	2	2	0,05	0,06	0,05	5%
TOTAL	40	35	42				TOTAL 100%

Fuente: elaboración propia, 2019.

La tabla 9 refleja cuáles causas son las más relevantes para efectuar las mejoras necesarias y que estas ayuden al proceso de confección de exhibidores en el área de metalmecánica de la empresa Grugar.

4.2. Pérdidas incurridas en la confección de exhibidores tipo E

A continuación, se estiman las pérdidas de los últimos tres años de la confección del exhibidor tipo E, el cual es el objeto de estudio.

Tabla 10. Tiempos de proceso de confección de exhibidores

Descripción	Cantidad	Horas Cotizadas	Horas Reales	Diferencia	Porcentaje
Exhibidor Tipo E	1236	4435,75	7318,58	-1841,83	25,16%
Perdidas				€16 870 260,30	

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se representa en la tabla 10, la empresa asumió pérdidas de €16 870 260, lo cual representa el 25,16% de las pérdidas en los últimos tres años solo con el exhibidor tipo E, lo cual indica que es de suma importancia hacer las correcciones necesarias para mitigar las pérdidas en un corto plazo.

4.2.1. Conclusiones

Según el Análisis modo, efecto y falla (AMEF), las causas más relevantes para efectuar las mejoras son:

- No existe información de los tiempos de producción para cada proceso.
- Falta de indicadores de desempeño para el control del proceso productivo.

Se concluye que se debe hacer un estudio de tiempos para determinar la capacidad del área de metalmecánica y que este sirva de insumo para elaborar la simulación del proceso en el *software* Arena; también elaborar un indicador de desempeño para controlar el proceso productivo del exhibidor tipo E.

Es sumamente importante implementar un modelo de capacidad en el Departamento de Producción, debido a las pérdidas que tiene la empresa por concepto de horas perdidas en la confección de exhibidores metálicos, estas por un mal cálculo a la hora de hacer las cotizaciones. El modelo viene a respaldar esta parte brindando una predicción de las horas con mayor exactitud y que la empresa no siga incurriendo en estas pérdidas, además, debe ser validado para que el mismo cumpla con el objetivo propuesto.

Por otra parte, las otras causas deben ser corregidas según la valoración que se le dio a las mismas, cabe señalar que estas no se desarrollarán en el presente proyecto, pero se recomendará la solución y estudio de las mismas.

CAPÍTULO V
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo se plantea como propuesta el diseño de un modelo para determinar la capacidad de producción que sirva de insumo para el proceso de cotización de la fabricación de exhibidores metálicos, con el fin de que no se incurra en pérdidas por la diferencia entre las horas cotizadas versus las horas reales ejecutadas al finalizar los proyectos solicitados por el cliente.

Como se determinó en el capítulo anterior, se deben hacer las mejoras necesarias para establecer las buenas prácticas en la confección de exhibidores, para lo cual se indican las principales oportunidades de mejora y su respectiva propuesta a continuación.

5.1. Oportunidades de mejora versus propuestas

Oportunidad de mejora #1: no existe información de los tiempos de producción para cada proceso.

Propuesta: efectuar un estudio de tiempos, el cual incluirá los tiempos durados para alistar las máquinas. Esta propuesta es fundamental para determinar la duración de cada una de las operaciones en la confección de los exhibidores metálicos, con el fin de establecer la capacidad de producción teórica y real del área de metalmecánica y compromisos adecuados con los clientes.

Oportunidad de mejora #2: no existe información de los tiempos de producción para cada proceso (Las cotizaciones se efectúan sin ninguna métrica o proceso de cálculo que brinde un dato alineado con la capacidad real del área de metalmecánica).

Propuesta: para determinar las horas proyectadas para cotizar un proyecto, se propone el diseño del proceso de fabricación de exhibidores tipo E en el *software* Arena, el cual permite demostrar, predecir y medir el comportamiento del modelo, además, que se disponga de datos más exactos que permitan determinar si un proyecto es rentable o no para el negocio con decisiones acertadas.

Oportunidad de mejora #3: falta de indicadores de desempeño para el control del proceso productivo.

Propuesta: elaborar un indicador en Excel, para controlar el proceso productivo del área de metalmecánica, este indicador llevará el registro de las metas propuestas en el área de metalmecánica, para así controlar las horas del proceso de confección de exhibidores.

Tabla 11. Resumen de causas versus propuestas

CAUSAS	PROPUESTA
No existe información de los tiempos de producción para cada proceso.	1- Efectuar un estudio de tiempos para determinar la capacidad de producción teórica y real.
	2- Diseño del proceso de fabricación de exhibidores tipo E en el <i>software</i> Arena.
Falta de indicadores de desempeño para el control del proceso productivo.	1- Elaborar un indicador de desempeño en Excel.

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.1.1. Diseño de las propuestas

Una vez efectuado el diagnóstico de la situación actual del proceso de fabricación de exhibidores metálicos de la empresa Grugar, se plantea una propuesta de mejora que dé solución a las causas que implican la pérdida de horas por una inadecuada proyección de los recursos cotizados al cliente.

Como se ha venido mencionando en el proyecto, el área de metalmecánica no tiene definido un modelo de capacidad del proceso de fabricación que retroalimente con información confiable para cotizar, esta acción es ejecutada mediante conocimiento del gerente de Producción. En la situación actual no se encontró ni se referencia a tiempos estándar de cada una de las operaciones que intervienen en la fabricación de estantes metálicos tipo E.

Actualmente, se desconoce cómo hacer una toma de tiempos, un mapa de proceso y demás acciones ingenieriles para elaborar el modelo necesario, cabe señalar que Grugar no cuenta con un Departamento de ingeniería para solventar el problema. Este proyecto propone el modelo indicado para solventar la necesidad, aparte de brindar una solución integral, servirá para replicar en la fabricación de otros exhibidores metálicos de otros rangos de medidas.

A continuación, se detalla cada uno de los puntos que intervienen en el modelo, este proyecto se trabajará con el simulador Arena.

5.1.2. Análisis de actividades y recolección de muestras

Una vez delimitado el proyecto, se procede a la identificación de actividades según procesos y recolección de muestras, cabe señalar que la empresa para el desarrollo del proyecto adquiere un contrato de fabricación de exhibidores, los cuales por sus dimensiones se encuentran dentro del rango E.

Mediante la observación del flujo normal, se validan los procesos que intervienen en la confección de exhibidores metálicos, es importante aclarar que, aunque el gerente de producción y el encargado de metalmecánica saben los procesos existentes dentro de su flujo, estos no se encuentran debidamente documentados dentro de un manual de procesos, para lo cual se da una secuencia a los mismos según el recorrido del material utilizado en la confección del exhibidor.

5.1.2.1. Recolección y tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se consideraron primeramente las actividades que intervienen en el proceso, es de suma importancia comprender el funcionamiento del flujo. Como se determinó anteriormente, según las observaciones se tomará el total del ciclo de trabajo, aclarando que solo se estudiará la parte de metalmecánica, por otra parte, no se cuenta con estandarización de procesos; para las estimaciones se utiliza el método estadístico en el siguiente orden:

1. Se tomó un tamaño inicial de cinco observaciones (n).
2. Se calculó el promedio y la desviación estándar.
3. Se definió el nivel de confianza y la precisión en la investigación.
4. Se calcula el tamaño de muestra N.
5. Se establece el número de muestras por realizar.

En el presente proyecto, según el método estadístico descrito anteriormente, se procede con la definición del tamaño de la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{Z * S}{h * X} \right)^2$$

h = Nivel de exactitud deseado en porcentaje del elemento del trabajo.

Z = Número de desviaciones estándar requeridas por el nivel de confiabilidad.

S = Desviación estándar de la muestra inicial.

\bar{x} = Media de la muestra inicial.

Nivel de confianza del 95%. (95% = 1,96 Tabla de Distribución normal para valores de Z).

Margen de error del $\pm 5\%$

Determinados los parámetros para la ejecución del tamaño de la muestra y como se describió anteriormente, se toman cinco muestras preliminares para el respectivo cálculo según la fórmula descrita para la investigación. Cabe señalar que el nivel de confianza utilizado es de un 95%, con un 5% de error muestral, se incluyen los datos necesarios para obtener el resultado de la fórmula.

$$n = \left(\frac{1,96 * 3,5076103}{0,05 * 25,636} \right)^2 = 29$$

Tabla 12. Cálculos del ciclo en estudio

Desv	3,5076103
Promedio	25,636
Muestras (n)	29

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Como lo muestra la tabla 12, mediante el método estadístico se determina que la cantidad de muestras por realizar para la presente investigación es de 29, para lo cual se procederá con la ejecución del muestreo de los datos faltantes, con el fin de completar el total requerido para dicha investigación.

5.1.2.2. Factor de valoración de los operarios

Para la valoración de los operarios se consideran aspectos de suma importancia como lo son: habilidad, destreza, ritmo de trabajo en ejecución y el grado de concentración para resolver situaciones presentadas durante el transcurso de la jornada laboral.

Como se mencionó anteriormente, el Departamento de Producción, específicamente para los procesos de metalmeccánica, constituye el objeto de estudio de la investigación, el departamento cuenta con personal especializado en las labores propias por proceso; la

evaluación se ejecuta con el conocimiento del gerente de producción y el encargado de metalmecánica, estas se toman bajo criterios según la tabla 13:

Tabla 13. Factor de valoración

Escala	Valoración
0	Actividad nula
50	Muy lento
75	Constante
100	Ritmo tipo
125	Muy rápido
150	Excepcionalmente rápido

Fuente: elaboración propia, 2019.

Tomando en cuenta la escala de valoración y según la medición muestral efectuada, acompañado del criterio de las jefaturas antes descritas, se valora el personal con un tiempo de ritmo tipo. Por otra parte, según el criterio del encargado de producción, el personal se encuentra especializado, por así decirlo, en actividades específicas dentro del funcionamiento del Departamento de Producción, esto según el criterio experto, agiliza la actividad, ya que mantienen personal que se desarrolla en la mayoría del tiempo dentro del mismo proceso, porque las labores se ejecutan de manera especializada por parte de los involucrados dentro del marco de estudio. Cabe señalar que dicha valoración se determinó mediante la tabla de valoraciones recomendada por la OIT en su libro *Estudio del trabajo*.

5.1.2.3. Determinación de las tolerancias

Para determinar las tolerancias necesarias para efectuar el cálculo del tiempo de trabajo normal del área de metalmecánica, estas son determinadas mediante la observación directa por el investigador, para lo cual se analizan bajo los siguientes aspectos:

Suplementos constantes.

Fatiga: para valorar el impacto que tiene este suplemento dentro de las funciones diarias del personal, se tomaron consideraciones como lo son el ruido que emiten las herramientas utilizadas, llámense esmeriles, taladros, máquinas de corte circular y varias que emiten un sonido considerable; por otra parte, la presión de cumplir horas de trabajo

sin descanso para salir con la producción requerida, este valor se fijará con un 4% para los cálculos respectivos.

Necesidades personales: para este valor se toma la referencia que cita la Oficina Internacional del Trabajo, donde aclara que la tolerancia concedida por retrasos inevitables por el concepto de necesidades personales de cada operario es del 5%, por consiguiente, se toma este valor de referencia.

Suplementos variables.

Estar de pie: durante la investigación se observa que el personal pasa la mayoría de su jornada de pie, exceptuando las horas de alimentación y necesidad personal, por otra parte, se constató esta información con el encargado, quien afirma que efectivamente las jornadas de trabajo en su mayoría son efectuadas de pie, por lo cual se le asigna un valor del 2%, tomando como referencia lo estipulado por la Organización Internacional de trabajo.

Uso de fuerza muscular: dado que la investigación es efectuada en un taller, específicamente en el área de metalmecánica, donde el personal tiene que manipular láminas de metal, carretes de alambre, tubos metálicos y demás materiales que generan un desgaste físico importante, se estipula un 4% por el uso de la fuerza empleada en las labores diarias, tomando como referencia lo estipulado por la Organización Internacional de Trabajo.

A continuación, se describe la tabla 14 con el resumen de los suplementos anteriormente descritos, los cuales se toman como parámetros para efectuar los cálculos pertinentes para la investigación:

Tabla 14. Suplementos

Suplementos constantes	
Necesidad personal	5%
Fatiga básica	4%
Suplementos variables	
Estar de pie	2%
Uso de la fuerza física	4%

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.1.2.4. Determinar el tiempo estándar del ciclo

Para determinar el tiempo estándar se utilizarán los tiempos descritos en la tabla 2. *Tabla de tiempos de proceso confección de exhibidores*, a estos se les hará el cálculo tomando en cuenta el factor de valoración y los suplementos anteriormente expuestos.

Para tal efecto, se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$Tiempo\ Promedio = \frac{\sum Tiempo\ Observado}{Numero\ de\ Observaciones}$$

$$Tiempo\ Normal = Tiempo\ Promedio(Valoración/100)$$

$$Tiempo\ Estándar = Tiempo\ Normal + (Tiempo\ Normal * \% Valoración)$$

Una vez determinadas las fórmulas para el cálculo correspondiente, se procede con el desglose de los resultados, aclarando que se efectuarán a los 15 procesos descritos en el área de investigación:

Tabla 15. Tiempos de proceso de confección de exhibidores dado en minutos

Proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tiempo Promedio	0,52	0,24	0,34	0,46	0,43	0,17	0,24	0,37	0,39	1,82	11,91	0,93	1,98	2,85	1,99
Tiempo Normal	0,52	0,24	0,34	0,46	0,43	0,17	0,24	0,37	0,39	1,82	11,91	0,93	1,98	2,85	1,99
Tiempo Estándar	0,60	0,27	0,39	0,53	0,50	0,19	0,27	0,43	0,45	2,09	13,70	1,07	2,28	3,27	2,28

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se denota en la tabla 15, se toma el tiempo estándar para hacer el cálculo de horas del proceso; este paso es sumamente importante para determinar la métrica que se debe

ejecutar con el fin de estimar el tiempo incurrido en un proyecto, de manera que la empresa tenga un cálculo que esté sujeto a la realidad y este corrija los desfases que existen en la actualidad. O sea, el tiempo que cotiza la empresa no concuerda con las horas reales trabajadas al final de la ejecución de un proyecto; con la investigación y los tiempos vistos en la tabla 15, se elaborará un modelo que solucione el problema de la empresa, respondiendo este al objetivo principal del proyecto.

Cabe señalar que el tiempo promedio y el tiempo normal tienen el mismo valor, debido a que en la valoración del personal se determinó un ritmo tipo, el cual tiene una valoración de 100 en la escala de la OIT, por tal motivo, cuando se desarrollan los cálculos según las fórmulas, el valor de esos dos tiempos es igual.

5.2. Análisis de capacidad del área de metalmecánica

Como se mencionó anteriormente, se determinaron los tiempos que influyen en el proceso de confección de exhibidores, los mismos son el insumo para determinar la capacidad de producción del área de metalmecánica para cada uno de los 15 procesos que son objeto de estudio en el presente proyecto. En la tabla 16, se determina la capacidad teórica y la real del área de metalmecánica en una jornada laboral de 10 horas:

Tabla 16. Capacidad de producción diaria por proceso

PROCESOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	T														
Capacidad teórica	1150	2518	1790	1300	1385	3566	2529	1619	1528	330	8561	647	303	211	302
Capacidad real	900	1971	1401	1018	1084	2790	1979	1267	1196	258	6700	506	237	165	236

Fuente: elaboración propia, 2019.

Con los datos de la tabla 16, queda determinada la capacidad de producción del área de metalmecánica; cabe señalar que, con la capacidad real obtenida del estudio de tiempos realizado en el presente proyecto, la gerencia de producción tiene el máximo producido por proceso en una jornada laboral, estos son de suma importancia para la toma de decisiones y poder asumir compromisos con el cliente.

5.2.1. Análisis de capacidad del área de metalmecánica para la confección del exhibidor tipo E

Establecer la capacidad de producción en el área de metalmecánica es de suma importancia para predecir la producción y cumplir con los requisitos del cliente. Este insumo viene a sopesar el desconocimiento que se mantenía en el área al no saber su capacidad para hacer las cotizaciones de exhibidores, en la tabla 17, se refiere la capacidad para el exhibidor tipo E en una jornada laboral de 10 horas:

Tabla 17. Capacidad de producción diaria para exhibidor tipo E

PROCESOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
																	TOTAL
Capacidad teórica	18	3	17	86	5	6	117	19	774	73	29	10	10	280	196		1641
Capacidad real	15	2	14	73	4	5	99	16	658	62	25	9	8	238	166		1395

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se representó en la tabla 17, se determinan los tiempos por proceso que conlleva producir una unidad de exhibidor tipo E, el tiempo total es dado en minutos, el cual es un insumo para proceder con el cálculo de unidades producidas en una jornada de 10 horas, con el fin de saber cuánto es la capacidad del área de metalmecánica, a continuación, se representan dichos cálculos en la tabla 18:

Tabla 18. Capacidad de producción para exhibidor tipo E

JORNADA LABORAL 10 HORAS		
10	Horas	
60	minuto/ hora	
Descansos	60	minutos
Tiempo total disponible	600	minutos
Real disponible	540	minutos
Unidades producidas con capacidad teórica		0,37
Unidades producidas con capacidad real		0,29

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se muestra en la tabla 18, se determina la capacidad de producción del área de metalmecánica para producir una unidad en una jornada laboral, para lo cual se puede

efectuar un cálculo de tiempo más preciso para las cotizaciones de exhibidores tipo E, esta capacidad es requerida para elaborar un modelo de predicción.

5.2.2. Determinar el tiempo de preparación de máquinas

Se determinan los tiempos para alistar las máquinas, estos contemplan el ajuste de las guías para efectuar el proceso designado, por ejemplo, en el proceso de guillotina se debe ajustar la guía para la longitud del corte; en el proceso de topeadora, de igual manera, hay que hacer los ajustes necesarios según las dimensiones del troquel por utilizar, por consiguiente, a los demás procesos se les hará el ajuste que se requiera según la máquina por utilizar. Cabe señalar que estos tiempos no variarán a menos que se cambie de maquinaria, lo cual sugiere hacer una nueva toma de tiempos para determinar el nuevo dato, se determinan los tiempos mencionados en la tabla 19:

Tabla 19. Tiempos de preparación de máquinas para la confección de exhibidores dado en minutos

Proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tiempo Preparación	5	30	20	5	1	1	5	2	10	5	5	5	5	5	15

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.2.3. Simulación del proceso de fabricación del exhibidor tipo E en el área de metalmecánica.

Se utiliza el programa Arena para determinar la expresión utilizada en cada una de las operaciones, con los datos de las muestras, se toman 29 mediciones del proceso para que el *Input Analyzer* determine la expresión correspondiente, como se representará a continuación.

En la figura 18, se muestra el proceso de fabricación de exhibidores tipo E completo definido en Arena, para la elaboración de este modelo, se utilizó toda la información recabada con los tiempos de los 15 procesos, cabe señalar que este modelo tomará el tiempo estándar previamente definido.

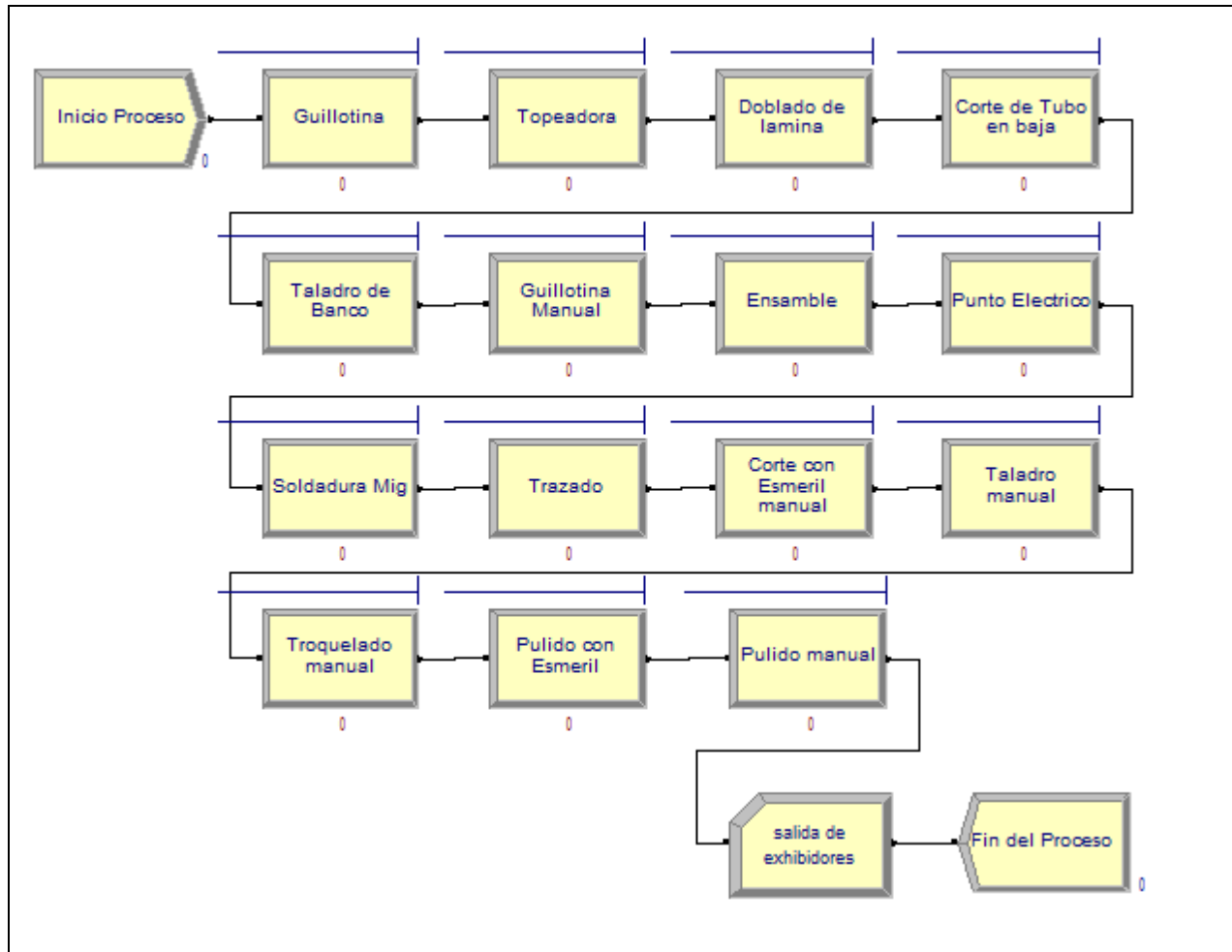


Figura 15. Modelo de Simulación Arena-Confección de exhibidores tipo E

Fuente: *software* Arena, 2019.

A continuación, se definen los datos de cada uno de los procesos que intervienen en la confección de exhibidores, se hace referencia al tiempo de arribo (*create*) y al proceso de guillotina como referencia y ejemplo de estos, todos los datos se ordenaron en la tabla 21. Resumen modelo Arena y los demás procesos se muestran en el Anexo 1 para su visualización.

Definición del tiempo de arribo (*create*)

Para este enunciado, se indica el dato del tiempo de arribo de la operación de la guillotina, el cual es alimentado por láminas de acero que se encuentran en la mesa contigua a la

máquina de corte, por tal motivo, se considera que el tiempo de arribo está en función del proceso de “Guillotina”.

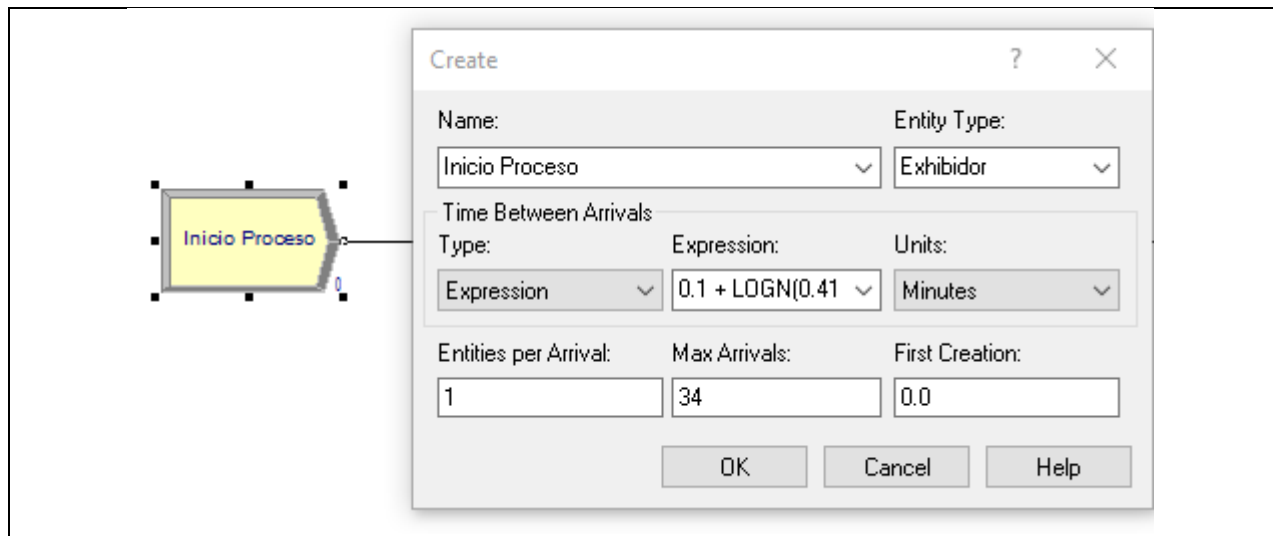


Figura 16. Pantalla de tiempo de arribo

Fuente: *software* Arena, 2019.

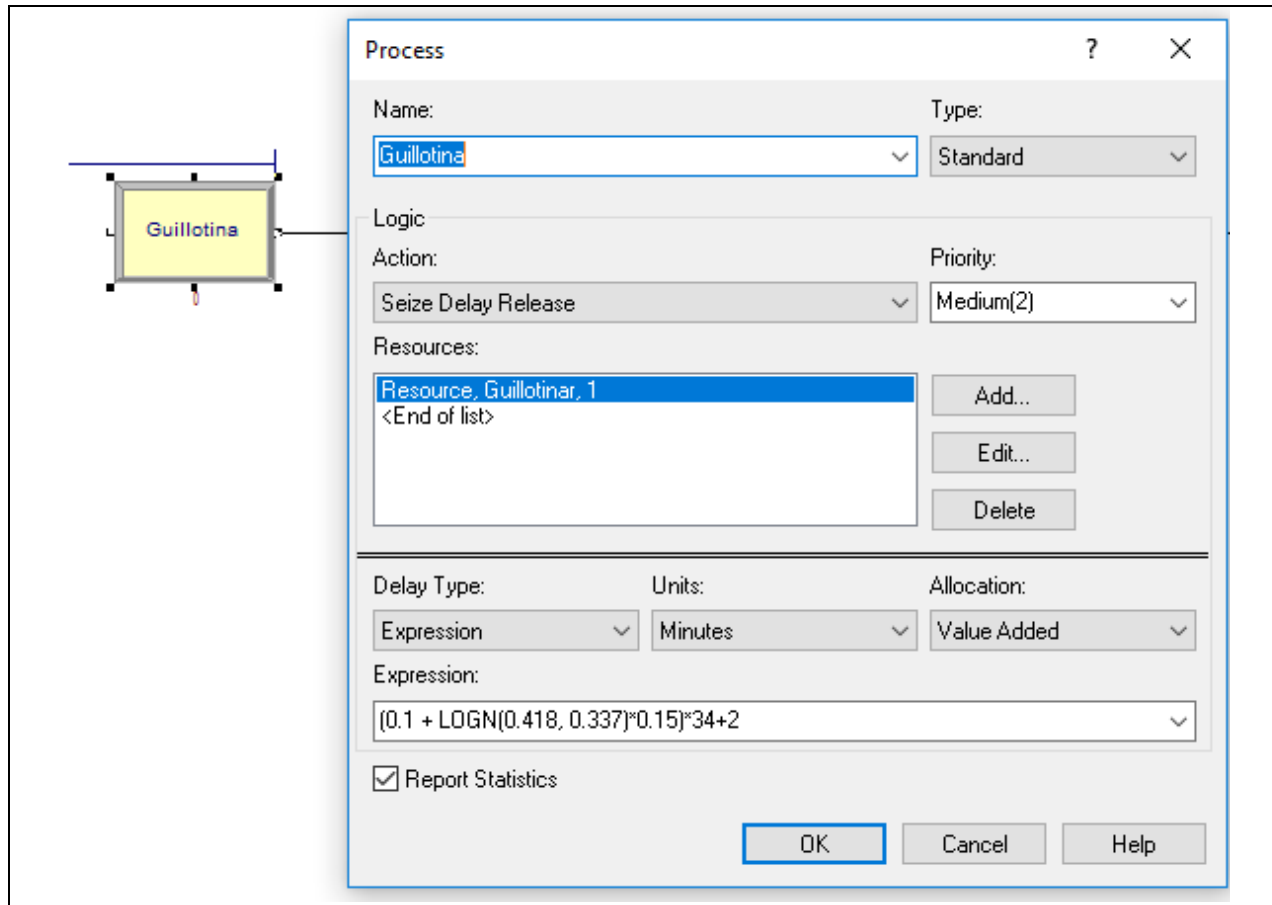


Figura 17. Proceso Guillotina

Fuente: *software* Arena, 2019.

Como se nota en la figura 20, la expresión para este proceso es $(0.1 + \text{LOGN}(0.418, 0.337))$, donde 0,15 es el valor de los suplementos, 34 es la cantidad de cortes específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 34, esto porque la cantidad de cortes varía según estilo y tamaño del exhibidor.

5.2.3.1. Tiempos de preparación de máquinas para el modelo Arena

El modelo propuesto también contempla los tiempos de la preparación de las máquinas, cabe señalar que estos tiempos el modelo de simulación solo los toma una única vez, ya que deben ser contemplados al inicio del ciclo productivo, por ejemplo, si se hace la simulación para dos exhibidores, el mismo tiempo de preparación será igual que si se hace

la simulación para 10 exhibidores; cada proceso tiene establecido el tiempo de preparación, a continuación, se hace referencia mediante la tabla 20 de los tiempos mencionados.

Tabla 20. Tiempos de preparación por proceso dado en minutos

Guillotina	Topeadora	Doblado lámina	Corte de Tubo en baja	Taladro de banco
5	30	20	5	1
Guillotina Manual	Ensamble	Punto Eléctrico	Soldadura Mig	Trazado
1	5	2	10	5
Corte con Esmeril Manual	Taladro Manual	Troquelado Manual	Pulido con Esmeril	Pulido Manual
5	5	5	5	15

Fuente: elaboración propia, 2019.

Los tiempos anteriormente mencionados fueron puestos en la simulación de Arena, específicamente en el módulo Schedule (programar), lo que hace este módulo es tomar los tiempos de preparación y los suma al inicio de cada proceso, aclarando que solo lo hace una única vez durante toda la simulación.

Schedule - Basic Process						
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	File Name	Durations
1	Schedule 1 Guillotinar	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
2	Schedule 2 Topear	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
3	Schedule 3 Doblar	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
4	Schedule 4 Cortebaja	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
5	Schedule 6 GuillotinaManual	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
6	Schedule 5 TaladroPedestal	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
7	Schedule 7 Enzamblar	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
8	Schedule 8 SoldaduraPunto	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
9	Schedule 9 SoldaduraMig	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
10	Schedule 10 Marcar	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
11	Schedule 11 CorteMetabo	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
12	Schedule 12 TaladrarManual	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
13	Schedule 13 Troquel	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
14	Schedule 14 LijadoFino	Capacity	Minutes	1.0		2 rows
15	Schedule 15 Esmerilado	Capacity	Minutes	1.0		2 rows

Figura 18. Modulo Schedule

Fuente: *software* Arena,2019.

5.2.3.2. Recursos asignados por proceso (operarios)

Cada proceso tiene un número de operarios designados para la ejecución como tal del ciclo de confección de exhibidores, es importante indicar que no necesariamente el número total de recursos son propios de cada proceso; esto quiere decir que los operarios que trabajan en el proceso de guillotina se pueden desempeñar en otros procesos del ciclo total de confección de exhibidores, tomando en cuenta que, si el total de recursos son 17, no significa que se ocupen estos para cumplir el ciclo, lo cual se aclara ya que para la confección de estos exhibidores metálicos se utilizaron seis recursos, solo para la parte de metalmecánica.

A continuación, se presenta la tabla 21 con el contenido descrito anteriormente para referenciar los recursos por proceso:

Tabla 21. Recursos asignados por proceso

	Guillotina	Topeadora	Doblado lámina	Corte de Tubo en baja	Taladro de banco
Recurso	2	1	1	1	1
	Guillotina Manual	Ensamble	Punto Eléctrico	Soldadura Mig	Trazado
Recurso	1	1	1	1	1
	Corte con Esmeril Manual	Taladro Manual	Troquelado Manual	Pulido con Esmeril	Pulido Manual
Recurso	1	1	1	1	1

Fuente: elaboración propia, 2019.

Con lo visto en la tabla 21, se puede también modificar la cantidad de recursos para cada proceso, es una de las facilidades que presenta la simulación. Esto se puede hacer antes de implementar el flujo de trabajo, sin causar interrupciones en el ciclo de trabajo, además, se puede determinar cuánto recurso se necesita para cumplir con un tiempo determinado de ejecución del ciclo de confección de exhibidores.

La tabla resumen propuesta para el modelo Arena contempla todos los datos necesarios según los 15 procesos para la confección de exhibidores en el área de metalmecánica.

Tabla 22. Resumen modelo Arena

Operaciones	Expresión	% Suplementos	Tiempo espera	Especificaciones de diseño
Guillotina	$(0.1 + \text{LOGN}(0.418, 0.337))$	0,15	2	34
Topeadora	$(1.13 * \text{BETA}(0.608, 2.28))$	0,15	2	12
Doblado lámina	$(\text{ERLA}(0.0838, 4))$	0,15	2	50
Corte de Tubo en baja	$(\text{LOGN}(0.466, 0.364))$	0,15	2	186
Taladro de banco	$(0.18 + \text{ERLA}(0.0281, 9))$	0,15	2	11
Guillotina Manual	$(0.14 + 0.06 * \text{BETA}(2.34, 2.62))$	0,15	2	36
Ensamble	$(\text{TRIA}(0.17, 0.261, 0.3))$,	0,15	2	49,25*10
Punto Eléctrico	$(\text{TRIA}(0.33, 0.372, 0.41))$,	0,15	2	50
Soldadura Mig	$(\text{LOGN}(0.389, 0.296))$	0,15	2	197*10
Trazado	$(1.18 + \text{WEIB}(0.722, 1.98))$	0,15	2	40
Corte con Esmeril Manual	$((\text{NORM}(11.9, 1.68) / 170))$	0,15	2	420
Taladro Manual	$(\text{NORM}(0.927, 0.408))$	0,15	2	11

Operaciones	Expresión	% Suplementos	Tiempo espera	Especificaciones de diseño
Troquelado Manual	(NORM (1.98, 0.318))	0,15	2	5
Pulido con Esmeril	(NORM (2.85, 0.543),	0,15	2	98,5*10
Pulido Manual	(NORM (1.99, 0.348),	0,15	2	98,5*10

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.3 Validación del modelo de simulación arena

El modelo anteriormente propuesto es validado con la información suministrada por la empresa de los últimos tres años, para lo cual se toman los proyectos efectuados los últimos seis meses del tipo E.

Se realiza una prueba piloto exhibidor Tótem, con las siguientes dimensiones: 170 cm alto x 100 cm frente x 50 cm fondo, este entra en el rango propuesto del tipo E, se toman todos los datos necesarios para el desarrollo del proyecto, estos son los propuestos en el modelo de simulación Arena, cabe señalar que los procesos son iguales para los diferentes tipos de exhibidores dentro del tipo E. Una vez concluida la confección de los exhibidores, la empresa facilita los datos de las horas reales empleadas durante ese ciclo de trabajo, esto es sumamente importante para comparar y validar la propuesta de simulación, a continuación, en la tabla 23, se presentan los datos mencionados:

Tabla 23. Horas reales exhibidor Tótem

Descripción	Cantidad	Horas Reales
Tótem 170cm Alto x 100cm Frente x 50cm Fondo	22	170,81

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.2.3.4. Datos software de simulación de Arena

Se procede a simular la misma cantidad de exhibidores en el modelo propuesto para comparar los resultados con las horas reales del exhibidor Tótem.

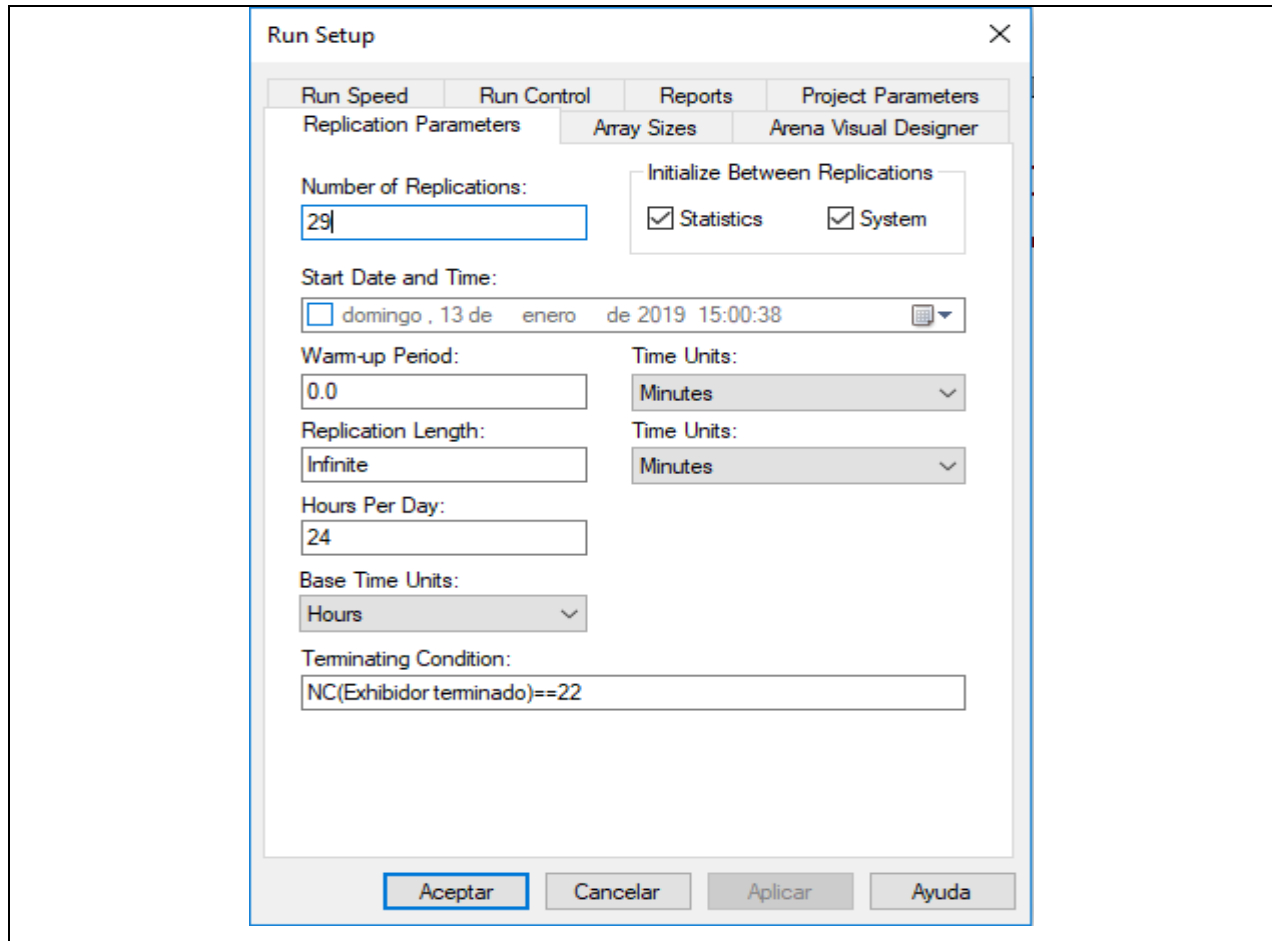


Figura 19. Selección de réplicas y unidades por producir

Fuente: *software* Arena, 2019.

Como se nota en la figura 22, el número de réplicas es el mismo número de muestras recolectadas por proceso, esto para que el dato arrojado sea más preciso, cabe señalar que en el apartado **Terminating Condition** se denota la siguiente expresión: **NC(Exhibidor terminado)==22**, el 22 es el número de exhibidores que se simula para comparar los datos con los reales suministrados por la empresa Grugar del exhibidor Tótem, cabe señalar que el número de exhibidores por simular, varía según la cantidad que se desee confeccionar.



Figura 20. Unidades producidas en simulador-22

Fuente: *software* Arena,2019.

Como se muestra en la figura 23, se efectuó una simulación para 22 exhibidores metálicos tipo E, con una extensión de 29 réplicas.

Unnamed Project

Replications: 29 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Exhibidor	16.0505	0,17	15.2379	16.8719	10.4987	29.0640
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Exhibidor	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Exhibidor	72.1857	1,55	62.8959	83.5536	0.2005	157.11
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Exhibidor	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Exhibidor	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Exhibidor	88.2361	1,65	78.4882	99.89	13.7007	175.02

Figura 21. Informe de simulador Arena

Fuente: *software* Arena,2019.

Según los datos de la simulación, se puede apreciar en la figura 24 que el tiempo total de la confección de 22 exhibidores es de 175,02 horas de ejecución del ciclo de trabajo.

Tabla 24. Comparación de horas de confección de exhibidores

Exhibidor Tótem	Cantidad	Horas
Horas Reales del Proceso	22	170,81
Horas Software Arena	22	175,02

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se refleja en la tabla 24, las horas del simulador Arena estuvieron muy cerca de las horas reales del ciclo de confección de exhibidores para el modelo Tótem, se debe señalar que la diferencia está a favor de la empresa y no representa pérdidas debido a que la cotización estaría 4 horas por encima de las reales, por cualquier imprevisto que pudiera suceder.

5.3.1 Comparación de horas reales contra las horas del simulador para determinar el porcentaje de error.

A continuación, mediante la tabla 25, se hace referencia a la simulación de los proyectos de confección de exhibidores tipo E de los últimos seis meses.

Tabla 25. Porcentaje de error con simulador Arena

Exhibidor tipo E	Altura	Datos suministrados por empresa Grugar				Simulación Software Arena		
		Unidades	Horas Cotizadas	Horas Reales	Horas por Unidad	Horas por Unidad	Horas totales	% Error
Exhibidor Tótem	170	22	110	170,8	7,76	7,96	175,0	-2,46%
Exhibidor Tosty	190	65	260	418,4	6,44	6,23	405,0	3,20%
Exhibidores Refill Tosty	170	50	175	181,1	3,62	3,76	188,0	-3,83%
Exhibidor Krash	180	25	75	110,9	4,44	4,39	110,0	1,08%
Exhibidor cerrado lubricantes	163	15	150	123,8	8,25	7,92	118,8	4,03%
							Promedio	2,77%

Fuente: elaboración propia, 2019.

Según la tabla 25, se puede ver que el porcentaje de error es de un 2,77%, para el exhibidor tipo E, esto mediante la simulación de proyectos efectuados por la empresa en los últimos seis meses; con este porcentaje se puede deducir que las pérdidas serán mejoradas en un 97,23%. Por otra parte, se puede concluir que en los casos donde el

Arena está por encima de las horas reales es un tiempo de holgura y se debe definir con la empresa. En los casos donde el tiempo real estuvo por encima del Arena, se presentó un imprevisto que retrasó el proceso, por lo cual es importante que en las cotizaciones con el simulador Arena se fije un tiempo de holgura del 2,77% del tiempo total, este corresponde al porcentaje de error; esta medida es de suma importancia para tener un margen y no correr el riesgo de pérdidas económicas, cabe destacar que los valores positivos no se tomaron en cuenta en el cálculo del promedio del porcentaje de error.

Con el *software* de simulación de Arena se mejorará el acierto en las cotizaciones en un 97,23%, esto tomando en cuenta los datos anteriores, se debe estimar que el 2,77% de error es un valor que la empresa valorará en el precio a convenir con el cliente, estos datos son de suma importancia para las finanzas de la empresa y la toma de decisiones.

5.4. Diseño del indicador de desempeño

Para el control de las horas cotizadas, se elaboró un indicador de desempeño, el cual tiene el objetivo de medir mensualmente el cumplimiento de la capacidad del área de metalmecánica, es importante determinar que las metas sean alcanzadas, de lo contrario, la empresa debe hacer los ajustes necesarios para que estas metas se cumplan de la mejor manera.

5.4.1. Definición de parámetros, año, nombre del indicador, unidad de medida, descripción y fórmula de cálculo.

Se establece el nombre del indicador, la unidad de medida, frecuencia de medición, descripción del indicador y la fórmula de cálculo.

1. Año	2019	
2. Nombre del indicador	3. Unidad de medida	
Cumplimiento del 95% de las horas cotizadas	Horas	
	3.1. Unidad de medida	
	Porcentaje	
4. Descripción del indicador	5. Frecuencia	
Este indicador mide la eficiencia en cumplimiento de las horas cotizadas contra las reales.	Mensual	
6. Fórmula del indicador		
$\frac{\text{Horas cotizadas}}{\text{Horas reales}} \times 100$		

Figura 22. Definición de parámetros, año, nombre del indicador, unidad de medida, descripción y fórmula de cálculo.

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.4.2. Fuentes de información, rango de medición e interpretación de los valores

Es de suma importancia registrar la información para que esta sea utilizada en el cálculo del indicador, se deben establecer los parámetros para que los valores puedan ser interpretados de una manera sencilla con el cumplimiento de las metas.

7. Fuentes de información de la fórmula		
Nombre de la variable	Fuente de información	
Dato 1 Horas registradas por proceso	Fuente de información 1 Personal de planta	
Dato 2 formato en excel	Fuente de información 2 Encargado de producción	
8. Rango de medición		
8.1 Rango estratégico		
BUENO	REGULAR	BAJO
≥ unidad	< unidad > unidad	≤ unidad
8.2 Parámetros de medición		
SOBRESALIENTE	CUANTO	BAJO
100	95	90
9. Interpretación de los valores		
Altos valores implica mejor desempeño		

BUENO = CUANTO
≥ < > ≤

Figura 23. Fuentes de información, rango de medición e interpretación de los valores.

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.4.3. Programación, meta de desempeño, nombre del departamento, responsables del indicador y fecha del registro

Es indispensable para el indicador de desempeño que exista una programación mensual para que los datos se registren todos los meses, asignar los responsables para velar tanto por el cumplimiento de la información como del cumplimiento y ajuste de las metas. Además, es muy importante que el archivo quede registrado con su respectiva fecha de actualización.

10. Programación						
Meta	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Diciembre
Mensual	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
11. Meta de desempeño						
2.3 Lograr en un 95% el cumplimiento de las horas programadas para la confección de exhibidores.						
12. Nombre del proceso						
Confeccion de exhibidores metalicos tipo E						
13. Dependencia				14. Responsable		
Producción				Encargado de Producción		
15. Encargado del indicador/meta				16. Extensión telefónica		
Coordinador del área de metalmecánica						
17. Fecha de actualización de registro						

Figura 24. Programación, meta de desempeño, nombre del departamento, responsables del indicador y fecha del registro.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota: la programación está establecida para todos los meses del año, en la figura 27 salta de mayo a diciembre solamente por motivos de formato de imagen, entiéndase que son los 12 meses del año.

5.4.4. Análisis de resultados del indicador

Efectuando los registros adecuadamente en el indicador, se visualiza el desempeño del proceso de confección de exhibidores, para este caso, el control de las horas cotizadas versus las reales; es importante porque la empresa llevará mensualmente el control de las horas de la confección de exhibidores tipo E, cabe señalar que este indicador sirve como modelo para implementar la misma metodología para brindar seguimiento a otros

procesos de la empresa, señalando que se le deberían hacer los ajustes necesarios dependiendo del cálculo y las metas.

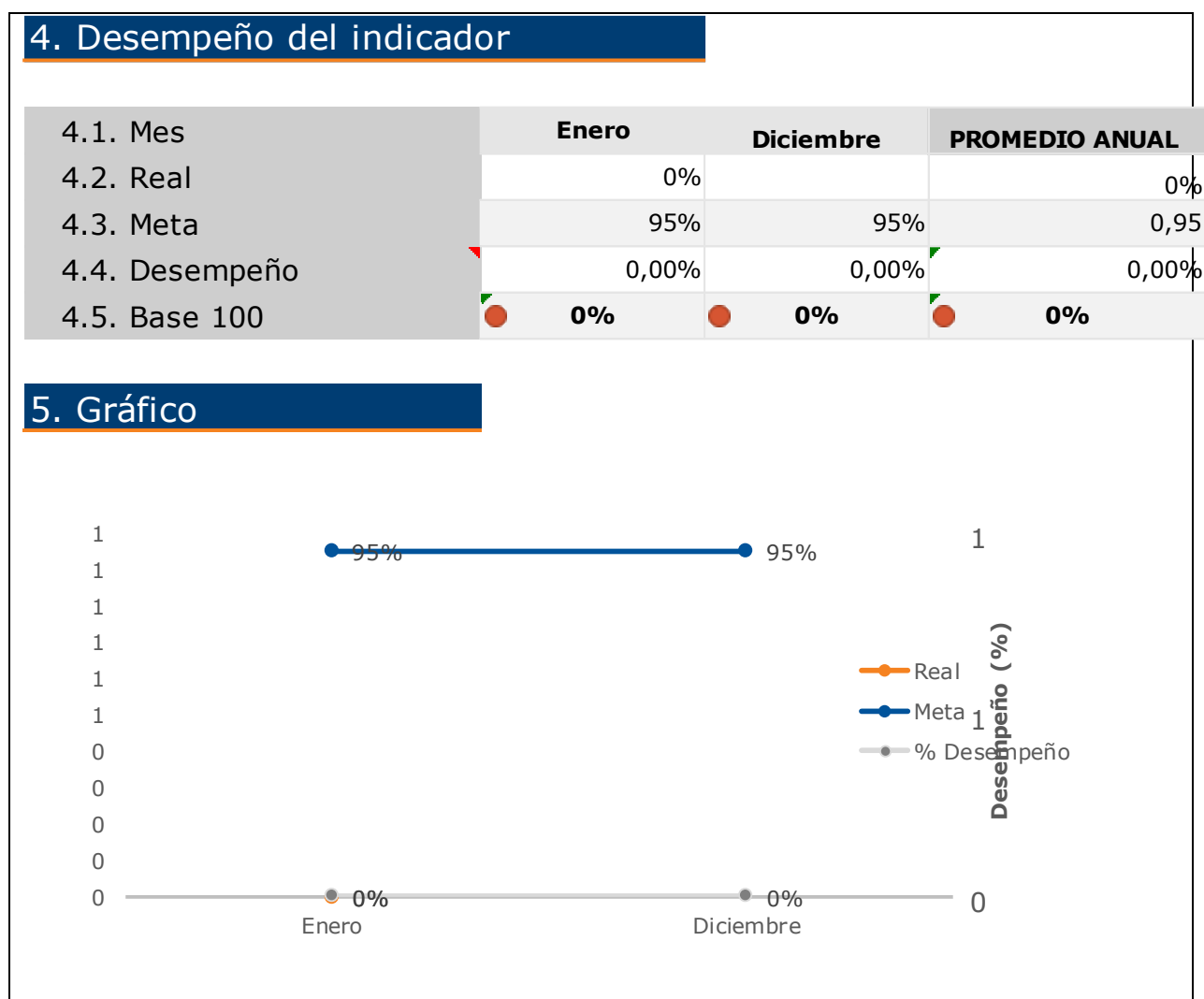


Figura 25. Análisis de resultados del indicador.

Fuente: elaboración propia, 2019.

5.5. Análisis económico del proyecto

Para el análisis económico y determinar la viabilidad de las propuestas, se elabora una tabla, la cual contempla los montos de inversión de las herramientas por utilizar, así como los rubros por concepto de mano de obra y costos variables del proceso. Se debe señalar que los salarios propuestos son determinados según lo estipula el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, como salario mínimo mensual, para lo cual se detallan los mismos: servicios profesionales, licenciado en ingeniería industrial: ₡ 698 266; precio licencia software Arena ₡99 256, anualmente, laptop de 15", procesador Intel® Core™ 8va: ₡336 015.

Tomando en cuenta que la empresa pierde por concepto de horas cotizadas la cantidad de ₡16 870 260,30 y verificando que el simulador tiene un margen de error del 2,77%, para lo cual también se fijó una holgura que compensa el porcentaje de error, con estos datos se estima que la empresa dejará de perder ₡455 638 mensuales.

Tabla 26. Análisis económico

FLUJO DE EFECTIVO MENSUAL									
Rubro	0	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Beneficios Brutos									
Pérdidas en horas cotizadas	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638
Total	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638
Costos de Producción									
Costo de mantener licencia Arena	0	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271
Total	0	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271
Gastos Operativos									
Suministros	-336 015	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	-336 015	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión:									
Capacitación a colaboradores	-349 133	0	0	0	0	0	0	0	0
Licencia software Arena	-99 256	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios profesionales	-698 266	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	-1 146 655	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS NETOS	119 623	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366
TOTAL	-1 027 032	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366
PRI	-1 027 032	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.5.1. Análisis VAN, TIR, PRI, ROI.

A continuación, se determina el flujo de efectivo para cada análisis respectivo:

Flujo de efectivo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	-1027032,4	447366,3	447366,3	447366,3	447366,3	447366,3	447366,3	447366,3	447366,3

Se realiza el análisis del VAN, TIR, PRI y ROI, lo cual se puede observar en la tabla 27.

Tabla 27. Análisis VAN, TIR, PRI, ROI.

VAN	2 512 232,06	Colones
TIR	40,73%	Mensual
VAN	-580774,3299	1
VA	445152,60	1,3047
PRI	2,3	Meses
VAN Ingresos	4060339,346	
VAN Egresos	401452,289	
VAN Inversión	1146655	
ROI	3,19	Colones

Fuente: elaboración propia, 2019.

Con los costos analizados y el beneficio que se tendría, por cada colón invertido una ganancia de 3,19 colones; una TIR del 40,73%, la cual está por encima de la TMAR que se estimó para este proyecto en un 25% y un retorno de la inversión en 2,3 meses, lo que representa una viabilidad del proyecto en el área de metalmecánica, para lo cual se toma la decisión de adquirir el *software* Arena para pronósticos de horas por cotizar en los proyectos y utilizar la plantilla de Excel para controlar las metas con el indicador de desempeño.

5.6. Implementación de las propuestas

Para la implementación se debe ejecutar un plan, el cual contenga un cronograma de actividades para el modelo propuesto en este proyecto, cabe señalar que la capacitación hacia el personal involucrado en las cotizaciones de los exhibidores metálicos se basa en la explicación de la plantilla de Excel del indicador de desempeño, así como de la instalación y capacitación del software de simulación de Arena, con las actividades propuestas se desarrollará un Diagrama Gantt.

Actividades:

1. Reunión con la gerencia para la implementación de la propuesta.
2. Compra de laptop de 15", procesador Intel® Core™ 8va.
3. Compra del *software* de simulación de Arena (licencia).
4. Instalación del *software* de simulación de Arena.
5. Capacitación del personal involucrado en cotizaciones.
6. Capacitación para el registro del indicador de desempeño.
7. Refrescamiento de la capacitación.

5.6.1. Diagrama Gantt de implementación del modelo de simulación Arena

La reunión con la gerencia es de suma importancia, esto debido a que se le dará el programa para efectuar la implementación de las actividades anteriormente mencionadas, cabe señalar que se depende de la compra del *software* Arena, por eso la importancia de la gestión con la gerencia. Por otra parte, cuando la empresa adquiera la laptop y el *software* Arena, se iniciará con la implementación, de momento se está cotizando la Laptop de 15", procesador Intel® Core™ 8va para instalar el *software*; posteriormente, se dará la capacitación en la utilización del Arena, esta también incluirá la explicación de las plantillas de Excel para el indicador. Es importante señalar que el indicador también se registrará en la laptop que adquiera la empresa; se concluye con un refrescamiento de los temas vistos durante la capacitación para aclarar dudas generadas entre los involucrados que designe la empresa.

A continuación, se adjuntará el diagrama Gantt de las actividades por seguir y el tiempo de duración de cada una ellas, estas para la implementación del modelo propuesto.



Figura 26. Diagrama Gantt de la implementación

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se concluye que la empresa no tiene conocimiento de su capacidad de producción, lo cual repercute a la hora de hacer cotizaciones de productos exhibidores, esto reflejado en las pérdidas de horas que se analizaron en el diagnóstico en los datos suministrados por la empresa; para brindar una solución integral al problema se concluye con lo siguiente:

- Se identificaron, mediante el análisis de los 5 porqué y diagrama de Ishikawa, las oportunidades de mejora para el proceso de elaboración de los exhibidores tipo E.
- Se realizó la toma de tiempos para establecer la capacidad teórica y real del proceso de elaboración de exhibidores metálicos, con lo cual se propuso el modelo de cotizaciones con el simulador Arena.
- Se realizó una prueba piloto del modelo Arena para los exhibidores metálicos tipo E, posteriormente, se simularon los proyectos de seis meses atrás para establecer el margen de error del simulador Arena, el cual se determinó en 2,77%, mejorando las pérdidas por horas cotizadas en un 97,23%; cabe señalar que se toma la decisión de establecer el 2,77% del total de horas cotizadas como un porcentaje de holgura y mantener un margen para evitar pérdidas económicas.
- Se elaboró un Excel con un indicador de desempeño y que este sirva para controlar el proceso productivo de exhibidores tipo E.
- Se determinó el costo/beneficio de las propuestas de mejora, para lo cual se establece que la empresa dejará de tener pérdidas mensuales de ₡455 638, por otra parte, la inversión de las mejoras tendrá una TIR de 40,73%, con un periodo de retorno de la inversión en 2,3 meses, esto genera una ganancia de ₡3,19 por cada colón invertido .
- Se determinaron las actividades para la implementación de las mejoras propuestas, estas se representaron mediante un diagrama Gantt que indica los tiempos previstos para el cumplimiento de las actividades establecidas, cabe señalar que se iniciará con una reunión con la Gerencia general el 4/03/2019.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo un seguimiento del proceso de confección de exhibidores mediante las propuestas sugeridas para el mantenimiento de las máquinas y el desempeño del modelo Arena para las cotizaciones. Por otra parte, durante el desarrollo del proyecto, se determinaron oportunidades de mejora que fueron evidenciadas en el diagrama causa y efecto, a las cuales la empresa debería darles un seguimiento y corrección, estas pueden contener una inversión baja, sin embargo, pueden representar una mayor eficacia en la confección de exhibidores metálicos. A continuación, se mencionan las que se considera pueden implementarse para reforzar la línea de producción:

- Falta de planos o croquis.
- El proceso de corte es lento, para cortar elementos con medidas mayores a 50 cm, se deben utilizar máquinas manuales.
- No se cuenta con un plan de mantenimiento de los equipos.
- La toma de decisiones se centraliza en una persona.
- Desorden en el área de trabajo.
- Falta de capacitación.
- Falta de procedimientos documentados.
- Falta de definición en cargas de trabajo.
- No existe control del inventario que se maneja.
- Ausencia de una política de calidad.
- Díficil manipulación del material que se utiliza en el proceso.
- Inadecuado almacenamiento del producto terminado.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Camisión, C., Cruz, S. y González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson Educación S. A.
- Carro, R. y González, D. (s.f.). *Administración de la Calidad Total*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Cartín, A., Villareal, A. y Morera, A. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria. *Scielo Colombia*, 133-148.
- Castro Sibaja, M., & León Campos, D. (Agosto, 2008). *Análisis y mejora de tiempos y movimientos en la prueba de*.
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2009). *Guía de modernización de entidades públicas*. Bogotá.
- Domínguez, J. A., Álvarez, M. J. y García, S. (1995). *Dirección de operaciones aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Freivalds, A. y Niebel, B. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D. F.: McGraw-Hill.
- González, R. y Jimeno, J. (2012). *¿Qué son “los cinco por qué”?* Recuperado de <https://www.pdcahome.com/los-5-porques-2/>
- Grugar CR. (s.f.). *Nosotros*. Recuperado de <https://grugarcr.com/nosotros/>
- Gutiérrez, H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw Hill.
- Handl, A. (2014). *Aplicación práctica del Diagrama de Gantt en la administración de un proyecto*.
- Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México D.F.: Editorial Pearson Education.
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el Control Total de la Calidad?* Bogotá: Norma.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Kelton, D., Sadowski, R. y Sturrock, D. (2008). *Simulación con software Arena*. España: McGraw-Hill.
- López, S. (2013). *Diagnóstico y propuesta de mejora de la productividad de cordeles en la empresa Fibras de Centroamérica S.A.* San José, Costa Rica: Universidad Hispanoamericana.

- Mateos de Pablo Blanco, M. Á. (2012). *Atención básica al cliente*. Málaga: IC Editorial.
- Méndez, F. (2011). *Los procesos industriales y el medio ambiente: un nuevo paradigma*. Bogotá: Universidad de Ibagué.
- Mendoza, J. (2011). *Aplicación de la Teoría de restricciones para diagnóstico y propuesta de mejora en los procesos de una PyME*. Querétaro: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Progressa lean. (s.f.a). *5 porques análisis de la causa raíz de los problemas*. Recuperado de <http://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>
- Progressa lean. (s.f.b). *Progressa lean*. Recuperado de <http://www.progressalean.com/>
- Serrano, J. (2017). *Mejoramiento de la calidad a través de un diseño de un sistema de Gestión de Calidad para el Departamento de Servicio de la empresa Tecnoambientes S.A. de junio a noviembre 2016*. Heredia: Universidad Hispanoamericana.
- Villaseñor, A. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. México: Limusa, S.A.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de trabajo para la toma de tiempos

			Guillotina	Topeadora	Doblado lamina	Corte de Tubo en baja	Taladro de banco	Guillotina Manual	Ensamble	Punto Electrico	Soldadura Mig	Trazado	Corte con Esmeril Manual	Taladro Manual	Troquelado Manual	Pulido con Esmeril	
AREA DE TRABAJO	n	PREPARACIÓN															
METALMECANICA	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																

Fuente: elaboración propia, 2019.

Anexo 2. Imágenes modelo Arena, proceso confección de exhibidores metálicos tipo E simulador Arena

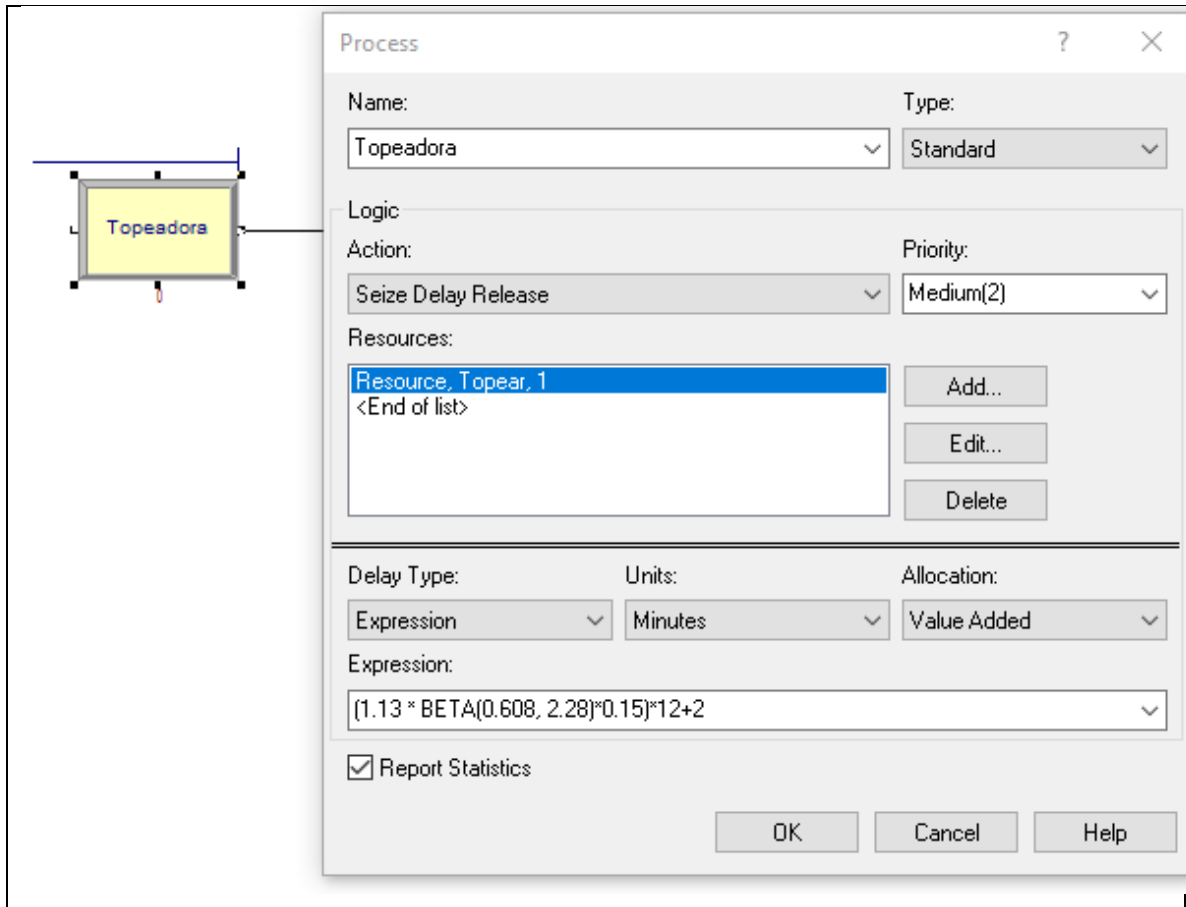


Figura 3. Proceso topeadora

Fuente: *software* Arena, 2019.

Como se nota en la figura 3, la expresión para este proceso es $(1.13 * \text{BETA}(0.608, 2.28) * 0.15) * 12 + 2$, donde 0,15 es el valor de los suplementos, 12 es la cantidad de cortes específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 12, esto porque la cantidad de cortes varía según estilo y tamaño del exhibidor.

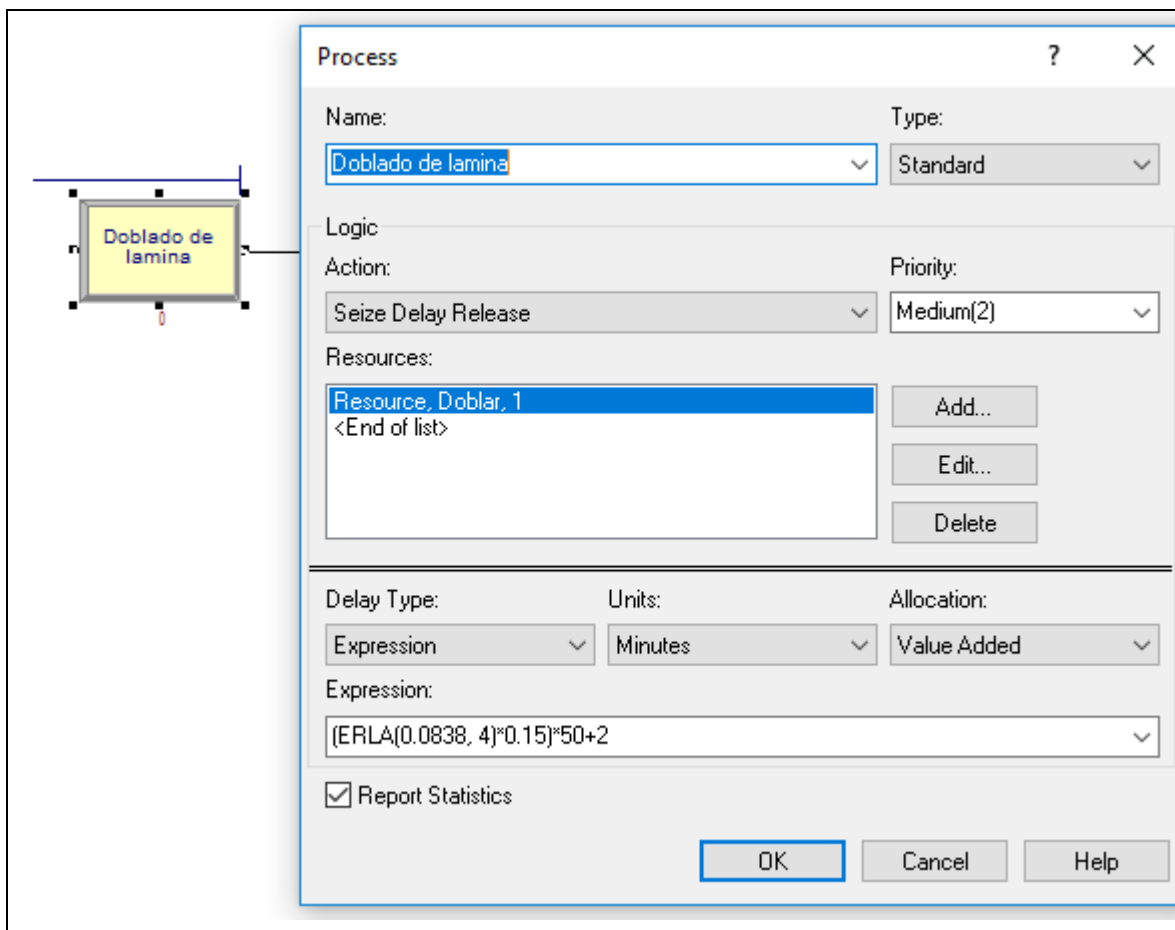


Figura 4. Proceso doblado de lámina

Fuente: *software Arena, 2019.*

Como se nota en la figura 4, la expresión para este proceso es $(ERLA(0.0838, 4) \cdot 0.15) \cdot 50 + 2$, donde 0,15 es el valor de los suplementos, 50 es la cantidad de dobleces específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 50, esto porque la cantidad de dobleces varía según estilo y tamaño del exhibidor.

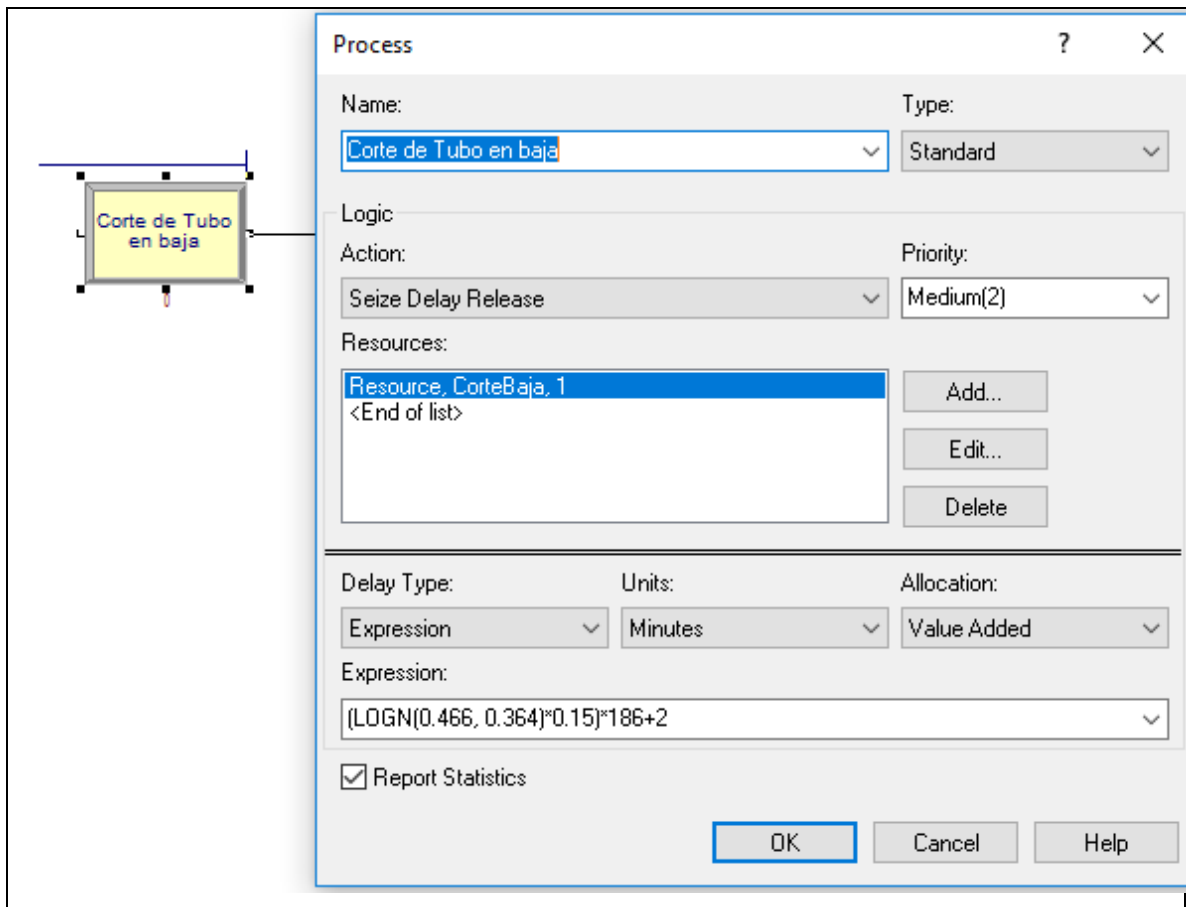


Figura 5. Proceso corte de tubo en baja

Fuente: *software Arena*, 2019.

Como se nota en la figura 5, la expresión para este proceso es $(\text{LOGN}(0.466, 0.364)) \cdot 0.15 \cdot 186 + 2$, donde 0,15 es el valor de los suplementos, el 186 es la cantidad de cortes específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 186, esto porque la cantidad de cortes varía según estilo y tamaño del exhibidor.

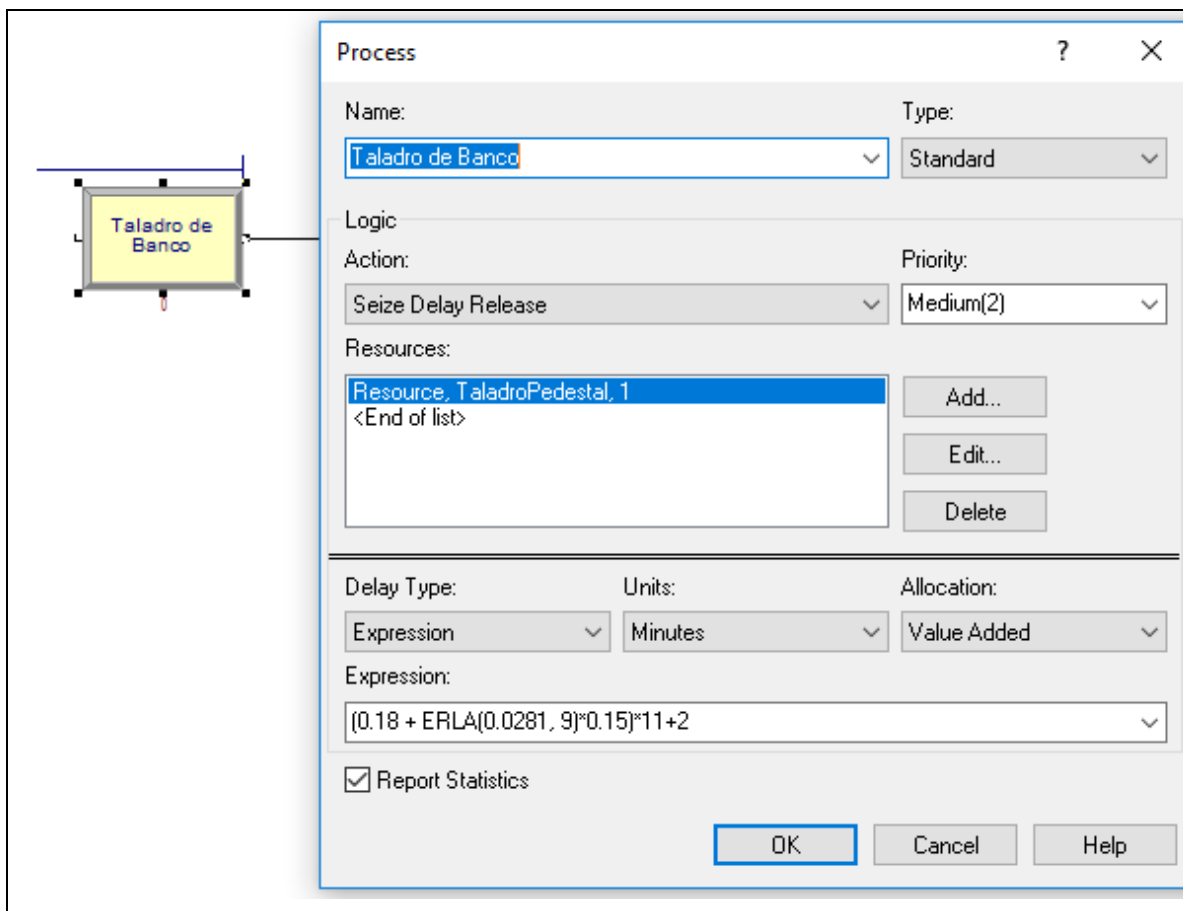


Figura 5. Proceso taladro de banco

Fuente: *software* Arena, 2019.

Como se nota en la figura 5, la expresión para este proceso es $(0.18 + \text{ERLA}(0.0281, 9))^{0.15} \cdot 11 + 2$, donde 0,15 es el valor de los suplementos, 11 es la cantidad de perforaciones específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 11, esto porque la cantidad de perforaciones varía según estilo y tamaño del exhibidor.

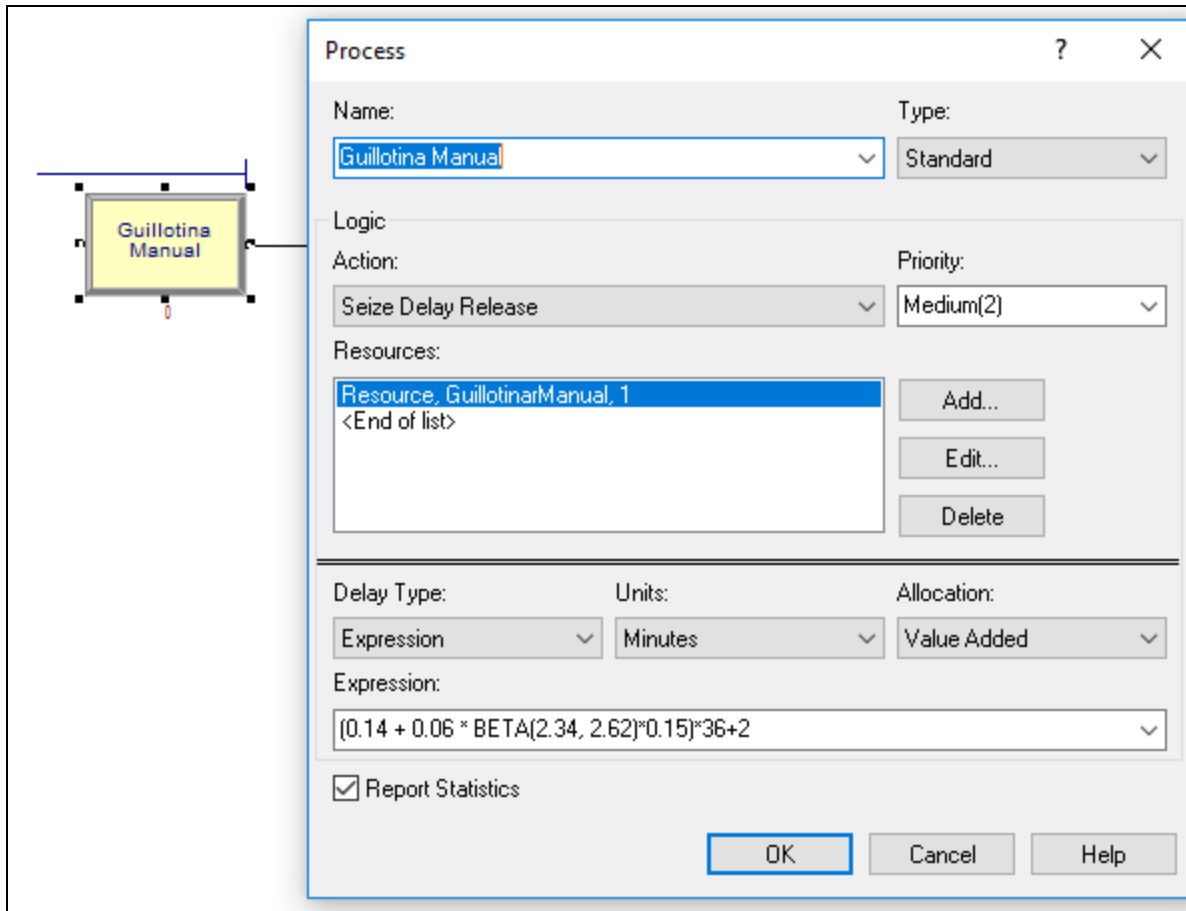


Figura 6. Proceso guillotina manual

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 6, la expresión para este proceso es $(0.14 + 0.06 * \text{BETA}(2.34, 2.62) * 0.15) * 36 + 2$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 36 es la cantidad de cortes específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 36, esto porque la cantidad de cortes varía según estilo y tamaño del exhibidor.

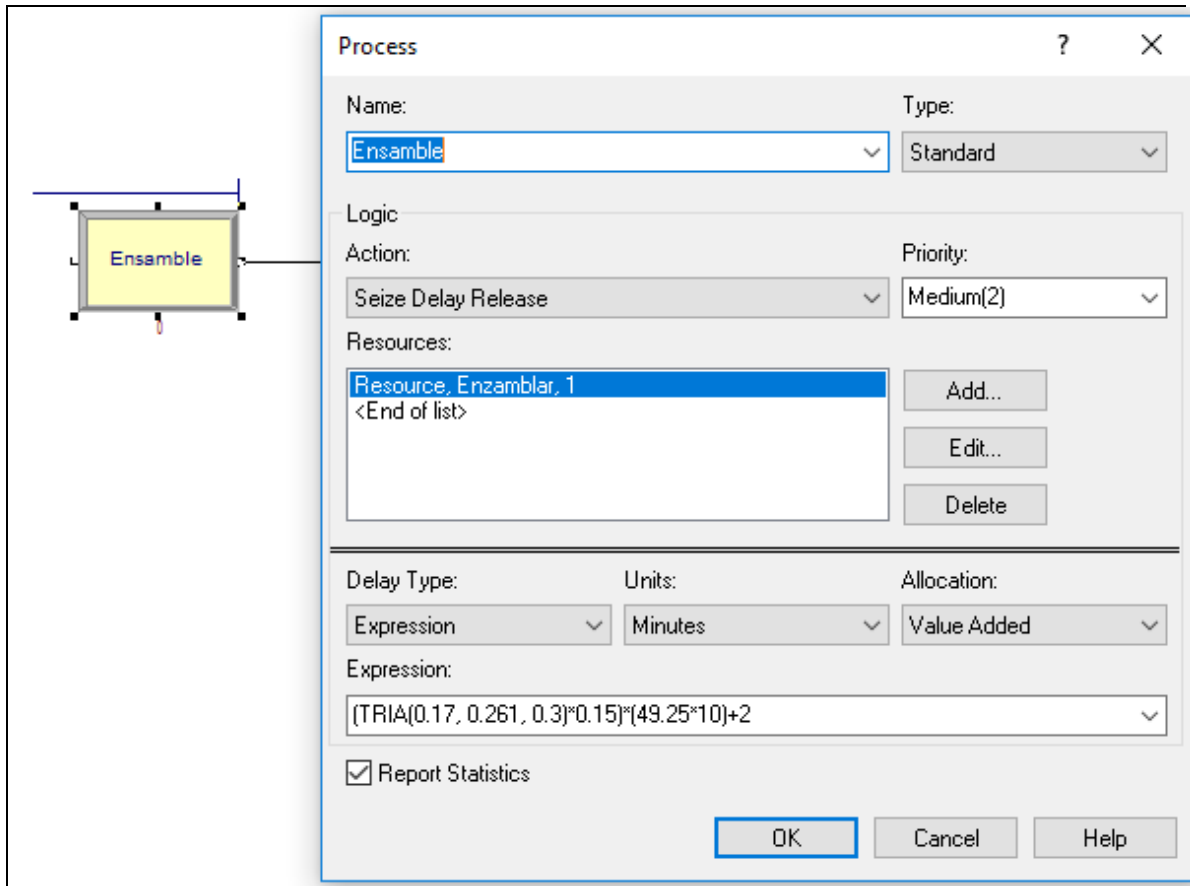


Figura 7. Proceso ensamble

Fuente: *software Arena, 2019.*

Como se nota en la figura 7, la expresión para este proceso es $(TRIA(0.17, 0.261, 0.3), 0.15)$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 49.25 es la cantidad de soldaduras, el 10 son los milímetros de longitud de la soldadura específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 49.25, este valor es la cuarta parte del tiempo empleado en el proceso de soldadura Mig, para tal efecto se debe calcular en función del proceso de soldadura Mig, esto porque se varía según estilo y tamaño del exhibidor.

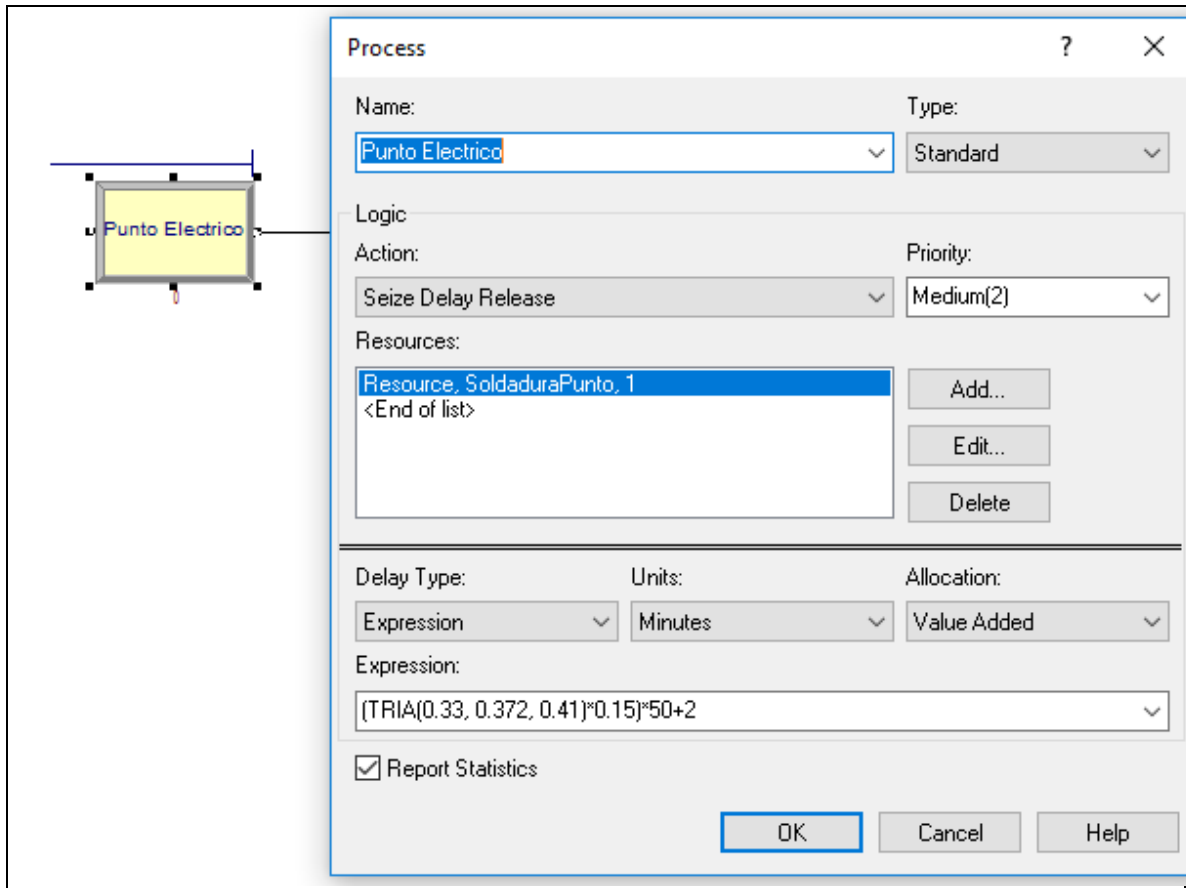


Figura 8. Proceso punto eléctrico

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 8, la expresión para este proceso es $(TRIA(0.33, 0.372, 0.41), 0.15) * 50 + 2$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 50 es la cantidad de soldaduras específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 50, esto porque la cantidad de soldaduras varía según estilo y tamaño del exhibidor.

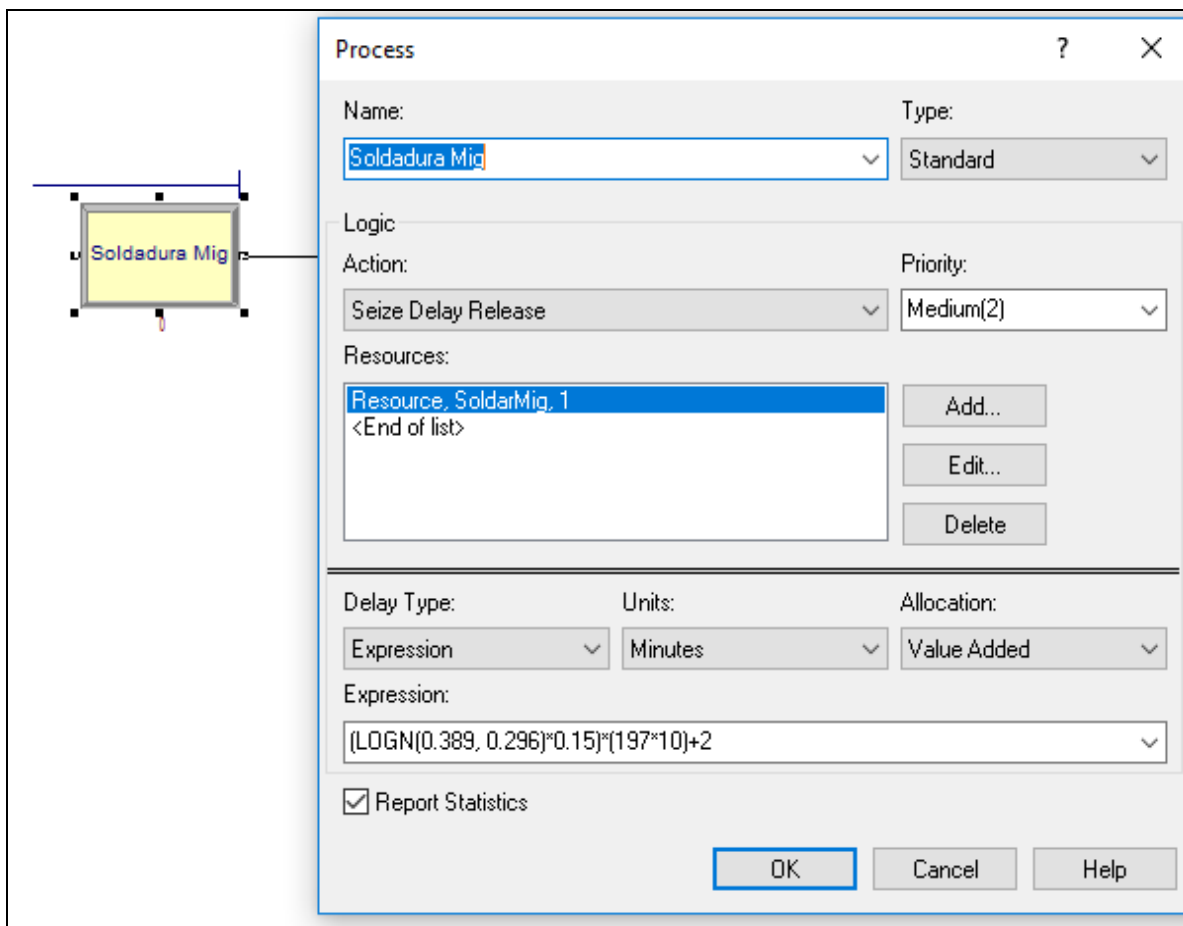


Figura 9. Proceso soldadura Mig

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 9, la expresión para este proceso es (LOGN(0.389, 0.296), el 0,15 es el valor de los suplementos, el 197 es la cantidad de soldaduras, el 10 son los milímetros de longitud de la soldadura específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 197, esto porque la cantidad de soldaduras varía según estilo y tamaño del exhibidor.

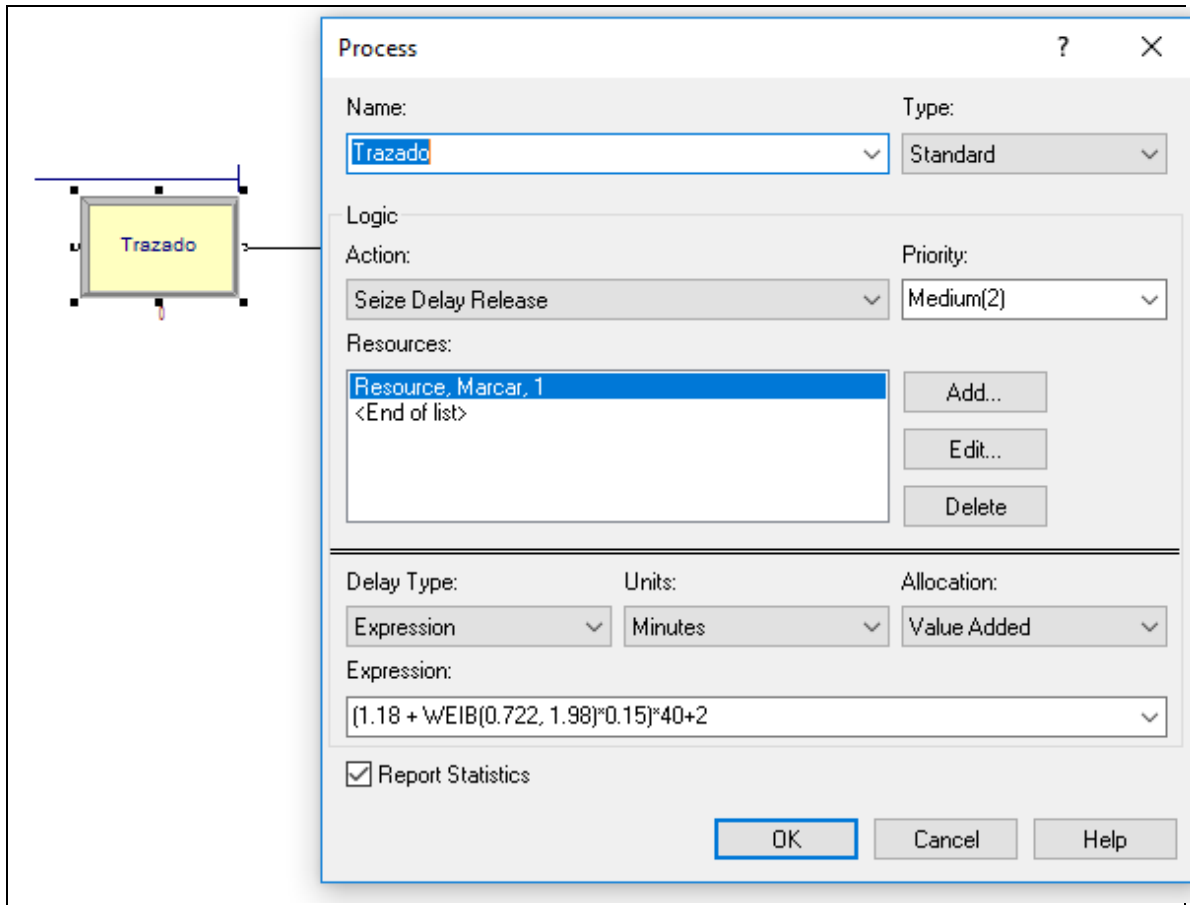


Figura 10. Proceso trazado

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 10, la expresión para este proceso es $(1.18 + WEIB(0.722, 1.98))$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 40 es la cantidad de marcas específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 50, esto porque la cantidad de soldaduras varía según estilo y tamaño del exhibidor.

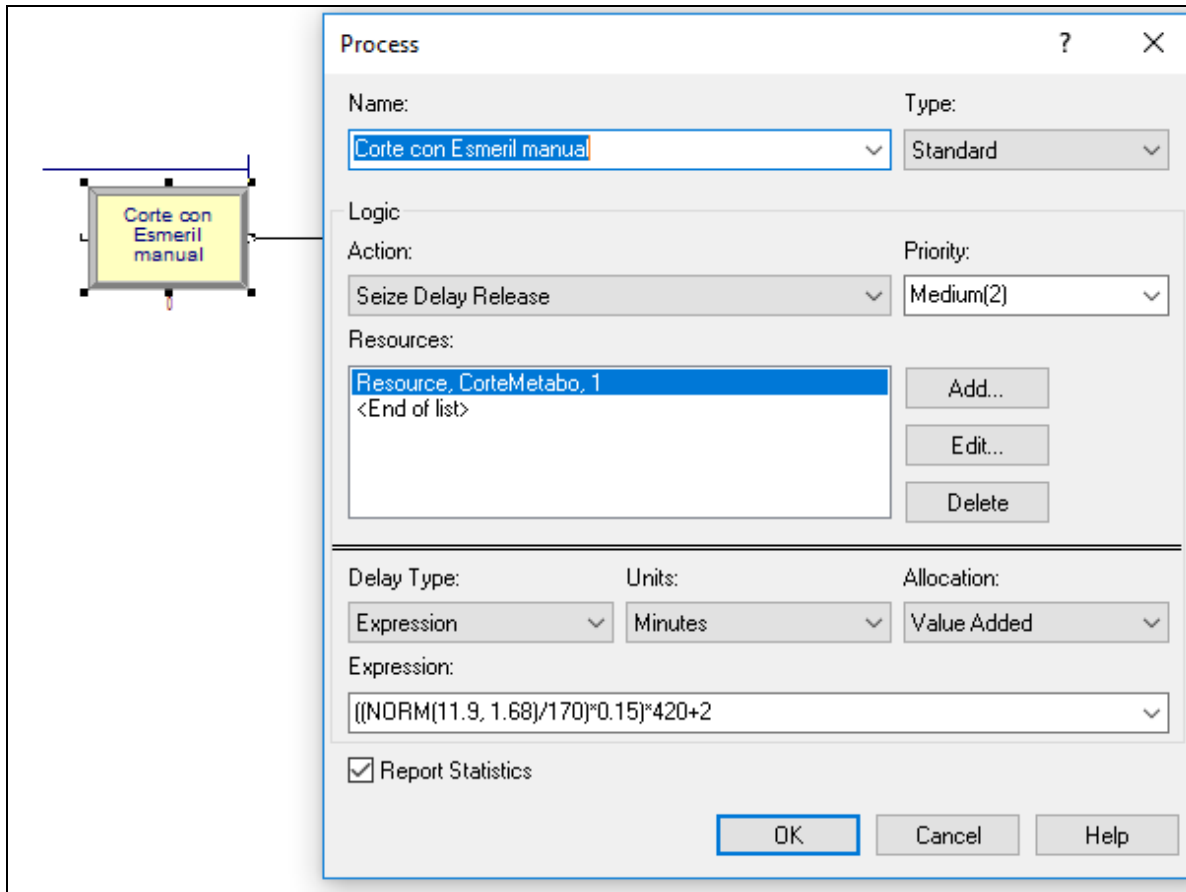


Figura 11. Proceso corte con esmeril manual

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 11, la expresión para este proceso es $((\text{NORM}(11.9, 1.68)/170) \cdot 0.15) \cdot 420 + 2$, el 170 es la longitud en centímetros del área cortada durante la toma de tiempos, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 420 es la longitud en centímetros del área por cortar específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 420, esto porque la longitud en centímetros del área por cortar varía según estilo y tamaño del exhibidor.

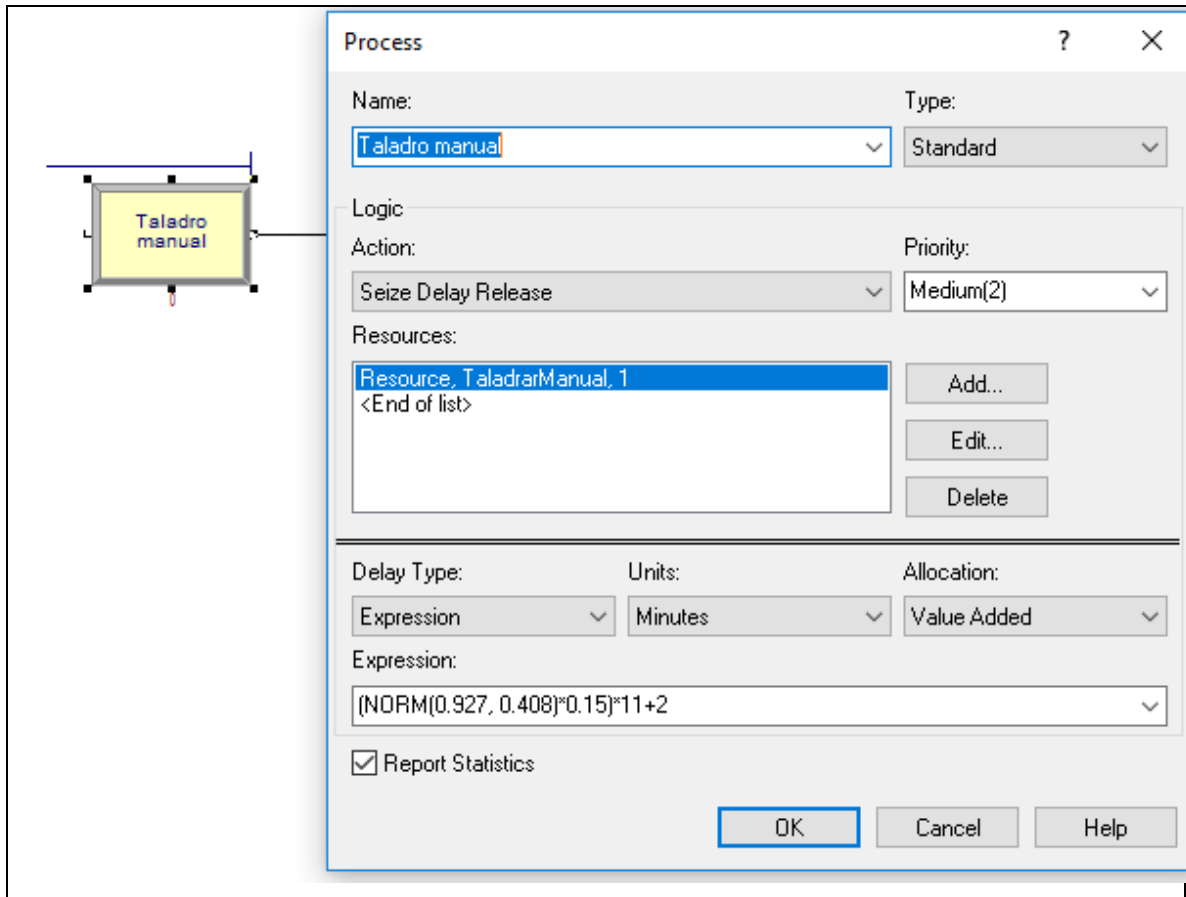


Figura 12. Proceso corte con esmeril manual

Fuente: *software Arena*, 2019.

Como se nota en la figura 21, la expresión para este proceso es $(NORM(0.927, 0.408) \cdot 0.15) \cdot 11 + 2$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 11 es la cantidad de perforaciones específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 11, esto porque la cantidad de perforaciones varía según estilo y tamaño del exhibidor.

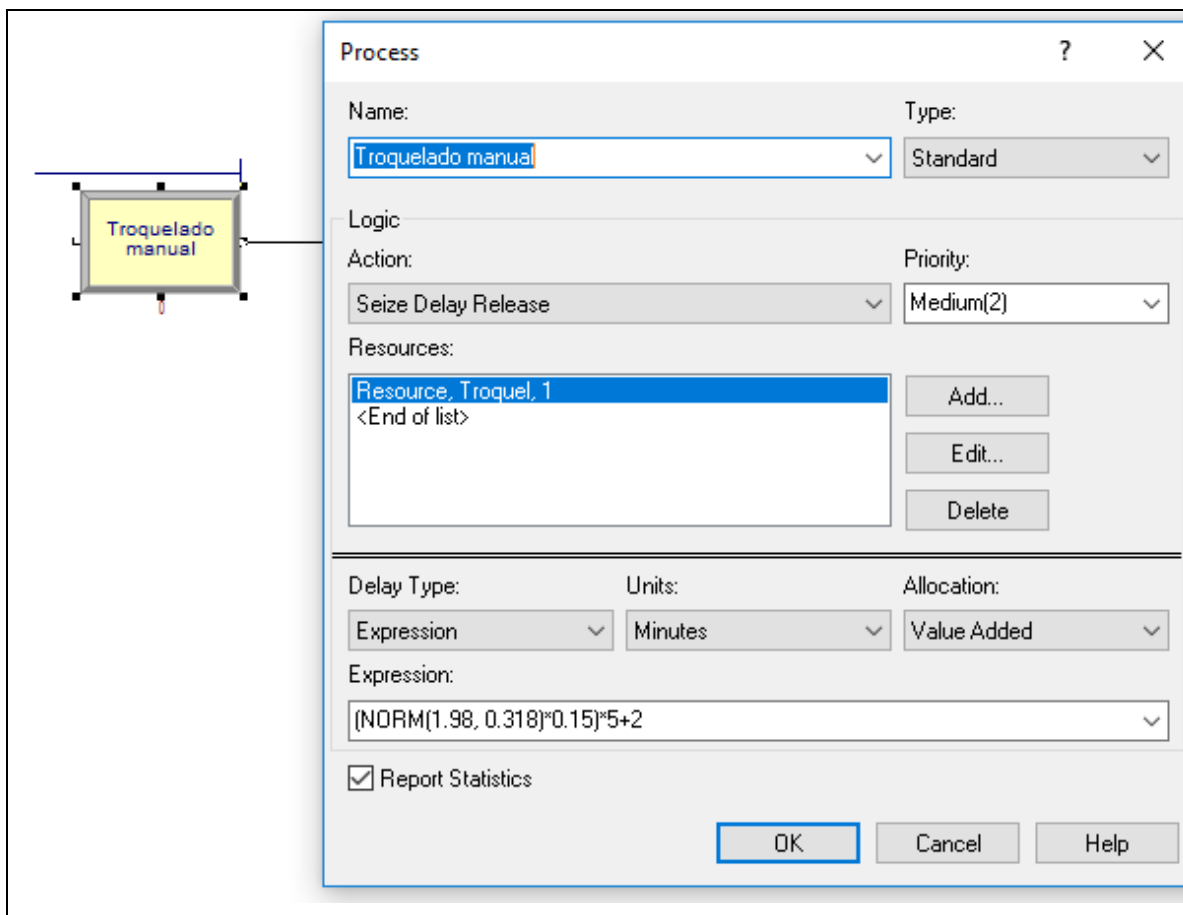


Figura 13. Proceso troquelado manual

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 13, la expresión para este proceso es $(NORM(1.98, 0.318) \cdot 0.15) \cdot 5 + 2$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 5 es la cantidad de perforaciones específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 5, esto porque la cantidad de perforaciones varía según estilo y tamaño del exhibidor.

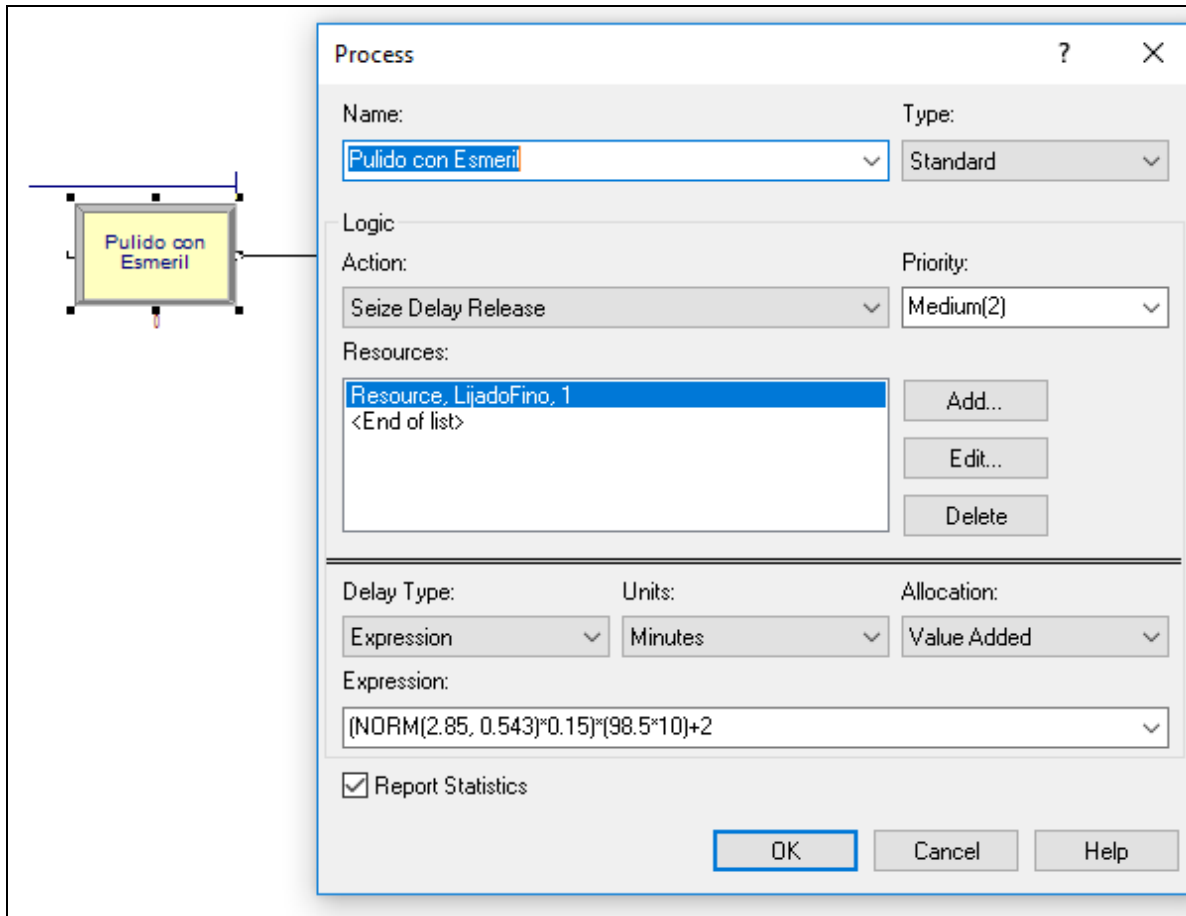


Figura 14. Proceso pulido con esmeril

Fuente: Software Arena,2019.

Como se nota en la figura 14, la expresión para este proceso es $(NORM(2.85, 0.543) \cdot 0.15) \cdot (98.5 \cdot 10) + 2$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 98.5 es la cantidad de áreas por pulir, el 10 son los milímetros de longitud de la soldadura específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 98.5, este valor es la mitad del tiempo empleado en el proceso de soldadura Mig, para tal efecto se debe calcular en función del proceso de soldadura Mig, esto porque se varía según estilo y tamaño del exhibidor.

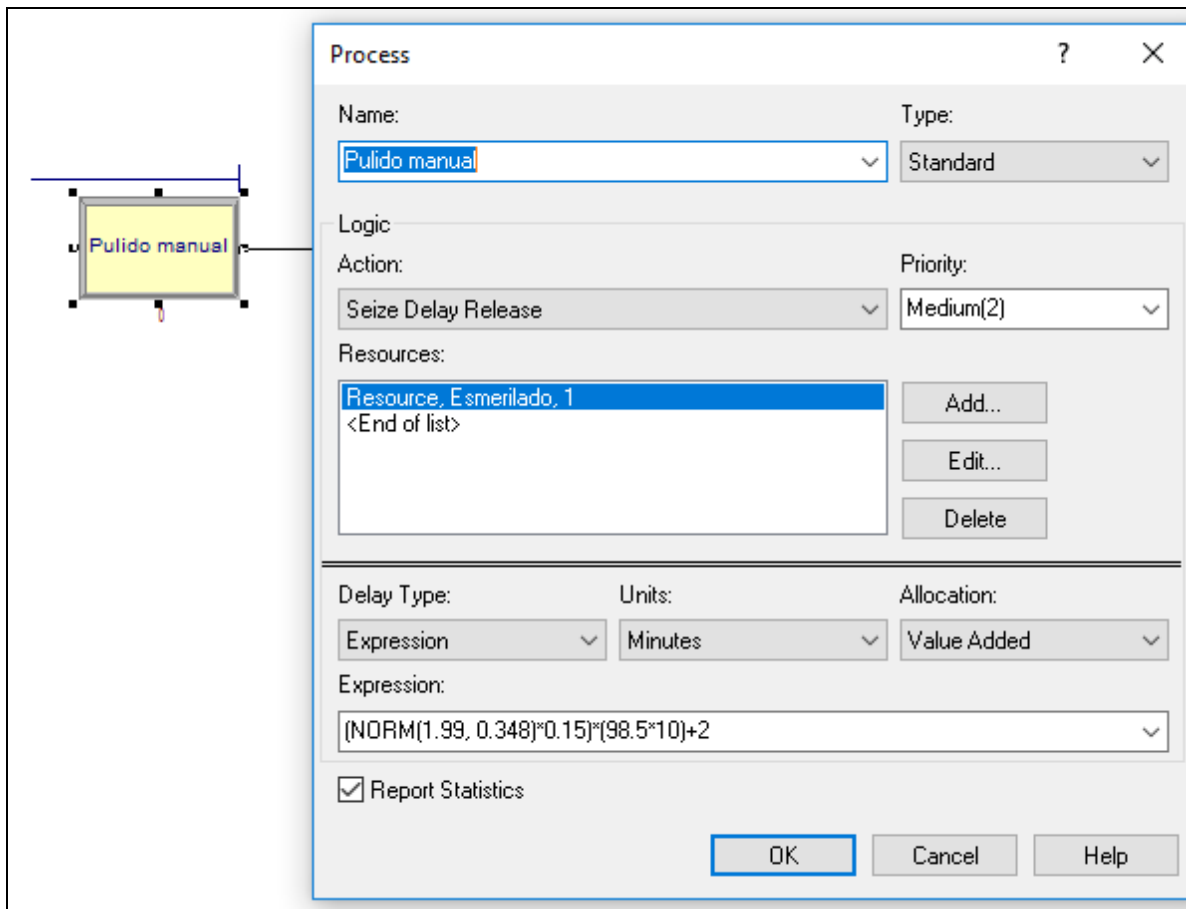


Figura 15. Proceso pulido con esmeril

Fuente: *software Arena*,2019.

Como se nota en la figura 15, la expresión para este proceso es $(NORM(1.99, 0.348) * 0.15) * (98.5 * 10) + 2$, el 0,15 es el valor de los suplementos, el 98.5 es la cantidad de áreas por pulir, el 10 son los milímetros de longitud de la soldadura específicamente para el exhibidor con orden de trabajo OP1801681, el cual está dentro del tipo E y dos minutos es el tiempo de espera para el siguiente proceso.

Nota: el valor que se debe cambiar según sea el exhibidor es el 98.5, este valor es la mitad del tiempo empleado en el proceso de soldadura Mig, para tal efecto se debe calcular en función del proceso de soldadura Mig, esto porque se varía según estilo y tamaño del exhibidor.

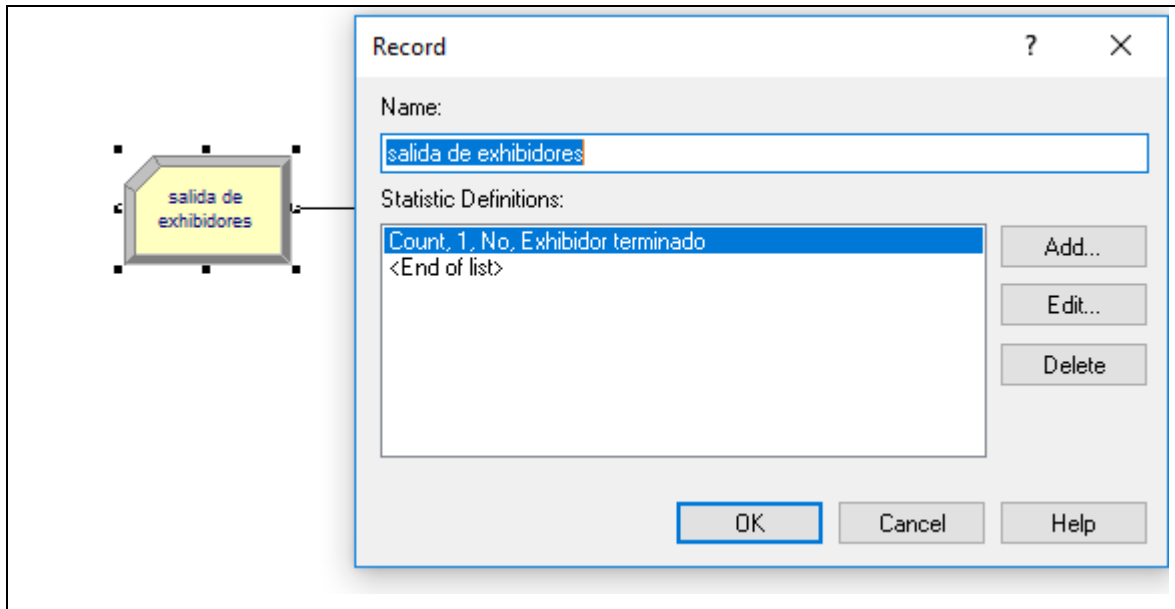


Figura 16. Récord- Conteo de exhibidores

Fuente: *software Arena,2019.*

Cuando el ciclo productivo pasa por todos los procesos que intervienen en la confección de exhibidores metálicos, el récord cuenta los exhibidores terminados, así se obtiene un dato exacto de las unidades procesadas completamente.

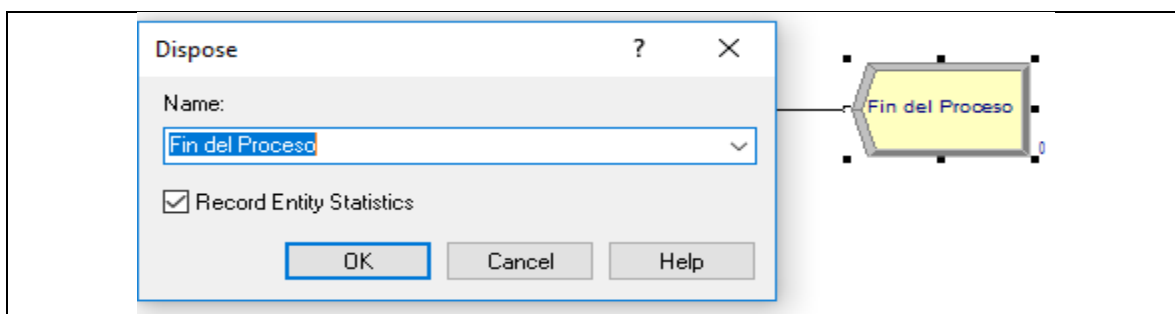
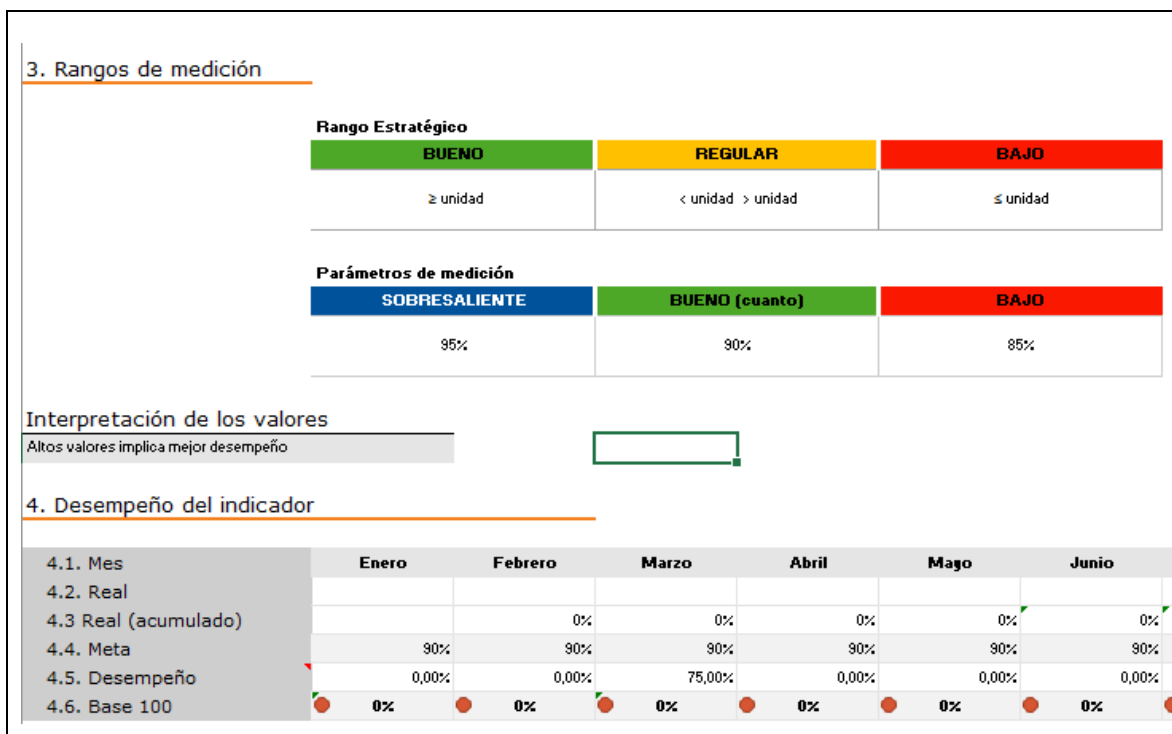


Figura 17. Dispose- Fin del proceso

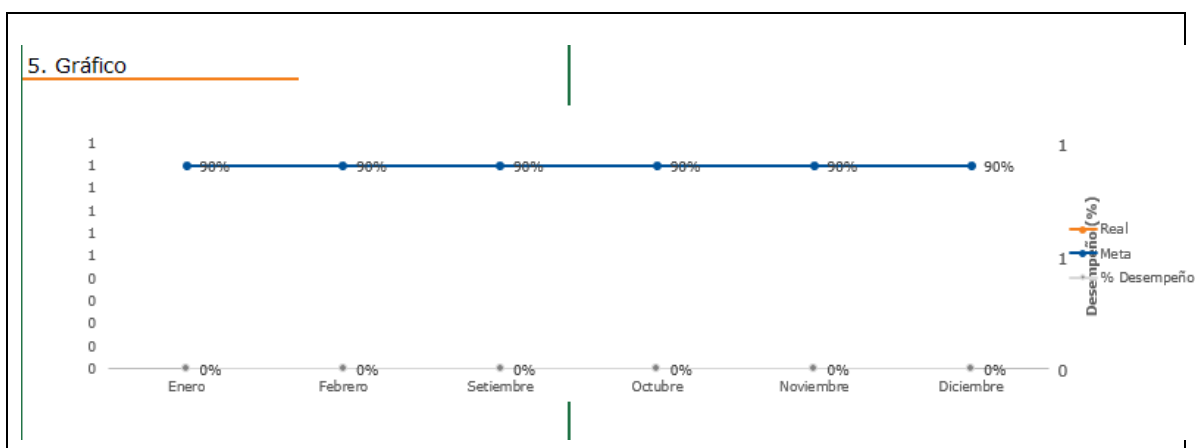
Fuente: *software Arena,2019.*

El Dispose marca el final del proceso, cabe señalar que el simulador Arena necesita un **Create** al inicio del proceso y un **Dispose** al final, sin estos no se obtendría una simulación como tal.

Anexo 3. Indicador de desempeño



Fuente: Elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Anexo 4. Análisis económico del proyecto

FLUJO DE EFECTIVO MENSUAL									
Rubro	0	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Beneficios Brutos									
Perdidas en Horas cotizadas	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638
Total	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638
Costos de Producción									
Costo de Mantener licencia Arena	0	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271
Total	0	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271	-8 271
Gastos Operativos									
Suministros	-336 015	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	-336 015	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión:									
Capacitación a colaboradores	-349 133	0	0	0	0	0	0	0	0
Licencia software Arena	-99 256	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios profesionales	-698 266	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	-1 146 655	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS NETOS	119 623	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366
TOTAL	-1 027 032	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366
PRI	-1 027 032	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366	447 366
Tasa Básica Pasiva	0,25%	mensual							
VAN	2 512 232,06	colones							
TIR	40,73%	mensual							
VAN	-580 774	1							
VA	¢445 152,60	1,30466345							
PRI	2,3	meses							
Flujo de Ingresos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638	455 638
Flujo de Egresos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	-336 015,0	-8 271,3	-8 271,3	-8 271,3	-8 271,3	-8 271,3	-8 271,3	-8 271,3	-8 271,3
Flujo Inversión	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	-1 146 655,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VAN Ingresos	¢4 060 339,35								
VAN Egresos	¢401 452,29								
VAN Inversión	¢1 146 655,00								
ROI	3,19								

Fuente: elaboración propia, 2019.

Anexo 5. Fotografías exhibidor tipo E







