

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA PROGRAMACIÓN Y
CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE MEDIIMPLANTES LTDA

LUZ ADRIANA ARIAS TORRES
ANDREA AVAUNZA SOTO

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA
2006

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA PROGRAMACIÓN Y
CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE MEDIIMPLANTES LTDA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

LUZ ADRIANA ARIAS TORRES

ANDREA AVAUNZA SOTO

DIRECTOR:

ROLANDO JOSÉ ACOSTA

INGENIERO INDUSTRIAL

ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA

2006

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	20
HISTORIA	21
1.1 GENERALIDADES	21
1.1.1 Misión	21
1.1.2 Visión	21
1.1.3 Objetivos Organizacionales	21
1.2 ORGANIGRAMA	23
1.3 PRODUCTOS	24
1.3.1 Sistema Medifix	26
1.3.2 Sistema Medimax	31
1.3.3 Sistema Mediplif	32
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	33
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	34
3.1 OBJETIVO GENERAL	36
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
4. ÁREA FOCO DEL PROYECTO	37
4.1 MAQUINARIA Y EQUIPO	37
4.1.1 Torno CNC	38
4.1.2 Centro de Mecanizado CNC	39
4.1.3 Torno Suizo	39

4.1.4 Torno Convencional	40
4.1.5 Banco de Pulido	41
4.1.6 Limpieza	41
4.1.7 Galvanizado	41
4.1.8 Marcación	42
4.1.9 Prensa manual	43
4.2 MATERIA PRIMA	43
4.3 PERSONAL DEL ÁREA	44
4.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	44
4.5 PROCESO PRODUCTIVO (ACTUAL)	44
4.5.1 Mecanizado	45
4.5.2 Acabado Superficial	49
4.6 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (ACTUAL)	53
4.6.1 Inventario de Producto Terminado	53
4.6.2 Programación de la producción	54
5. MODELO TEÓRICO	56
5.1 ELECCIÓN DEL MODELO	56
5.2 RECORRIDO DE MEDIIMPLANTES POR TEORÍA DE RESTRICCIONES	60
5.2.1 Identificar las restricciones del sistema	61
5.2.2 Explotar las restricciones	69
5.2.3 Subordinar todo a la decisión anterior	75
5.2.4 Elevar las restricciones	77
5.2.5 Mejorar continuamente	78
6. ESTUDIO DE TIEMPOS	79
6.1 TIEMPOS DE OPERACIÓN	80
6.1.1 Acerca de la estandarización del trabajo	80
6.1.2 Diagramas de procesos	83
6.1.3 Técnica para el estudio de tiempos	83
6.1.4 Tiempo tipo	83
6.2 TIEMPOS DE PREPARACIÓN	110
6.2.1 Acerca de la estandarización del trabajo	111

6.2.2	Diagramas de procesos	112
6.2.3	Técnica para el estudio de tiempos	112
6.2.4	Tiempo tipo	112
6.3	HERRAMIENTA DE TIEMPOS	124
7.	PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN (PMP)	134
7.1	CONSIDERACIONES DEL PMP EN MEDIIMPLANTES	134
7.1.1	Planeación a nivel operativo	134
7.1.2	Entorno: producción para inventario	135
7.1.3	Coherencia con el enfoque de Teoría de Restricciones	136
7.1.4	Inclusión de un componente cualitativo y cuantitativo	136
7.2	ESQUEMA DEFINITIVO DEL PMP EN MEDIIMPLANTES	137
7.2.1	Componentes del PMP	137
7.2.2	Resultado del PMP	138
7.3	EVALUACIÓN PREVIA DE ALTERNATIVAS	139
7.4	ESTABLECIMIENTO DEL PMP EN MEDIIMPLANTES	142
7.4.1	Establecimiento de los componentes del PMP	143
7.4.2	Ajuste del PMP	163
7.5	HERRAMIENTA DE PMP	164
8.	PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	174
8.1	INTRODUCCIÓN	174
8.2	ENTRADAS	175
8.3	PARÁMETROS	176
8.4	SALIDAS	178
8.5	PROCESO	179
8.5.1	Fase 0: criterios	183
8.5.2	Fase 1: restricciones	218
8.5.3	Fase 2: modificaciones	224
8.5.4	Fase 3: programación y control con DBR	233
8.6	INTERFAZ	247

9. INDICADORES	283
9.1 INDICADORES OPERATIVOS	283
9.2 INDICADORES FINANCIEROS	285
9.3 EFECTO DE LOS INDICADORES OPERATIVOS EN LOS FINANCIEROS	286
9.4 CONSIDERACIONES ADICIONALES	287
10. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	290
10.1 PARAMETRIZACIÓN DEL SISTEMA	290
10.2 PRUEBAS	290
10.3 DEFINICIÓN DE RESPONSABILIDADES	291
10.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN LA EMPRESA	292
10.5 SIMULACRO DE LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	293
10.6 CAPACITACIÓN	301
11. CONCLUSIONES	303
12. RECOMENDACIONES	305
BIBLIOGRAFÍA	307
ANEXOS	309

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama de MEDIIMPLANTES.	23
Figura 2. Sistema Medifix.	27
Figura 3. Tornillo Monoaxial.	27
Figura 4. Tornillo Poliaxial.	27
Figura 5. Tornillo Monoaxial de Reducción.	28
Figura 6. Tornillo Poliaxial de Reducción.	28
Figura 7. Barras Longitudinales.	28
Figura 8. Contratuerca y Tuerca.	29
Figura 9. Conector Transverso.	29
Figura 10. Gancho Laminar y Laminar de Reducción.	30
Figura 11. Gancho Pedicular y Pedicular de Reducción.	30
Figura 12. Gancho Torácico y Torácico de Reducción.	31
Figura 13. Sistema Medimax.	31
Figura 14. Sistema Mediplif.	32
Figura 15. Torno CNC.	38
Figura 16. Centro de Mecanizado.	39
Figura 17. Torno Suizo.	39
Figura 18. Torno Convencional.	40
Figura 19. Centro de Limpieza.	41
Figura 20. Centro de Galvanizado.	41
Figura 21. Impresora Láser.	42
Figura 22. Ventana Menú de la Herramienta de Tiempos.	125
Figura 23. Ventana Información de la Operación de la Herramienta de Tiempos.	126
Figura 24. Ventana Premuestra de la Herramienta de Tiempos.	127
Figura 25. Ventana Definición de Elementos de la Herramienta de Tiempos.	128

Figura 26.	Zoom Columna Frecuencia.	128
Figura 27.	Zoom Columna Tipo.	129
Figura 28.	Ventana Asignación de Suplementos de la Herramienta de Tiempos.	130
Figura 29.	Ventana Tabla de Suplementos de la Herramienta de Tiempos.	131
Figura 30.	Ventana Muestra de la Herramienta de Tiempos.	132
Figura 31.	Ventana Resumen de la Herramienta de Tiempos.	133
Figura 32.	Ventana Menú de la Herramienta del PMP.	165
Figura 33.	Ventana Base de Datos de la Herramienta del PMP.	167
Figura 34.	Ventana Demanda Real de la Herramienta del PMP.	168
Figura 35.	Zoom Celdas de ingreso de la fecha de la Demanda Real.	169
Figura 36.	Ventana Inventario Inicial de la Herramienta del PMP.	169
Figura 37.	Ventana Estimaciones Monetarias de la Herramienta del PMP.	171
Figura 38.	Zoom Celdas de Ingreso de nuevos productos.	172
Figura 39.	Ventana Resumen de la Herramienta del PMP.	173
Figura 40.	Zoom de la Ventana Resumen.	173
Figura 41.	Ejemplo de un Grafo completo dirigido.	199
Figura 42.	Ejemplo de un Árbol de Búsqueda.	202
Figura 43.	Ventana Ingreso de Sistemas.	248
Figura 44.	Ventana Ingreso de Productos.	249
Figura 45.	Ventana Ingreso de Grupos, para productos con clasificación.	250
Figura 46.	Ventana Ingreso de Productos, para productos sin clasificación.	251
Figura 47.	Ventana Ingreso de Componentes, para productos en los que aplica.	252
Figura 48.	Ventana Ingreso de Productos, para productos en los que no aplica.	253
Figura 49.	Ventana Ingreso de información de las referencias.	255
Figura 50.	Ventana Ingreso de artículos dependientes.	256
Figura 51.	Ventana Ingreso de información de los Centros de Trabajo.	258
Figura 52.	Ventana Ingreso de las Herramientas.	259
Figura 53.	Ventana Ingreso de información de las operaciones.	261
Figura 54.	Ventana Selección de Herramientas por operación.	262
Figura 55.	Ventana Definición de Rutas.	263
Figura 56.	Ventana Definición de Rutas por producto.	263
Figura 57.	Ventana Ordenamiento de los Centros de Trabajo.	266
Figura 58.	Ventana Definición de Operaciones por Centro de Trabajo.	267

Figura 59.	Ventana Inclusión de Tiempos de operación.	268
Figura 60.	Ventana Inclusión de Gastos de operación.	269
Figura 61.	Ventana Ingreso de información de los Gastos de operación.	271
Figura 62.	Ventana Ingreso de información de los Inventarios.	272
Figura 63.	Ventana Ingreso de información del Flujo de Efectivo.	273
Figura 64.	Ventana Entrada del PMP.	274
Figura 65.	Ventana Anuncio de la Restricción, si es un centro de trabajo.	275
Figura 66.	Ventana Anuncio de la Restricción, si es el mercado.	276
Figura 67.	Zoom de la ventana Cronograma de la Restricción.	277
Figura 68.	Zoom de la ventana Programa de Liberación de Materiales.	277
Figura 69.	Zoom de la ventana Cronograma General.	278
Figura 70.	Zoom de la ventana Indicadores Financieros.	278
Figura 71.	Zoom de la ventana Indicadores operativos – Throughput.	278
Figura 72.	Zoom de la ventana Indicadores operativos - Inventarios.	279
Figura 73.	Zoom de la ventana Indicadores operativos – Gastos de Operación.	279
Figura 74.	Zoom de la ventana Requerimientos netos de producción.	279
Figura 75.	Mensaje Almacenar la información.	280
Figura 76.	Ventana Modificaciones de las Rutas.	281
Figura 77.	Mensaje Modificar PMP.	281

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Referencias de artículos manejados hasta la fecha.	24
Tabla 2. Ventas reportadas por año.	34
Tabla 3. Listado de referencias de Materia Prima de los implantes.	43
Tabla 4. Descripción del proceso de Anodizado.	82
Tabla 5. Descripción del proceso de Pulido.	82
Tabla 6. Subdivisión de la operación uno del Pin de Schanz.	86
Tabla 7. Elementos de la operación A (ejemplo).	87
Tabla 8. Total de tiempo por tipo.	88
Tabla 9. Elementos de la operación B (ejemplo).	88
Tabla 10. Total de tiempo por tipo.	88
Tabla 11. Tiempo Normalizado por elemento (ejemplo).	92
Tabla 12. Tiempo Normalizado Promedio por elemento (ejemplo).	93
Tabla 13. Suplementos por elemento (ejemplo).	94
Tabla 14. Tiempo Asignado por elemento (ejemplo).	94
Tabla 15. Tiempo Asignado por tipo (ejemplo).	94
Tabla 16. Tiempos de operación para los Tornillos Monoaxiales (R. CNC).	96
Tabla 17. Tiempos de operación para los Cuerpos Poliaxiales (R. CNC).	97
Tabla 18. Tiempos de operación para las Cabezas Poliaxiales (R. CNC).	98
Tabla 19. Tiempos de operación para el Ensamblador Poliaxial (R. CNC).	99
Tabla 20. Tiempos de operación para los Ganchos Laminar (R. CNC).	99
Tabla 21. Tiempos de operación para los Ganchos Pedicular (R. CNC).	100
Tabla 22. Tiempos de operación para los Ganchos Torácico (R. CNC).	100
Tabla 23. Tiempos de operación para el Tornillo del gancho lateral (R. CNC).	101
Tabla 24. Tiempos de operación para la Tuerca (R. CNC).	101
Tabla 25. Tiempos de operación para la Contratuerca (R. CNC).	102

Tabla 26.	Tiempos de operación para las Barras Transversas (R. CNC).	102
Tabla 27.	Tiempos de operación para las Barras Longitudinales (R. CNC).	102
Tabla 28.	Tiempos de operación para el Cuerpo de Rótula (R. CNC).	103
Tabla 29.	Tiempos de operación para la Pinza de Rótula (R. CNC).	104
Tabla 30.	Tiempos de operación para la Arandela de Rótula (R. CNC).	104
Tabla 31.	Tiempos de operación para la Tuerca de Rótula (R. CNC).	104
Tabla 32.	Tiempos de operación para el Tornillo de Rótula (R. CNC).	105
Tabla 33.	Tiempos de operación para los Pines de Schanz (R. CNC).	105
Tabla 34.	Tiempos de operación para el Cuerpo Intervertebral (R. CNC).	106
Tabla 35.	Tiempos de operación para el Bloqueador Intervertebral (R. CNC).	106
Tabla 36.	Tiempos de operación para los Tornillos Monoaxiales (R. Suizo).	107
Tabla 37.	Tiempos de operación para los Cuerpos Poliaxiales (R. Suizo).	108
Tabla 38.	Tiempos de operación para las Cabezas Poliaxiales (R. Suizo).	108
Tabla 39.	Tiempos de operación para el Ensamblador Poliaxial (R. Suizo).	109
Tabla 40.	Tiempos de operación para el Gancho Lateral (R. Suizo).	109
Tabla 41.	Tiempos de operación para la Tuerca (R. Suizo).	109
Tabla 42.	Tiempos de operación para la Tuerca de Rótula (R. Suizo).	110
Tabla 43.	Tiempos de operación para los Pines de Schanz (R. Suizo).	110
Tabla 44.	Actividades de Preparación en el Torno CNC.	116
Tabla 45.	Actividades de Preparación en el CMV.	117
Tabla 46.	Actividades de Preparación en el Torno Suizo.	117
Tabla 47.	Actividad de Preparación en el Centro de Anodizado.	119
Tabla 48.	Actividad de Preparación en el Centro de Marcado.	119
Tabla 49.	Duración de las actividades variables de preparación en el Torno CNC.	121
Tabla 50.	Duración de las actividades fijas de preparación en el Torno CNC.	121
Tabla 51.	Duración de las actividades variables de preparación en el CMV.	122
Tabla 52.	Duración de las actividades fijas de preparación en el CMV.	122
Tabla 53.	Duración de las actividades variables de preparación en el Torno Suizo.	122
Tabla 54.	Duración de las actividades fijas de preparación en el Torno Suizo.	123
Tabla 55.	Duración de las actividades de preparación en Anodizado.	123
Tabla 56.	Duración de las actividades de preparación en Marcado.	123
Tabla 57.	Características de los componentes del PMP para MEDIIMPLANTES.	137
Tabla 58.	Proyección de demanda para el Gancho Torácico (ejemplo).	148

Tabla 59. Tiempos de las actividades de Preparación para la referencia 100-5-PL*40 (ejemplo).	205
Tabla 60. Información de las tareas asignadas a cada una de las rutas (ejemplo).	209
Tabla 61. Información de las tareas asignadas a Pulido (ejemplo).	210
Tabla 62. Fusión de las tareas provenientes de las rutas (ejemplo).	211
Tabla 63. Tiempo de las operaciones de pulido (ejemplo).	212
Tabla 64. Información de las tareas asignadas a los operarios de Pulido (ejemplo).	214
Tabla 65. Esquema de presentación de los Recursos Restricción.	223
Tabla 66. Información presentada para Recursos Restricción.	229
Tabla 67. Información de las tareas asignadas a cada una de las rutas (ejemplo).	241
Tabla 68. Información de las tareas asignadas a Pulido (ejemplo).	241
Tabla 69. Cronograma modificado para Pulido (ejemplo).	242
Tabla 70. Cronograma de terminación modificado para las rutas (ejemplo).	243
Tabla 71. Programa de Liberación de Materiales (ejemplo).	244
Tabla 72. Información relacionada con las responsabilidades.	291
Tabla 73. Requerimientos de Producción Netos (simulacro).	295
Tabla 74. Programación del CMV (simulacro).	297
Tabla 75. Programa de Liberación de Materiales (simulacro).	298
Tabla 76. Información relacionada con la capacitación.	302

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Diagrama de distribución de planta.	310
Anexo B. Diagramas de operaciones del proceso productivo.	311
Anexo C. Elementos del ciclo de trabajo de los artículos.	327
Anexo D. Formato de registro de datos de la premuestra.	369
Anexo E. Formato de registro de datos de la muestra.	370
Anexo F. Tiempos de producción total para cada artículo.	371
Anexo G. Diagramas de flujo del proceso de las actividades de preparación.	376
Anexo H. Elementos del ciclo de trabajo de las actividades de preparación.	380
Anexo I. Herramientas de las operaciones realizadas en los centros trabajo de mecanizado.	385
Anexo J. Artículos de demanda independiente.	386
Anexo K. Artículos de demanda dependiente.	388
Anexo L. Diagrama de flujo para el Establecimiento del PMP (preliminar).	389
Anexo M. Cálculo del Costo de Capital hasta abril del 2006.	390
Anexo N. Costos unitarios de exceso y de faltante para los artículos.	393
Anexo O. Ejemplo de determinación del punto de pedido y stock de seguridad.	395
Anexo P. Pruebas estadísticas de distribución de probabilidad.	398
Anexo Q. Diagrama de flujo general para la Programación de la Producción.	414
Anexo R. Diagrama de flujo Fase 0. Paso 1: Asignación de artículos con una única ruta	415
Anexo S. Diagrama de flujo Fase 0. Paso 2: Asignación de artículos con más de una ruta	416
Anexo T. Diagrama de flujo Fase 0. Paso 3. Etapa 1: Ordenamiento inicial (Algoritmo de la búsqueda preferente por profundidad para el caso particular)	417
Anexo U. Diagrama de flujo Fase 0. Paso 3. Etapa 2: Ordenamiento posterior	418

Anexo V. Diagrama de flujo Fase 1: Restricciones.	419
Anexo W. Diagrama de flujo Fase 2: Modificaciones.	420
Anexo X. Diagrama de flujo Fase 3: Programación y control con DBR.	422
Anexo Y. Artículos restringidos a operarse a una sola ruta.	423
Anexo Z. Porcentajes de Reducción de los artículos procesados en ambas rutas.	424
Anexo 1. Mensaje de salida: Mercado como restricción.	425
Anexo 2. Tiempo de la operación de Ensamble.	426
Anexo 3. Rubros que componen el Indicador Inventarios en MEDIIMPLANTES.	427
Anexo 4. Rubros que componen el Indicador Gastos de Operación en MEDIIMPLANTES.	428

RESUMEN

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN MEDIIMPLANTES LTDA.*

AUTORES: LUZ ADRIANA ARIAS TORRES
ANDREA AVAUNZA SOTO**

PALABRAS CLAVES:

TEORIA DE RESTRICCIONES, MANUFACTURA SINCRÓNICA CUELLO DE BOTELLA, RECURSO DE CAPACIDAD LIMITADA, SECUENCIACIÓN, TIEMPOS DE OPERACIÓN, TIEMPOS DE PREPARACIÓN, PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN, PROYECCIÓN, STOCK DE SEGURIDAD, HERRAMIENTA.

DESCRIPCIÓN:

Éste proyecto fue realizado en MEDIIMPLANTES LTDA. bajo la modalidad de Práctica Empresarial, su objetivo central, influenciado por la filosofía desarrollada por Eliyahu Goldratt, se enfocó en dar tratamiento a las actividades relacionadas con planear, programar y controlar la producción a nivel operativo, consideradas como críticas en una empresa de tipo manufacturera. Como primera medida se da pie a una planeación que permita programar periódicamente la fabricación de los artículos, para lo cual se planteó establecer un Programa Maestro de Producción (PMP) alimentado con componentes tales como: proyección cuantitativa de la demanda, stock de seguridad, previsiones e inventario inicial; la obtención de los resultados esperados del PMP se facilita gracias a una herramienta creada para ello.

Por su parte, la programación de la producción, se basa principalmente en la detección de las restricciones físicas del sistema y su obtención periódica se realiza a través de una Herramienta Software que guía y facilita la toma de decisiones. La entrada principal de dicha herramienta es el PMP, mientras que los parámetros más relevantes son los tiempos de operación y de preparación, para los cuales se realizó un estudio de tiempos y una herramienta que permite la actualización e inclusión de éstos.

Finalmente el control se ejerce verificando el cumplimiento de los planes operativos propuestos con la ejecución real de los mismos, gracias al empleo de un grupo de indicadores propuestos y a la revisión de los puntos que sean detectados críticos para el sistema.

* Trabajo de grado modalidad practica empresarial en mediana empresa.

** Facultad de Físico mecánicas – Escuela de Estudios Industriales y Empresariales – Dirigido por Rolando José Acosta.

SUMARY

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR PLANNING, PROGRAMMING AND CONTROL OF THE PRODUCTION IN MEDIIMPLANTES LTDA.*

AUTHORS: LUZ ADRIANA ARIAS TORRES
ANDREA AVAUNZA SOTO**

KEY WORDS:
THEORY OF CONSTRAINTS, SYNCHRONOUS MANUFACTURING, BOTTLENECK, RESOURCE OF LIMITED CAPACITY, SCHEDULING, OPERATING TIMES, SETUP TIMES, MASTER PROGRAM SCHEDULE, FORECASTING, SAFETY STOCK, TOOL.

DESCRIPCIÓN:

This project was made in MEDIIMPLANTES Ltda. using the modality of Enterprise Practice, the central objective, influenced by the philosophy developed by Eliyahu Goldratt, focused in giving treatment to the activities related with planning, programming and controlling the production at an operative level, considered critical in a manufacturing company. The first step is establishing a plan that allows the periodic programming of the manufacture of articles, for which it is considered to establish a Master Program Schedule (MPS) fed with components such as: a quantitative forecast of demand, a safety stock, foresight and an initial inventory; obtaining results expected of the MPS facilitates thanks to the tool created for it.

On the other hand, the programming of the production, is based mainly on the detection of the physical constraints of the system and obtaining these periodically is done through a Software Tool that guides and facilitates the decision making. The main input of this tool is the MPS, whereas the most important parameters are the operating and preparation times, for which a study was made of times and a tool that allows to the update and inclusion of these.

Lastly the control is exerted verifying the fulfillment of the proposed operative plans with their real execution, thanks to the use of a group of proposed indicators and the revision of points that are detected critical for the system.

* Work of degree modality it practices enterprise in medium company.

** Faculty of Physics Mechanics - School of Industrial and Managerial Studies – Directed by Rolando José Acosta.

INTRODUCCIÓN

Dentro del enfoque actual, en un escenario de negocios turbulento, los componentes que promueven el crecimiento y la permanencia de las empresas calificadas como competitivas, hacen referencia a favorecer la posición de la organización en aspectos tales como: costos, calidad, variedad, flexibilidad y tiempos de respuesta. La orientación es gestionar la empresa de manera integrada, vista como una cadena de suministros cuyos eslabones son las diferentes áreas o actividades de la misma (mercadotecnia, manufactura, finanzas, entre otros). Pero si se examinan detalladamente los componentes de costos, calidad, etc., no se puede ignorar el impacto y la cobertura que tiene sobre ellos, mas que cualquier otra área, el área de operaciones, principalmente entendida como la encargada de la gestión del sistema productivo en la empresa de tipo manufacturera.

Dado que el desarrollo de éste proyecto pretende beneficiar a una organización calificada como tal y, considerando que la administración de las operaciones de producción resulta ser sumamente relevante en dicho caso, fue necesario evaluar la empresa desde ésta óptica para detectar un problema o el más crítico de ellos. Frecuentemente es el mismo para las empresas de la región e inclusive del país: la carencia de herramientas que soporten la toma de decisiones a nivel operativo, una situación especialmente crítica al tratarse de la programación de la producción, que a su vez, puede convertirse en un problema complejo que no puede ser solventado únicamente bajo decisiones basadas en el juicio y en el nivel de experiencia del encargado.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 HISTORIA¹

MEDIIMPLANTES LTDA. se constituyó mediante escritura pública el 22 de noviembre del año 2000, en respuesta a la inquietud de un empresario del ramo médico-hospitalario y tres médicos por explorar el mercado de los implantes de columna vertebral en Colombia.

El mercado siempre se ha limitado a 4 empresas comerciales internacionales fuertes que distribuyen este material y una nacional, a unos costos muy elevados, dejando sin posibilidad de acceso a gran parte de la población que no cuenta con un seguro médico ni tampoco con recursos económicos.

MEDIIMPLANTES ingresó al mercado santandereano importando implantes quirúrgicos de Brasil con una muy buena calidad y a unos precios muy competitivos, lo que condujo a manejar el 60 % del mercado de la ciudad, posteriormente se incursionó en ciudades como Cúcuta y parte Norte del Valle del Cauca.

Con resultados tan positivos los socios comenzaron a contemplar la posibilidad de fabricar los implantes; ya se tenía experiencia en el diseño de estos sistemas debido a que dos médicos socios de la compañía habían diseñado el SISTEMA EXACTO para fracturas de columna a la compañía Brasileira de donde se importaban los productos.

Fue así como en el año 2004 después de madurar muy detenida y concienzudamente la idea de ser productores, se llegó al montaje de la planta para fabricar implantes de columna vertebral dotándola con tecnología de punta y con la filosofía de poder contribuir al desarrollo de nuestro país, brindándole oportunidades a la población menos favorecida para mejorar su calidad de vida en caso de sufrir de alguna patología de Columna.

¹ Información adaptada de LIZARAZO, Carlos. Estudio de planeación estratégica para MEDIIMPLANTES. Bucaramanga, 2005.

MEDIIMPLANTES es una empresa que actualmente comercializa implantes quirúrgicos, especialmente para columna vertebral. Como parte de su plan estratégico, los socios de la empresa tomaron la decisión de pasar de comercializadora a empresa productora/comercializadora. El objetivo ahora es fabricar en su propia planta los implantes quirúrgicos que han venido comercializando y distribuirlos directamente.

1.2 GENERALIDADES

1.2.1 Misión: somos una compañía creada para brindar soluciones integrales en prevención, manejo y rehabilitación de patologías de columna vertebral, garantizando una atención oportuna para los usuarios y entidades del sistema de seguridad social en salud.

1.2.2 Visión: para el 2007, consolidarnos como la mejor empresa en el sector a nivel nacional proyectándonos como centro de referencia en la fabricación y distribución de implantes de columna, contando con un producto de excelente calidad.

1.2.3 Objetivos Organizacionales

Objetivos Financiero

- Mayor rentabilidad en capital invertido
- Reconocimiento como compañía “selecta”.
- Beneficios estables durante periodos de recesión.

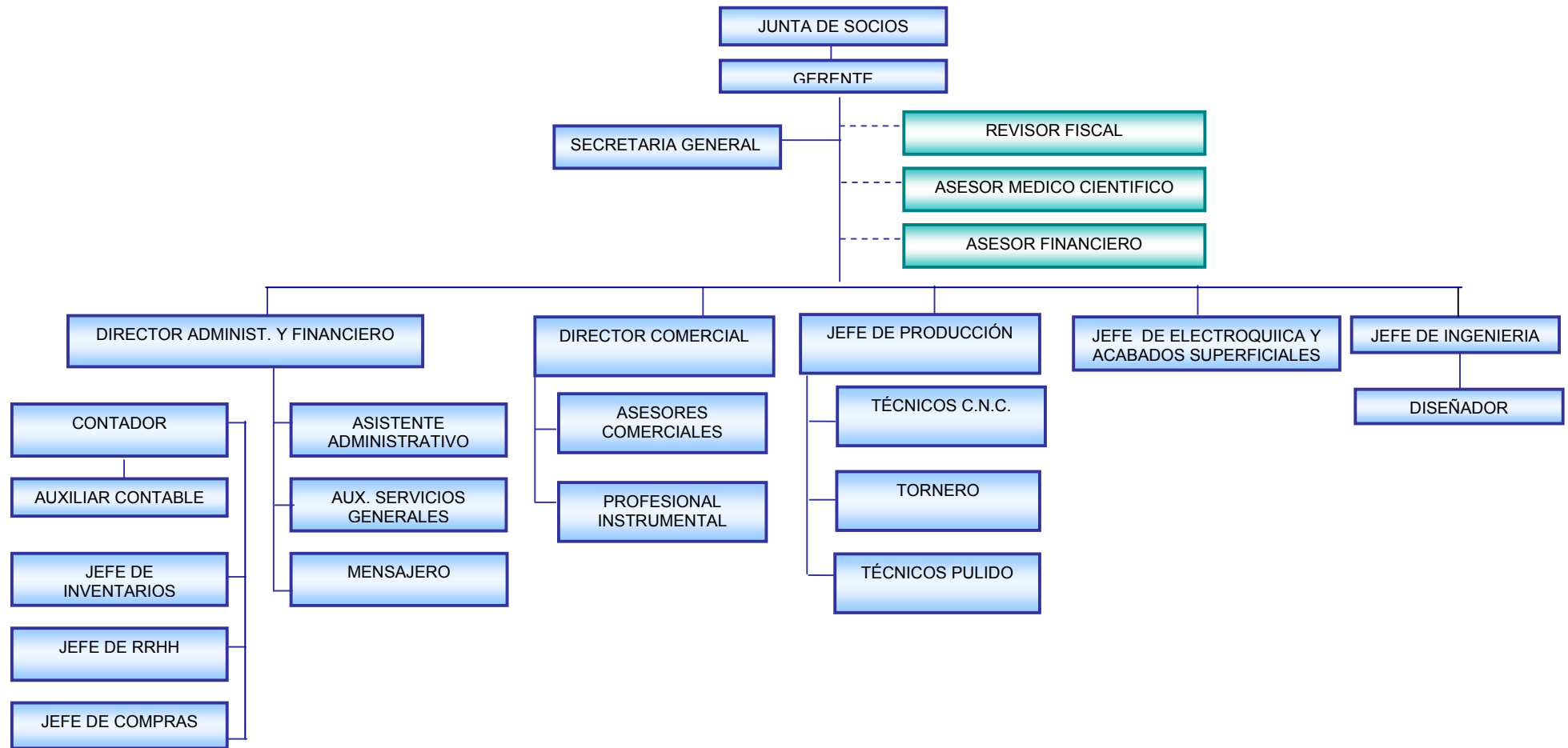
Objetivos Estratégicos

- Mayor participación en el mercado.
- Una posición más alta y segura en la industria.
- Mayor calidad de los productos.
- Costos más bajos en relación con los competidores claves.
- Línea de productos más amplia y atractiva.

- Mejor reputación con los clientes.
- Servicio superior a los clientes.
- Reconocimiento como líder en tecnología e innovación de productos.

1.3 ORGANIGRAMA

Figura 1. Organigrama de MEDIIMPLANTES



Fuente: MEDIIMPLANTES LTDA.

1.4 PRODUCTOS

En MEDIIMPLANTES, actualmente se fabrican implantes para columna vertebral y el instrumental necesario para su ajuste en el momento de las cirugías, estos últimos forman parte de un servicio que la empresa ofrece a los clientes y por lo tanto no se reciben ingresos a cambio de estos, además su producción no es frecuente, por esta razón el alcance de este proyecto contempla dentro de su estudio todas las referencias de los implantes, excluyendo el equipo instrumental.

Actualmente MEDIIMPLANTES produce y comercializa sus productos bajo tres grupos denominados como Sistemas, cada uno cumple una función específica, dando tratamiento a una patología o lesión de la columna vertebral en particular y cada uno, está compuesto por un número determinado de implantes.

En la Tabla 1 mostrada a continuación se listan las 74 referencias actualmente manejadas por la empresa.

Tabla 1. Referencias de artículos manejados hasta la fecha

SISTEMA	NOMBRE	GRUPO	TIPO	REFERENCIA	DETALLE
SISTEMA PEDICULAR	Contratuerca			100-3	Contratuerca
	Tuerca			100-6	Tuerca
	Ganchos		Lateral	100-4-1	Gancho lateral
				100-4-1-TGL	Tornillo gancho lateral
			Laminar	100-4-3-M	Gancho laminar mediano
				100-4-3-MR	Gancho laminar de red.
				100-4-4	Gancho pedicular
			Pedicular	100-4-4R	Gancho pedicular de red.
				100-4-5	Gancho torácico
			Torácico	100-4-5R	Gancho torácico de red.
	Barras	Transversas		100-2-3-60	Barra transversa x 60
				100-2-3-80	Barra transversa x 80
				100-2-3-100	Barra transversa x 100
		Longitudinales		100-2-1-50	Barra longitudinal x 50
				100-2-1-60	Barra longitudinal x 60

				100-2-1-70	Barra longitudinal x 70
				100-2-1-80	Barra longitudinal x 80
				100-2-1-90	Barra longitudinal x 90
				100-2-1-110	Barra longitudinal x 110
				100-2-1-130	Barra longitudinal x 130
				100-2-1-150	Barra longitudinal x 150
				100-2-1-180	Barra longitudinal x 180
				100-2-1-210	Barra longitudinal x 210
				100-2-1-300	Barra longitudinal x 300
				100-2-1-480	Barra longitudinal x 480
	Tornillos	Poliaxiales		100-5-P-CP	Cabeza poliaxial
				100-5-P-CPR	Cabeza poliaxial de reducción
				100-5-P-EP	Ensamblador poliaxial
			Torácico	100-5-PT-30	Tornillo poliaxial 5.0 x 30
				100-5-PT-35	Tornillo poliaxial 5.0 x 35
				100-5-PT-40	Tornillo poliaxial 5.0 x 40
				100-5-PTR-30	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30
				100-5-PTR-35	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35
				100-5-PTR-40	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40
			Lumbar	100-5-PL-30	Tornillo poliaxial 6.0 x 30
				100-5-PL-35	Tornillo poliaxial 6.0 x 35
				100-5-PL-40	Tornillo poliaxial 6.0 x 40
				100-5-PL-45	Tornillo poliaxial 6.0 x 45
				100-5-PL-50	Tornillo poliaxial 6.0 x 50
				100-5-PLR-30	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 30
				100-5-PLR-35	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 35
				100-5-PLR-40	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 40
				100-5-PLR-45	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 45
				100-5-PLR-50	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 50
			Sacro	100-5-PS-35	Tornillo poliaxial 7.0 x 35
				100-5-PS-40	Tornillo poliaxial 7.0 x 40
		Monoaxiales	Torácico	100-5-MT-30	Tornillo monoaxial 5.0 x 30
				100-5-MT-35	Tornillo monoaxial 5.0 x 35
				100-5-MT-40	Tornillo monoaxial 5.0 x 40
				100-5-MTR-30	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 30
				100-5-MTR-35	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 35
				100-5-MTR-40	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 40
			Lumbar	100-5-ML-30	Tornillo monoaxial 6.0 x 30

				100-5-ML-35	Tornillo monoaxial 6.0 x 35
				100-5-ML-40	Tornillo monoaxial 6.0 x 40
				100-5-ML-45	Tornillo monoaxial 6.0 x 45
				100-5-ML-50	Tornillo monoaxial 6.0 x 50
				100-5-MLR-30	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 30
				100-5-MLR-35	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 35
				100-5-MLR-40	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 40
				100-5-MLR-45	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 45
				100-5-MLR-50	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 50
			Sacro	100-5-MS-40	Tornillo monoaxial 7.0 x 40
				100-5-MS-45	Tornillo monoaxial 7.0 x 45
SISTEMA EXACTO	Rótula			102-1-1	Cuerpo de Rótula o Conector Medimax
				102-1-2	Pinza de rótula
				102-1-3	Arandela de rótula
				102-1-4	Tuerca de rótula
				102-1-5	Tornillo fijador de rótula
	Pin de Schanz		Torácico	102-2-T	Shans o pin torácico medimax
			Lumbar	102-2-L	Shans o pin lumbar medimax
			Sacro	102-2-S	Shans o pin sacro medimax
SISTEMA INTERVERTEBRAL	Fusser			101-1	Cuerpo Intervertebral 12*25 (Fusser)
	Bloqueador			101-1-2	Bloqueador

Fuente: MEDIIMPLANTES LTDA.

La selección correcta del implante en cuanto a productos, forma, tamaño y diseño está directamente relacionada con el tratamiento que requieren los pacientes a los cuales se les aplique el sistema, pero nunca remplazan estructuras normales del cuerpo humano.

1.4.1 Sistema Medifix

Es un sistema modular de implantes en titanio, diseñado para la estabilización o fijación de lesiones de la columna torácica, lumbar y toracolumbar, por abordaje posterior. Se compone de un conjunto de tornillos autorroscantes, ganchos laminares, ganchos pediculares, ganchos torácicos, barras longitudinales, tuercas, contratueras y conector transversal.

Figura 2. Sistema Medifix



- **Tornillos**

Son tornillos de diseño original, esponjosos, autorroscantes y se fijan a los pedículos. Por los diferentes diámetros en los que vienen son aplicables en la región torácico, lumbar y sacra. Existen cuatro tipos de tornillos: tornillo monoaxial, tornillo monoaxial espondilo, tornillo poliaxial y tornillo poliaxial espondilo.

- ✓ Diámetros: 5, 6 y 7 mm
- ✓ Longitudes: 30,35,40,45 mm
- ✓ Tipos: Monoaxiales, Monoaxiales de Reducción, Poliaxiales y Poliaxiales de Reducción.

Figura 3. Tornillo Monoaxial



Figura 4. Tornillo Poliaxial



Figura 5. Tornillo Monoaxial de Reducción



Figura 6. Tornillo Poliaxial de Reducción



- **Barras longitudinales**

Son de fácil manipulación, dan la posibilidad de dar Lordosis o Cifosis según la curvatura anatómica del paciente. Pueden ser moldeadas de acuerdo a las necesidades de la cirugía.

- ✓ Diámetro de 6 mm
- ✓ Longitudes variables con incrementos de 20mm desde 50 a 90mm y con incrementos de 20mm desde 90 a 480mm.

Figura 7. Barras Longitudinales



- **Contratuerca y Tuerca**

Estos dos implantes, la Tuerca (externa) y Contra Tuerca (Tornillo Bloqueador interno), trabajan en conjunto para darle la seguridad al sistema. Son implantes independientes que le dan un mecanismo de doble cerradura, los cuales hacen que los tornillos y los ganchos no se desenganchen de la barra. Estos implantes permiten que el sistema sea

versátil, reversible, removible y se pueda revisar cuantas veces sea necesario, sin riesgo a desarmarse o perder la estabilización alcanzada en alguna cirugía previa.

- ✓ Diámetro tuerca: 10mm
- ✓ Diámetro contratuerca: 6mm

Figura 8. Contratuerca y Tuerca



- **Conector Transverso**

La función específica del conector transverso es dar estabilidad al sistema Pedicular. El conector Transverso está compuesto por dos implantes (Ganchos Lateral y Barra Transversa).

Figura 9. Conector Transverso



- ✓ Barras Transversas: están disponibles en tres tamaños: De 60, 80 y 100 mm.
- ✓ Gancho Lateral: estos ganchos poseen un tamaño estándar; se unen de barra a barra longitudinal con la barra transversa dando compresión y estabilidad.

- **Ganchos**

Estos ganchos son anatómicos, están diseñados para el uso en pacientes con deformidades severas tales como Escoliosis (Desviación de la columna en un plano frontal); se utilizan posteriormente en niveles torácicos altos.

El diseño de Láminas extendidas permite el fácil desplazamiento de la barra sobre estos y su rápida fijación.

Se encuentran tres modelos disponibles según el espacio en el cual se desea colocar.

Figura 10. Gancho Laminar y Laminar de Reducción.



Figura 11. Gancho Pedicular y Pedicular de Reducción.



Figura 12. Gancho Torácico y Torácico de Reducción.



1.4.2 Sistema Medimax

Figura 13. Sistema Medimax



Es un sistema compuesto por Rótulas, Tornillos Pediculares tipo Schanz, barras longitudinales y con un dispositivo de tracción transversa.

El sistema de tornillos de Schanz permite graduar la angulación dentro de las rótulas más o menos 15°, lo cual garantiza una corrección anatómica controlada en el plano sagital. Por tal motivo, este sistema resulta especial para el tratamiento de fracturas.

1.4.3 Sistema Mediplif

Figura 14. Sistema Mediplif



El Sistema Mediplif es una innovada técnica para fusionar con la columna y está indicada para pacientes que presentan una severa crónica y bajo dolor causado por una

enfermedad degenerativa de los discos, conocida como un micromovimiento de inestabilidad.

Está compuesto por un tornillo de fusión y un bloqueador. Tiene una extremidad cónica roscada, que permite perforar ligeramente y su rosca proporciona fuerza y agarre. El diámetro es 12mm y la longitud de 25 mm

Su diseño especial omite algunos pasos del procedimiento quirúrgico reduciendo el tiempo de cirugía.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Hoy, ante la dinámica de una competitividad muy agresiva y global, es necesario que las organizaciones creen una diferenciación en cuanto a los productos o servicios ofrecidos y mantengan la fidelidad de sus clientes. Todo esto requiere de una filosofía corporativa y de estrategias que orienten todas las actividades y esfuerzos de la empresa hacia un fin común que, en últimas, se verá reflejado en la obtención de ventajas competitivas. Para ello la organización debe reconocer cuales son puntos críticos o su esencia de negocio, que serán el foco sobre el cual se deben tomar decisiones de manera estratégica.

Para MEDIIMPLANTES, teniendo en cuenta su razón social, su estructura organizacional y tiempo de permanencia en el mercado, se reconoce que su gestión y acción estratégica debe girar en torno a los procesos relacionados con el diseño, desarrollo, producción y venta de sus productos. Con este enfoque, se puede garantizar el cumplimiento de las directrices y filosofía de la empresa que impactan de manera implícita sobre el crecimiento y la permanencia de la misma en el sector.

Para comenzar, se tienen las actividades de diseño y desarrollo de productos. Aquí, se cuenta con un equipo especializado de médicos² e ingenieros³, además del software y hardware necesarios para el buen desempeño de sus tareas, lo cual se ve reflejado en el cubrimiento creciente, en tan solo un año, de las referencias que componen los implantes empleados para tratar las diferentes problemáticas de la columna vertebral. Alrededor de 64 referencias fueron desarrolladas en el 2004.

Por su parte, el área de producción, opera bajo ninguna planeación definida, esto es: sin ningún modelo de manufactura, atendiendo urgencias, interrumpiendo procesos, sub o sobre utilizando los recursos y acumulando inventarios. Todo esto repercute de forma negativa en los costos y en el nivel de servicio al cliente fijados por la empresa.

² Un ortopedista-columna y dos neurocirujanos, quienes son a su vez socios de la empresa.

³ Un ingeniero mecánico y un diseñador industrial.

Finalmente, en lo referente a la venta del producto, se desarrolla de manera no publicitada y con un cierto listado de clientes que se atienden por contactos que han sido previamente establecidos por los socios. No obstante y teniendo en cuenta el tiempo de permanencia que lleva la empresa, sus ventas se han incrementado en forma notable, así:

Tabla 2. Ventas reportadas por año

AÑO	PERIODO	VENTAS
2003 *	De enero a diciembre	\$ 585'751.000
2004 **	De enero a diciembre	\$ 662'928.379
2005 **	De enero a junio	\$ 882'638.468
* Comercialización únicamente		
** Comercialización y Producción		

Fuente: MEDIIMPLANTES LTDA.

De lo anterior se concluye que aún cuando se tienen carencias o falencias en algunas de las áreas de la empresa, ha habido un importante crecimiento en las ventas y más aun en el 2005, en solo 6 meses, se cubrió la totalidad más un 33% de las ventas del 2004. Esta situación deja entrever que hay una gran oportunidad para MEDIIMPLANTES de continuar con esta tendencia, y a partir de ello surge el siguiente cuestionamiento: ¿Cuál sería el impacto sobre el nivel del servicio al cliente y la eficiencia de las operaciones, si se tuviese un conocimiento de la capacidad productiva y aún mejor, si se tomaran decisiones, se programara y controlara la producción con base en ésta?. Se puede afirmar que sería un impacto positivo.

Entonces, estructurar el Área de producción, es una excelente alternativa para MEDIIMPLANTES en estos momentos. La gerencia demuestra un especial interés en la ampliación del mercado de la empresa, pero para ello se requiere previamente, un sistema productivo que la soporte.

Para facilitar y hacer posible este propósito se requiere de manera previa contar con información precisa y definida acerca del comportamiento de la demanda, de la capacidad

productiva de la empresa y de los costos involucrados en la producción⁴, de los cuales actualmente no se tiene ningún conocimiento preciso por parte de la empresa.

Además, teniendo en cuenta que en ocasiones el tiempo de respuesta de la empresa (entrega de productos al cliente) es corto (menos de 24 horas), se requiere contar un nivel de inventarios eficiente y capaz de cumplir satisfactoriamente esta pronta necesidad. Actualmente MEDIIMPLANTES no ejerce un adecuado manejo de inventarios, cuando hay faltantes se interrumpe la rutina de producción con el fin de satisfacer estas urgencias; en caso contrario se encuentran cuantiosas existencias de algunas referencias cuya demanda es esporádica (inclusive una vez por semestre).

La ausencia de información correspondiente a la demanda y/o los niveles de inventarios manejados, no permiten concretar el Programa Maestro de Producción considerado básico para la Programación Operativa de la producción de cualquier empresa.

Por otra parte, debido al constante diseño y desarrollo de nuevos productos, mejoras en los procesos y adquisición de nueva tecnología, MEDIIMPLANTES está sujeta a que se incorporen nuevos tiempos de producción o que exista variación en los tiempos de los productos existentes; en una situación como esta la organización debería estar en la capacidad de reaccionar oportunamente frente a estos cambios, reconociendo la importancia de contar con dicha información relacionada. Pero desafortunadamente MEDIIMPLANTES LTDA no tiene capacidad de reacción frente a esos cambios.

⁴ Actualmente hay un consultor encargado de establecer estos costos, por dicha razón no se contempla dentro del desarrollo del proyecto.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema que permita la programación y control de la producción para MEDIIMPLANTES LTDA.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización y un diagnóstico del sistema productivo actual.
- Realizar un estudio de tiempos para determinar la capacidad actual de producción.
- Diseñar una herramienta que de una guía para el control, inclusión y renovación en los tiempos de producción.
- Establecer una metodología que permita la obtención del Programa Maestro de Producción (PMP)
- Determinar y desarrollar los criterios y/o herramientas que provean la información requerida para alimentar el PMP.
- Determinar el(los) modelo(s) teórico(s) para la gestión y programación de las operaciones de manufactura, que sea aplicable a las características y particularidades de la empresa.
- Establecer los indicadores adecuados para medir y controlar el desempeño operativo del sistema de producción.
- Realizar el proceso de diseño e implementación de una herramienta para programar y controlar la producción, por medio de la aplicación de un modelo de manufactura adecuado a las características del sistema productivo.

4. ÁREA FOCO DEL PROYECTO

4.1 MAQUINARIA Y EQUIPO

Las características geométricas y dimensionales de los implantes requieren gran nivel de precisión y exactitud, logradas a través del uso de tecnología, especialmente en los procesos de mecanizado.

En Septiembre de 2005 se adquirió una nueva máquina (Torno Suizo), desde ese momento, existen dos opciones posibles para el mecanizado de la mayoría de los productos. Ésta máquina tiene la característica de realizar operaciones de torneado y fresado, es decir, puede cumplir las funciones que realiza el Torno de Control Numérico y el Centro de Mecanizado (o Fresa CNC), y en tiempo menor, por lo tanto se puede tender a pensar en fabricar todos los productos en ésta máquina y prescindir de las otras dos, sin embargo existen dos razones principales por las cuales no se ha llevado a cabo esta acción.

- No todos los productos pueden ser mecanizados en esta máquina por sus características geométricas.
- MEDIIMPLANTES es una empresa que diseña y fabrica implantes realizando un continuo desarrollo de productos, es importante contar con las otras dos máquinas, a pesar de que su producción es más lenta, ayudarían a disminuir el trabajo del Torno Suizo en caso de que la carga asignada a este recurso sea mayor que su disponibilidad y el alto costo de adquirir una nueva máquina de este tipo no se viera justificado con la demanda.

Se aprovecha este punto de la descripción de la maquinaria involucrada en el proceso productivo para hacer mención de unos conceptos que fueron definidos y manejados no solo en éste apartado sino a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, principalmente en la programación de la producción. Estos se relacionan con el recorrido hecho por los productos en sus etapas iniciales de fabricación y son:

Ruta CNC: recorrido o trayecto inicial compuesto por el Torno CNC y el Centro de Mecanizado CNC, en casos especiales el Torno Convencional.

Ruta Suizo: recorrido o trayecto inicial compuesto por el Torno Suizo

A continuación se da una breve descripción de la maquinaria con la cual cuenta MEDIIMPLANTES para la fabricación de los implantes.

4.1.1 Torno CNC

Figura 15. Torno CNC



El torno de control numérico es una máquina de dos ejes (x,z) utilizada para realizar procesos de torneado en implantes que así lo requieren, puede ser programada a través de su propia pantalla o realizar mecanizados recibiendo el programa de un computador remoto a través de un cable de comunicaciones RS235.

4.1.2 Centro de Mecanizado Vertical CNC (CMV)

Figura 16. Centro de Mecanizado



El Centro de mecanizado vertical de tres ejes (X,Y,Z,) es una máquina de control numérico utilizada para realizar procesos de fresado en implantes que así lo requieren, puede ser programada a través de su propia pantalla o realizar mecanizados recibiendo el programa a través de un cable de comunicaciones RS235.

4.1.3 Torno Suizo

Figura 17. Torno Suizo



4.1.4 Torno Convencional

Figura 18. Torno Convencional



El torno convencional horizontal marca Winston es un equipo para operaciones de torneado auxiliares al torneado en máquinas de control numérico a fin de hacer eficiente el mecanizado en estas últimas. Se realizan operaciones de torneado en la fabricación de herramientas quirúrgicas en donde no se requiere alta precisión y en algunas operaciones iniciales de algunos implantes.

4.1.5 Banco de Pulido

El banco de pulido es el equipo utilizado en el proceso de pulido de piezas mecanizadas. Está dotado de cuatro estaciones de trabajo independientes, con herramientas o accesorios que pueden ser intercambiados en cada una de las estaciones dependiendo de las necesidades.

4.1.6 Limpieza

Figura 19. Centro de Limpieza



Este equipo se utiliza para limpiar las piezas previamente pulidas y brilladas, mediante la acción de químicos y una vibración de alta frecuencia (ultrasonido).

4.1.7 Galvanizado

Figura 20. Centro de Galvanizado



El equipo de anodizado, como también se le conoce, se emplea como parte del acabado superficial en donde le aplica a la pieza un color azul característico de MEDIIMPLANTES, consta básicamente de:

- Fuente reguladora de voltaje de corriente directa (0-60) VDC , (0-500) 500 mA
- Una cubeta plástica donde se deposita la solución electrolítica, el cátodo y el ánodo.
- Un circuito eléctrico que se vincula a la fuente, la cubeta con la solución, el cátodo y el ánodo (pieza a tratar).

4.1.8 Marcación

Figura 21. Impresora Láser



La impresora láser marca LEGEND modelo 24TT, puede marcar una variedad muy grande de materiales por la acción de un rayo láser que quema la superficie produciendo una huella perdurable sin llegar a deteriorar la funcionalidad y al calidad de la pieza. Aquí, además del número correspondiente a la referencia del producto y al lote de proceso, el implante es marcado con el logo representativo de la empresa.

4.1.9 Prensa manual

Es un equipo de sujeción, que facilita la manipulación de las piezas durante la realización de algunas operaciones manuales.

4.2 MATERIA PRIMA

Los implantes óseos están fabricados con aleación de Ti, 6AL, 4V (ASTM⁵ F 136-95), este material es compatible con el cuerpo humano, CT (tomografía computarizada) y RMG (resonancia magnética).

Los requerimientos de titanio para los diferentes productos varían sólo en el diámetro requerido. Actualmente se manejan las siguientes especificaciones de materia prima:

Tabla 3. Listado de referencias de Materia Prima de los implantes

TI6AL4VELI-1.59
TI6AL4VELI-3.18
TI6AL4VELI-4.76
TI6AL4VELI-5.99
TI6AL4VELI-6.35
TI6AL4VELI-7.94
TI6AL4VELI-9.525
TI6AL4VELI-10.96
TI6AL4VELI-12.7
TI6AL4VELI-14.29
TI6AL4VELI-15.88
TI6AL4VELI-17.46
TI6AL4VELI-19.05
TI6AL4VELI-19.99
TI6AL4VELI-20.64
TI6AL4VELI-22.225
TI6AL4VELI-23.81
TI6AL4VELI-25.4

Fuente: MEDIIMPLANTES LTDA.

⁵ American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para el Ensayo de. Materiales).

4.3 PERSONAL DEL ÁREA

El personal involucrado en el área de Producción se compone por: dos Jefes de área, un diseñador y seis operarios, de estos últimos tres son técnicos CNC.

4.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

Existen dos procesos principales en la realización de los productos: el mecanizado y el acabado superficial, cada uno de estos procesos posee los equipos y la maquinaria necesaria para su realización.

Una vez el producto empieza el proceso de limpieza, se debe dar un tratamiento especial alejándolo de cualquier “agente contaminante” tales como aceites, polvo, virutas, etc. Por esto, los centros de trabajo encargados de dar acabado superficial a los productos se encuentran ubicados de tal manera que se garantiza su aislamiento con respecto a las otras operaciones. De igual modo, toda la maquinaria utilizada para los procesos de mecanizado, está ubicada en una misma zona dentro de la planta. No existe ninguna separación física entre las dos zonas, que están ubicadas en “el piso” de la planta de producción, pero están a una distancia determinada como se muestra en el diagrama de la planta, Anexo A.

La distribución de la maquinaria en el interior de las dos áreas (acabado superficial y mecanizado) sigue el orden general de las operaciones, esto no significa que las máquinas estén ubicadas de manera que se eliminen los retrocesos, si algún producto lo requiere, este se dará sin ningún problema ya que el transporte entre centros de trabajo no genera costos ni pérdidas de tiempo considerables.

4.5 PROCESO PRODUCTIVO (ACTUAL)

Como se comentó anteriormente, la fabricación de los implantes consta principalmente de dos grandes procesos: Mecanizado del producto y Acabado Superficial. El mecanizado puede variar para los productos dependiendo de la ruta asignada, el proceso de acabado

superficial se realiza a todos los productos independientemente de la ruta de la cual provengan en el proceso de mecanizado.

4.5.1 Mecanizado: el mecanizado es la primera gran etapa del proceso de producción de implantes. Se realiza con las máquinas de control numérico y comprende todas las operaciones de conformado o de arranque de viruta realizadas sobre un material (titanio). El producto final de esta etapa son piezas con las características geométricas y dimensionales especificadas en los planos de producción.

Existen dos rutas posibles para el mecanizado de los productos, algunos sólo se pueden realizar en una de las dos rutas y otros están diseñados para realizarse en cualquiera de las dos.

- **Ruta CNC**

En esta ruta se lleva a cabo más de una operación de la mayoría de los productos, estas operaciones se realizan principalmente en el Torno CNC y en el Centro de Mecanizado, aunque para la fabricación de algunos productos es necesario inicialmente el uso del Torno convencional. El número de operaciones en cada una de las máquinas depende de las particularidades del producto a fabricar.

Torno CNC

La primera operación en el proceso de mecanizado es el torneado de las piezas, en algunos productos se realiza solo una operación en este centro de trabajo y en otras piezas se realizan varias operaciones.

Procedimiento

- ✓ El operario recibe del jefe de producción la orden de trabajo, el plano de la pieza, el formato de control de inspección en proceso y la solicitud de materia prima con las especificaciones del material y la cantidad a trabajar.
- ✓ Si la operación a realizar es sobre producto en proceso, espera a que el jefe de producción haga entrega de los productos y continúa con la operación especificada en

la orden de producción; si es un nuevo producto hace el llamado a la persona encargada del inventario de materia prima la cual suministra la cantidad especificada en la orden de producción.

- ✓ Luego de solicitar el material, el operario, basado en el plano, determina las herramientas que requiere y verifica si están montadas en la torreta de herramientas. Si necesita cambiar herramientas para el proceso de mecanizado solicita las herramientas y los accesorios en el almacén de herramientas y procede a montarlas en la posición de la torreta indicada en el plano, realizando su posterior compensación.
- ✓ Busca en la pantalla el programa indicado en el plano o solicita la tarjeta que lo contiene.
- ✓ Luego de acuerdo al plano, el operario realiza el montaje de la materia prima o del material de trabajo, teniendo en cuenta la información proporcionada.
- ✓ Comienza el mecanizado de las piezas.
- ✓ Cada pieza mecanizada se deposita en un recipiente para su posterior manejo.
- ✓ Se realiza una inspección cada cinco piezas con el objetivo de verificar que las medidas, acabados, rosca y demás geometrías de la pieza cumplan con las especificaciones del producto referidos en el formato de inspección en proceso; además, esta inspección permite controlar cualquier anomalía en el proceso por desgaste o fractura de las herramientas.
- ✓ Si la pieza es defectuosa, el operario debe realizar los correctivos a fin de solucionar el problema y diligenciar el formato de producto no conforme.

Una vez se realiza las operaciones especificadas en el plano de producción a todo el lote de productos, el operario se dirige al Jefe de Producción para hacer entrega de las piezas, plano de producción y plano de inspección.

Centro de Mecanizado CNC

Procedimiento

- ✓ El operario recibe del jefe de producción la orden de trabajo, el plano de la pieza y el formato de control de inspección en proceso.

- ✓ Luego de solicitar el material, el operario, basado en el plano, determina las herramientas que requiere y verifica, si están montadas en el magazín de herramientas. Si requiere cambiar herramientas para el proceso de mecanizado solicita las herramientas y los accesorios en el almacén de herramientas y procede a montar las herramientas en la posición indicada en el plano realizando la compensación de las mismas.
- ✓ Busca en la pantalla el programa indicado en el plano o solicita la tarjeta que lo contiene
- ✓ Luego de acuerdo al plano el operario realiza el montaje del material de trabajo haciendo cero de pieza teniendo en cuenta la información proporcionada.
- ✓ Realiza mecanizado de la primera pieza.
- ✓ Cada pieza mecanizada se deposita en un recipiente para su posterior manejo.
- ✓ Se realiza una inspección cada cinco piezas con el objetivo de verificar que las medidas, acabados, rosca y demás geometrías de la pieza cumplan con las especificaciones del producto referidos en el formato de inspección en proceso; además, esta inspección permite controlar cualquier anomalía en el proceso por desgaste o fractura de las herramientas.
- ✓ Si la pieza es defectuosa, el operario debe realizar los correctivos, a fin de solucionar el problema y diligenciar el formato de producto no conforme.

Una vez se realizan las operaciones especificadas en la orden de producción a todo el lote de productos, el operario se dirige al Jefe de Producción para hacer entrega de las piezas, plano de producción y plano de inspección.

• Ruta Suizo

En esta ruta se requiere de una única operación para realizar el mecanizado total de los productos, ya que la máquina perteneciente a ésta ruta tiene la característica de realizar todas las operaciones de torneado y fresado necesarias para obtener el producto con las características especificadas en los planos de producción.

Torno Suizo

Procedimiento

- ✓ El operario recibe del jefe de producción la orden de trabajo, el plano de la pieza, el formato de control de inspección en proceso y la solicitud de materia prima con las especificaciones del material y la cantidad a trabajar
- ✓ Luego de solicitar el material, el operario, basados en el plano, determina las herramientas que requiere y verifica, si están montadas en la torreta de herramientas. Si requiere cambiar herramientas para el proceso de mecanizado solicita las herramientas y los accesorios en el almacén de herramientas y procede a montarlas en la posición de la torreta indicada en el plano, realizando su posterior compensación.
- ✓ Busca en la pantalla el programa indicado en el plano o solicita la tarjeta que lo contiene.
- ✓ Luego de acuerdo al plano el operario realiza el montaje de la materia prima.
- ✓ Realizar el mecanizado de las piezas.
- ✓ Cada pieza mecanizada es expulsada por el torno a través de una ventana de expulsión, el operario toma la pieza y la deposita en un recipiente para su posterior manejo.
- ✓ Se realiza una inspección cada cinco piezas con el objetivo de verificar que las medidas, acabados, rosca y demás geometrías de la pieza cumplan con las especificaciones del producto referidos en el formato de inspección en proceso; además, esta inspección permite controlar cualquier anomalía en el proceso por desgaste o fractura de las herramientas.
- ✓ Si la pieza es defectuosa, el operario debe realizar los correctivos, a fin de solucionar el problema y diligenciar el formato de producto no conforme.

Una vez se obtienen todos los productos especificados en la orden de producción, el operario se dirige al Jefe de Producción para hacer entrega de las piezas, plano de producción y plano de inspección.

4.5.2 Acabado Superficial

Esta etapa comprende todas las operaciones realizadas sobre una pieza previamente conformada mediante el proceso de mecanizado, a fin de brindarle mejor apariencia superficial, mejor respuesta a las exigencias de trabajo y dar la identificación del producto.

Todas las piezas, independientemente de la ruta que se haya escogido para realizar el mecanizado, son sometidas a las operaciones de acabado superficial, las cuales se explican a continuación en su respectiva secuencia.

Pulido

El pulido es el proceso realizado para darle mejor apariencia superficial a las piezas previamente mecanizadas. En esta etapa se dejan las piezas libres de viruta, rebabas y aristas cortantes y se da un acabado pulido y brillante a la pieza para su posterior limpieza.

Las operaciones realizadas en este centro de trabajo varían dependiendo del grado de viruta con el que se obtengan los productos del proceso de mecanizado.

Procedimiento

- ✓ Utilizar la lima para retirar virutas y rebabas.
- ✓ Retirar virutas y rebabas aún presentes en la pieza mediante el uso de la grata de acero, teniendo especial cuidado con las roscas que por la aplicación excesiva de fuerza contra la grata pueda perder la forma o producir picaduras y por tanto superficies ásperas que impidan deslizamiento suave de la tuerca o tornillo.
- ✓ Utilizar la lima para retirar virutas y rebabas que no hayan sido retiradas totalmente a través del uso de la grata.
- ✓ Proceder a lijar aristas cortantes y superficies con huellas de las herramientas de corte.
- ✓ Finalmente utilizar la estopa para dar brillo y suavizar aun más las aristas, roscas y superficies en general. Para obtener un mejor resultado en cuanto acabado la estopa debe ser impregnada de masilla.

- ✓ Depositar cada pieza en un recipiente con agua y detergente para evitar que la masilla de la operación anterior se adhiera a la pieza.

Limpieza

El proceso de limpieza tiene como objetivo retirar partículas metálicas producto de las operaciones previas, restos de lubricante de corte y óxidos naturales producto del fenómeno de pasivación⁶ sufrido por el titanio en condiciones naturales.

Actualmente el proceso se realiza cada vez que haya un número suficiente de piezas acumuladas después del proceso de pulido, ya que este proceso es posible realizarlo a un conjunto de piezas a la vez, sin importar si son o no el mismo producto.

Las cantidades a limpiar están limitadas por la capacidad de los recipientes, se pueden introducir máximo tres recipientes llenos de piezas por cada momento que se haga limpieza.

Procedimiento:

- ✓ Se introducen las piezas provenientes de pulido en recipientes limpios.
- ✓ A continuación se deposita en cada uno de ellos una mezcla de Bórax y Pirofosfato, se llena cada uno de los recipientes hasta el nivel que alcancen las piezas. Luego se introducen en el módulo de limpieza y se activa para que se de la vibración o ultrasonido durante 4 minutos.
- ✓ Se extraen los recipientes y se trasladan las piezas a otros vacíos.
- ✓ En seguida se deposita en ellos una mezcla compuesta por Agua Ionizada, se llena cada uno de los recipientes hasta el nivel que alcancen las piezas. Nuevamente, se introducen en el módulo de limpieza y se activa para que se de la vibración o ultrasonido durante 4 minutos.
- ✓ Una vez más, se extraen los recipientes y se trasladan las piezas a otros vacíos.

⁶ La pasivación es un fenómeno natural que presenta el titanio y sus aleaciones, que consiste en la formación de una capa de óxidos amorfos de titanio (Ti₂O y TiO₂) que lo hace altamente resistente al ataque electroquímico del cuerpo humano.

- ✓ Luego se deposita en cada uno de ellos una mezcla de Detergente y Agua, se llena cada uno de los recipientes hasta el nivel que alcancen las piezas. Se introducen en el módulo de limpieza y se activa para que se de la vibración o ultrasonido durante 4 minutos.
- ✓ Se extraen los recipientes y se trasladan las piezas a otros vacíos.
- ✓ Finalmente se deposita en cada uno de ellos Agua, llenando cada uno de los recipientes hasta el nivel que alcancen las piezas. Se introducen por última vez en el módulo de limpieza y se activa para que se de la vibración o ultrasonido durante 4 minutos.
- ✓ Se sacan las piezas de los recipientes y se tienden sobre un paño.
- ✓ Por último se lavan todos los recipientes que han sido usados.

Galvanizado

El proceso de anodizado es un proceso electrolítico, cuya finalidad es depositar una delgada capa de óxido de titanio (TiO_2) sobre las superficie de las piezas de titanio debidamente pulidas y limpiadas, para darle un color específico y aumentar su estabilidad electroquímica. Para el caso de MEDIIMPLANTES LTDA el color característico es azul claro metálico. El proceso se hace pieza por pieza.

Procedimiento

- ✓ Preparar la solución 1 molar de ácido sulfúrico más agua. Para preparar 1000 ml de solución se procede de la siguiente manera: se mide, con una probeta, 944 ml de agua y se depositan en la cubeta del equipo, luego se mide 55.6 ml de ácido sulfúrico y procede a vaciar lentamente sobre el agua. Para preparar la solución se debe tomar todas las precauciones como son: utilizar guantes de látex y una careta que cubra toda la cara, además tener mucho cuidado al manipular el ácido ya que produce quemaduras graves al contacto con la piel.
- ✓ Encender el equipo mediante la perilla de encendido general ubicada en la parte frontal de la fuente.
- ✓ Asignar los valores de voltaje de acuerdo a la tabla de piezas voltajes y tiempos. Esta tabla indica al operario los valores experimentales de voltaje y tiempo de exposición de la pieza en la cubeta para cada pieza en particular pues este depende del tamaño de

la pieza e incluso depende de la forma. Estos valores se han obtenido por experimentación.

- ✓ Colocar la pieza en la pinza o gancho sujetador elaborado de acero y sumergir por el tiempo programado para la pieza específica.
- ✓ Sacar la pieza terminado el tiempo programado y depositarla en una cubeta con agua para retirar los restos de la solución de trabajo (H_2SO_4 Y H_2O).

Marcado

La operación de marcado consiste en estampar, de acuerdo a las normas internacionales, el código o referencia de la pieza, el lote de producción, el material base de la pieza y el logo de la empresa que fabrica. El marcado ha de ser legible, perdurable y no influir en la funcionalidad del producto

Procedimiento

- ✓ Encender la impresora mediante el botón localizado en la parte lateral izquierda de la máquina.
- ✓ Realizar la limpieza de los lentes con el respectivo limpiador y paños suaves, ambos recomendados por el fabricante del equipo.
- ✓ Ubicar el punto guía en la esquina superior izquierda de la mesa de impresión.
- ✓ Aplicar en la superficie de la pieza sobre la cual se va a realizar el marcado.
- ✓ Colocar las piezas sobre el patrón de marcado, ubicado éste en la esquina superior izquierda del área de impresión.
- ✓ Actualmente se ubican máximo 10 piezas iguales en cada turno de impresión dependiendo del producto a marcar, aunque la capacidad de la máquina permite un mayor número de piezas, por experimentaciones llevadas a cabo, se determinó que con las características actuales de los programas de impresión, un número mayor de piezas originaría un desfase en la impresión.
- ✓ Cuadrar el foco de impresión mediante el dispositivo de la máquina.
- ✓ Abrir el archivo que contiene el modelo de impresión del producto a marcar.
- ✓ Configurar la impresión de la impresora.
- ✓ Enviar la orden de impresión a la impresora el cual guarda el programa para imprimir la cantidad de piezas que se requiera con el mismo patrón de marcaje.

- ✓ Ejecutar la orden de impresión desde el panel de la impresora.
- ✓ Una vez ha finalizado el proceso de marcación, retirar la piezas de la impresora, repetir el paso anterior para marcar piezas con el mismo patrón.
- ✓ Retirar la crema de las piezas que han sido marcadas

4.6 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (ACTUAL)

4.6.1 Inventario de Producto Terminado

El asesor comercial junto con el Jefe de Inventarios basándose en observaciones del comportamiento de la demanda y en suposiciones de ventas, establecen un stock máximo y un stock mínimo para cada una de las referencias. En relación a esto, no existe un método específico y confiable para la realización de los pronósticos de demanda, esto se evidencia ya que en ocasiones el jefe de producción tiene que detener la producción para cumplir con solicitudes urgentes hechas por el departamento de comercial, el Jefe de inventarios o directamente por los socios de la empresa, pues inicialmente no fueron contempladas en las estimaciones de ventas.

Además no se cumple a cabalidad dicho stock, debido a que actualmente, con la adquisición de la nueva máquina cuyos tiempos de operación se reducen considerablemente en relación a los tiempos en las máquinas anteriores⁷ se ha establecido por parte de la gerencia y de los socios de MEDIIMPLANTES, la producción de grandes cantidades de piezas, con el fin de aprovechar las economías de escala haciendo caso omiso del stock máximo establecido y apoyando su decisión en la concepción de contar con un stock aproximado de tres meses para mayor seguridad del sistema.

Para establecer el control del inventario de producto terminado, cada vez que el jefe de comercial realiza un pedido, el Jefe de Inventarios hace la entrega de los productos

⁷ Ver Estudio de Tiempos, capítulo 6.

registrando la salida en el kárdex. Continuamente el Jefe de inventarios realiza control de existencias, cuando una de las referencias llega al stock mínimo establecido, el jefe de inventarios realiza una solicitud al departamento de producción por las cantidades necesarias para alcanzar el stock máximo establecido.

4.6.2 Programación de la producción

El Jefe de Producción con base a la solicitud realizada por el Jefe de inventarios, todos los días establece un programa de producción para cada uno de los centros de trabajo; no se tiene conocimiento de los tiempos de operación para las diferentes operaciones por lo tanto, la duración del proceso de cada uno de los lotes en los centros de trabajo se determina aproximadamente por la opinión del operario y del Jefe de Producción.

Para establecer la distribución de los productos en las dos rutas existentes, se determina inicialmente si los productos que se van a fabricar requieren una ruta específica para su realización, si es así, se asignan estos productos en la ruta respectiva; si los productos que se van a realizar están diseñados para fabricarse en cualquiera de las dos rutas, se da prioridad en asignar el mayor número de referencias al Torno Suizo debido a los cortos tiempos de operación que presentan en comparación con los obtenidos en la otra ruta (Torno CNC y Centro de Mecanizado), sin embargo, si el Torno suizo ya tiene un trabajo que colma su disponibilidad o si, además de esto, los trabajos requeridos son urgentes, se asignan los productos a la Ruta CNC.

Una vez se ha decidido qué productos se fabricarán en cada una de las rutas, el jefe de producción entrega a cada operario una orden de producción en donde se especifican los productos, las cantidades, las operaciones que se llevarán a cabo y la materia prima requerida para la producción; además, suministra el formato de inspección y el plano de producción en donde se señalan las especificaciones de la máquina, herramientas y del programa requerido.

Cuando el operario finaliza las operaciones que le han sido asignadas, se dirige inicialmente al Jefe de Inventarios y hace entrega de la materia prima sobrante, luego se

remite al Jefe de Producción entregando el producto en proceso o producto terminado, los planos de producción y los formatos de inspección. De inmediato el Jefe de Producción asigna una nueva tarea al operario, teniendo en cuenta si los hay, los pedidos más urgentes señalados por el Jefe de inventario, si todos los pedidos tienen el mismo nivel de urgencia, el Jefe de producción trata de asignar la siguiente orden de trabajo tomando en consideración los tiempos de preparación (conjeturados), de lo contrario la asignación se lleva a cabo basada en el juicio y preferencia del Jefe de Producción.

Si el Jefe de Producción recibe un nuevo pedido por parte del Jefe de Inventario el cual se solicita con urgencia, se interrumpen los procesos que estén en curso para dar cumplimiento a la nueva solicitud.

5. MODELO TEÓRICO

5.1 ELECCIÓN DEL MODELO

Con el fin de realizar la planeación, programación y control de la producción en MEDIIMPLANTES, se evaluaron tres enfoques, analizando la filosofía y la metodología establecida por cada una de ellas.

Los enfoques estudiados fueron:

- MRP
- JIT (JUST IN TIME)
- MANUFACTURA SINCRÓNICA

Aunque los tres enfoques pueden generar aportes valiosos en la programación, planeación y control de la producción, se seleccionó Manufactura Sincrónica, ya que su orientación y sus principios favorecen tanto su aplicación a las condiciones y características del sistema productivo de MEDIIMPLANTES, como los objetivos que quieren ser alcanzados por las autoras mediante la realización de este proyecto en la empresa.

A continuación se describen y analizan de manera general cada una de las anteriores metodologías, encontrando las razones principales por las cuales fueron descartadas o aceptadas para llevar a cabo la planeación, programación y control de la producción en MEDIIMPLANTES.

MRP

“El MRP es un programa que determina la cantidad de cada artículo que se necesita para completar un número específico de unidades en un periodo de tiempo determinado,

utilizando como información base, el archivo de lista de materiales, el archivo de registros del inventario y el número de unidades necesarias en cada etapa del proceso”⁸.

La manera como se lleva a cabo la programación de producción basada en la metodología MRP, consiste en determinar la fecha de entrega para cada trabajo, el tiempo real que toma el material en atravesar el sistema productivo, y con base a esto se establece una fecha de inicio para cada pedido u orden de producción. Una vez se establece la fecha de inicio, el trabajo fluye de una operación a otra a través del sistema productivo.

Sin embargo, el sistema MRP es muy rígido en cuando a su programación, ya que una vez se da la orden de producción, no se puede presentar ninguna interrupción en su trayectoria, porque esto implicaría un incumplimiento en la fecha de entrega establecida, además aunque el sistema busca programar los recursos según las necesidades de producción, no existe distinción entre aquellos recursos que son cuellos de botella y los que no lo son. Adicionalmente, el ignorar el efecto de dos fenómenos implícitos en todo Sistema productivo hace que la programación real no coincida con los planes hechos para la misma, dichos fenómenos son Eventos dependientes y Fluctuaciones estadísticas (Ver definición en el apartado de Manufactura sincrónica).

Por las razones expuestas anteriormente se determinó que la filosofía propuesta por MRP no es adecuada para llevar a cabo la planeación, programación y control de la producción en el sistema productivo de MEDIIMPLANTES.

LA FILOSOFÍA JIT

A continuación se establece un paralelo entre los requerimientos necesarios para implementar la filosofía JIT y las condiciones del sistema productivo de MEDIIMPLANTES que favorecen o no dicha implementación.

⁸ CHASE, AQUILANO, JACOBS. Administración de Producción y Operaciones: Manufactura y Servicios. 8°ed. Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana S.A, 2000, p. 626.

- ✓ JIT tiene como objetivo fabricar lo que se necesita y en el momento en que se necesita, tratando de utilizar la mínima cantidad de inventario posible. Por la manera como se presenta la demanda en MEDIIMPLANTES, en donde una vez los clientes hacen el pedido, la mayoría de las veces se tiene un plazo de entrega máximo de un día, es política de la empresa tener una determinada cantidad de inventario de producto terminado que garantice un nivel de servicio al cliente de 100%.
- ✓ Se desea un lote de producción unitario. Debido a la automatización que poseen algunos centros de trabajo en MEDIIMPLANTES, no es viable producir en lotes muy pequeños, por lo tanto, se busca consolidar en cada periodo todas las cantidades requeridas para cada producto, generando así lotes de proceso de mayor tamaño. Por otra parte, algunos productos comparten entre sí diferentes piezas, es necesario entonces tener un inventario de estas piezas de tal manera que estén disponibles en el momento en que se presente la demanda de cualquiera de los productos de los cuales hace parte, esto hace necesario que la producción de estas piezas se haga consolidando en un mismo lote las cantidades requeridas para todos los productos, generando así lotes grandes de producción
- ✓ Requiere un número limitado de productos con características similares cuya producción sea repetitiva. MEDIIMPLANTES ofrece una gran variedad de productos buscando satisfacer las necesidades de todos los clientes tanto directos (Médicos, entidades, etc.) como indirectos (pacientes), todos los productos aunque requieren diferentes operaciones según sus características de maquinado, comparten los mismos recursos, por lo tanto el sistema productivo de MEDIIMPLANTES se caracteriza por una producción intermitente, es decir, todos los recursos realizan diversas operaciones de todos los productos. Lo anterior elimina la posibilidad de llevar a cabo una producción nivelada y repetitiva.
- ✓ Los proveedores deben localizarse cerca para garantizar entregas pequeñas y frecuentes. Los proveedores de titanio de MEDIIMPLANTES son empresas ubicadas en Estados Unidos, luego se descarta la posibilidad de realizar entregas pequeñas y frecuentes de materia prima, por el contrario, se deben solicitar grandes cantidades de materia prima durante un intervalo de tiempo considerable, el cual es establecido por

la Gerencia y el Jefe de inventarios determinando las cantidades a pedir y el periodo de tiempo para el cual se solicita el pedido.

Por las características expuestas anteriormente se determinó que el sistema productivo de MEDIIMPLANTES no está estructurado para programarse y controlarse mediante la aplicación de la filosofía JIT.

MANUFACTURA SINCRÓNICA

El objetivo de manufactura sincrónica es lograr un flujo sincronizado del producto a través de la planta, para esto, hace énfasis en dos aspectos importantes:

- ✓ Es necesario coordinar los recursos de una empresa de tal manera que trabajen juntos de manera armónica, esto es posible unificado la producción de todos los recursos al ritmo del recurso más lento o recurso cuello de botella.
- ✓ Según comenta Goldratt⁹ “en toda planta productiva se da la conjunción de dos hechos: la existencia de: sucesos [eventos] dependientes y de fluctuaciones estadísticas. Los primeros vienen determinados por la propia secuencia de las operaciones que obligatoriamente tiene que seguir el producto en su elaboración, en un orden predeterminado y rígido. Las segundas aparecen en determinados hechos sobre los que no se puede determinar su cifra exacta”.

Con el fin de lograr este objetivo, E. Goldratt bajo su enfoque de Teoría de Restricciones, desarrolla un sistema para la planeación, programación y control de la producción: el sistema DBR (Drum, Buffer, Rope).

Este sistema ofrece un método práctico y eficaz para lograr flujos sincronizados en plantas manufactureras, a continuación se describe de manera general cada uno de los elementos que lo conforman.

⁹ GOLDRATT, Eliyahu. La Meta, citado por DOMÍNGUEZ M, José A. Dirección de Operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw Hill, 1995, p. 273.

- ✓ El tambor permite que la demanda potencial de mercado coincida con la capacidad física de la planta, esto es posible mediante la identificación del recurso restrictivo o recurso cuello de botella.
- ✓ El amortiguador de tiempo busca proteger el sistema contra los efectos de las discontinuidades que se presentan en todas las plantas manufactureras.
- ✓ La cuerda busca controlar el proceso de producción, permitiendo que todos los centros de trabajo efectúen las tareas adecuadas en la secuencia adecuada.

Se consideró que haciendo uso de la Metodología propuesta por Manufactura sincrónica se puede llevar a cabo una correcta planeación, programación y control de la producción adecuada a las características del sistema productivo de MEDIIMPLANTES. En el desarrollo del presente proyecto, se expondrán los principios, filosofía y funcionamiento de dicho enfoque aplicándolo al caso de estudio.

5.2 RECORRIDO DE MEDIIMPLANTES POR TEORÍA DE RESTRICCIONES

Está claro que una empresa no gana dinero de forma ilimitada ya que existen restricciones que coartan su capacidad para hacerlo. Entonces, para acercarse a dicha meta MEDIIMPLANTES debe encontrar cuales son sus restricciones tanto físicas como políticas, para que una vez conocidas, pueda enfocar tiempo, esfuerzos y recursos en tratar de forma puntual los aspectos locales que contribuyen al logro del objetivo global de la empresa.

A continuación se señala la metodología creada por E. Goldratt denominada Teoría de Restricciones, la cual se convierte en una alternativa para que la empresa enfoque sus acciones y se acerque a la meta de “Ganar dinero”. Por ello, se analizan cada uno de los pasos propuestos, evaluando su aplicabilidad en el sistema productivo de MEDIIMPLANTES.

5.2.1 Identificar las restricciones del sistema

Inicialmente se deben identificar las restricciones del sistema que impiden que una organización se acerque a la Meta: Ganar dinero. Antes de hablar de cómo detectarlas, primero se da pie a especificar la clasificación que hay de ellas.

- **Tipos de Restricciones**

Existen tres tipos de restricciones posibles que pueden alterar el proceso de producción en una empresa manufacturera, éstas son: Restricciones Internas, Restricciones de Mercado y Restricciones Políticas. A continuación se exponen las características de cada una de ellas y su influencia en el proceso productivo de MEDIIMPLANTES.

Restricciones políticas

- ✓ **Restricciones Administrativas**

Las Restricciones administrativas hacen referencia a las políticas o estrategias establecidas por la Gerencia y alta dirección de una empresa cuyo efecto puede ser perjudicial para el funcionamiento global de la organización.

MEDIIMPLANTES efectuó una alta inversión en la adquisición de una máquina¹⁰ cuya avanzada tecnología permite una mayor producción (con respecto a la anterior) de piezas en un menor tiempo, debido a esto la Gerencia y los socios de MEDIIMPLANTES se han enfocado en buscar un aumento de las eficiencias de esta máquina, preocupándose por incrementar el tiempo productivo y disminuir los tiempos de preparación, esto conlleva a la fabricación de grandes cantidades de piezas, para finalmente ocasionar que:

- Se fabriquen grandes cantidades solo de una de las partes que componen un producto.

¹⁰ Torno Suizo.

- Se invierta tiempo en la fabricación de piezas cuya demanda o venta real se dará en periodos lejanos. Por ejemplo, fabricar en una misma oportunidad 400 Tuercas que serán vendidas en los próximos cuatro meses.
- Se atrase la producción de otras piezas cuyo requerimiento en el tiempo de entrega es más cercano. Por ejemplo, al estar produciendo las 400 Tuercas se está desplazando la fabricación de 20 Pines de Schanz que se venderán en el primer mes.
- Se creen grandes cantidades de inventarios frente a los recursos posteriores a él los cuales conservan sus mismos tiempos de operación iniciales. Esto genera a su vez a un flujo lento de los materiales dentro de la planta manufacturera.

Sin embargo, la Gerencia de MEDIIMPLANTES busca lograr un continuo mejoramiento de todas las áreas de la empresa; la corta experiencia como empresa productora, así como el continuo aprendizaje en el que se encuentra, despierta un gran interés, por parte de la alta dirección, en el conocimiento y los aportes que puedan ser proporcionados por el personal en la toma de decisiones que conducen al alcance de los objetivos.

A través del presente proyecto se dan bases teóricas y prácticas sustentadas en el concepto de Teoría de restricciones y/o Manufactura Sincrónica, que proporciona y facilita un entendimiento de la Gerencia acerca de la importancia de que todas y cada una de las decisiones tomadas en las cualquier área de la empresa, permitan el alcance de la meta "Ganar dinero"; permitiendo evaluar y por tanto eliminar las acciones que actualmente afecten de manera negativa el alcance de dicha meta.

✓ Restricciones conductuales

Hace referencia a las actitudes y conductas del personal de una empresa que pueden ir en contra de los principios planteados por Manufactura Sincrónica.

En la empresa MEDIIMPLANTES las actitudes del personal no afectan o no alteran en forma notoria el buen funcionamiento de los procesos productivos o administrativos, por lo tanto se considera que no existen restricciones conductuales.

Sin embargo, se requiere que todo el personal tanto administrativo como operativo, tengan claridad acerca del valor de que todas las acciones llevadas a cabo permitan el alcance de los objetivos globales de la empresa dejando atrás el interés por el alcance de las metas particulares limitadas por su propio quehacer.

✓ Restricciones del Mercado

La demanda del mercado determina el Throughput de la empresa.

MEDIIMPLANTES compite actualmente en el mercado colombiano con una empresa Nacional: ORTOTHEC cuyo impacto en el mercado, hasta ahora, ha sido menor que el de MEDIIMPLANTES; además también enfrenta a cuatro competidores de origen extranjero: JHONSON & JHONSON, BRAUM, SYNTES, STRYCKER, quienes ofrecen productos con costos mayores a los de la empresa, tienen inconvenientes en el suministro debido a las cantidades mínimas que tienen que enviarse a Colombia desde su respectivo lugar de origen y no cuentan con una relación directa con los especialistas nacionales (médicos cirujanos) lo cual dificulta la preferencia por parte de los mismos, según se comenta en el Estudio de Planeación Estratégica¹¹. Por éstas razones y considerando tanto la tecnología como la calidad con la que son fabricados los productos en MEDIIMPLANTES, se ha generado un comportamiento creciente en las ventas, aumento que se espera mantener realizando aun más contactos con las entidades de salud y de los médicos especializados localizados en el territorio colombiano; además MEDIIMPLANTES, una vez establecida en el mercado nacional, tiene como meta llevar a cabo la exportación de sus productos inicialmente a países como Brasil, Ecuador y Perú.

Lo expuesto anteriormente muestra una oportunidad de crecimiento en la demanda del mercado, que lleva a suponer que actualmente ésta no es una restricción para el sistema. Sin embargo, mensualmente se evaluarán los recursos con el fin de hallar posibles restricciones; si esto no ocurre, la restricción será el mercado, para lo cual es necesario evaluar alternativas para fomentar el incremento de su demanda.

¹¹ LIZARAZO, Op. cit..

Restricciones internas

✓ Restricciones de Materiales

Existe una restricción de materiales cuando la materia prima y los insumos necesarios para la producción no se encuentran disponibles en el momento en que se requieren generando una alteración en el proceso productivo y ocasionando quizás, un incumplimiento en la demanda solicitada por los clientes.

Materia Prima

La materia prima empleada en la fabricación de los implantes es Titanio, en Colombia no existen proveedores de éste material, por lo tanto el titanio es suministrado por un proveedor ubicado en Estados Unidos, quien ha sido seleccionado por la excelente calidad del material y por la puntualidad en las entregas.

Actualmente la Gerencia junto con el Jefe de Inventarios, establecen un control sobre la materia prima que garantiza su disponibilidad en el momento en que se requiere o en todo momento. Los pedidos se realizan teniendo en cuenta la materia prima existente en inventario, los supuestos de ventas generados por el jefe de comercial y el tiempo aproximado de tres semanas que se tarda el proveedor en hacer la entrega del material una vez se realiza la solicitud de compra.

Por otra parte, debido a que la materia prima utilizada por todos los implantes es la misma, con solo una variación en el diámetro de la barra de titanio, en caso de ocurrir una escasez en el material requerido para la fabricación de un producto en particular, se puede recurrir a la alternativa de obtener dicho material realizando un desbaste al material disponible, con el fin de obtener el diámetro requerido.

En general, se puede afirmar que éste aspecto no representa un problema, pues hasta el momento no se ha presentado una ausencia de materia prima que impida el correcto funcionamiento del proceso productivo en MEDIIMPLANTES¹².

¹² No existen registros que evidencien la no conformidad por falta de materia prima.

Herramientas

Algunas de las herramientas que son acopladas a las máquinas encargadas del mecanizado, son adquiridas a la empresa IMOCOM y otras se compran a diversos proveedores en la Ciudad de Bucaramanga. Existe un control de las herramientas disponibles, de tal manera que cuando el Jefe de Inventarios, junto con el Jefe de producción, lo consideren necesario, realizan una orden de compra de las herramientas con el fin de evitar que por fracturas inesperadas o desgaste de las herramientas se detenga la producción en algún centro de trabajo. Luego se tienen las herramientas suficientes para garantizar la operación.

En conclusión, actualmente se considera que no existen restricciones de materiales que alteren el flujo productivo de la empresa.

✓ **Restricciones de capacidad**

Este tipo de restricciones ocurren cuando la capacidad de un recurso es insuficiente para cumplir con la demanda asignada a él, poniendo en riesgo la terminación oportuna de los productos y por tanto el Throughput de la empresa.

Los recursos que generan un flujo real menor al flujo deseado son llamados Recursos Cuello de Botella, además, existen otros recursos que aunque no son cuello de botella pueden alterar el flujo del producto y son llamados Recursos de Capacidad Limitada, para ellos Chase presenta las siguientes conceptos: "...un Cuello de Botella se define como un recurso que no tiene la capacidad de satisfacer la demanda [y] ...un recurso con Capacidad Limitada es aquel que trabaja cerca de la capacidad pero, en promedio, tiene unas aptitudes adecuadas mientras no se programe incorrectamente"¹³.

¹³ CHASE, AQUILANO, JACOBS, Op. cit., p. 804.

Mediante la creación de un software¹⁴, cuyo funcionamiento se explica con detenimiento en el Capítulo 8, la empresa evalúa la capacidad requerida por cada recurso para cumplir con la demanda del mercado; si ésta capacidad es mayor, igual o muy cercana a la capacidad disponible del recurso, éste es identificado como un recurso cuello de botella o recurso restrictivo de capacidad según el caso, para lo cual la empresa concentrará sus esfuerzos en garantizar un correcto flujo a través de la(s) limitación(es). En éste mismo capítulo, se muestra como se realiza el cálculo de las capacidades requeridas por cada recurso, la determinación de los recursos restrictivos y la programación para éstos con el fin de garantizar un correcto flujo de los productos y asegurando un mejor nivel en el throughput de la empresa.

A diferencia de los otros tipos de restricciones comentadas, la existencia de las de capacidad aun no se descarta, entonces se procede exponer un método para su identificación y posterior tratamiento como limitación.

La identificación de los recursos restrictivos se realizará para cada periodo de fabricación debido a que estos recursos pueden variar a través del tiempo por causa de las mejoras en la capacidad de los recursos que anteriormente fueron identificados como recursos restrictivos o incrementos o decrementos en la demanda.

- **Medio para la identificación de las restricciones de capacidad**

Existen tres vías tentativas para determinar los recursos restrictivos:

- ✓ Perfiles de Carga. Incluyen el uso de bases de datos o el análisis de información para calcular la carga que se demanda de un recurso.
- ✓ Expeditadores. Pueden informar sobre cuales son las partes que escasean con mayor frecuencia y a que departamentos van a buscarlas generalmente, es posible que estén sean las que pasen por un cuello de botella.

¹⁴ A modo de aclaración, por si no se tiene conocimiento de ello hasta el momento y partiendo del objetivo central o general del proyecto, se determino que la forma en que se le dará cumplimiento al mismo es mediante la realización de un software. Lógicamente, en el capítulo correspondiente se mencionará mas acerca de ésta decisión.

- ✓ Observación y experiencia. En caso tal de no contar con un expeditador, ésta es la manera más sencilla y directa, probablemente el recurso limitación tenga una mayor cantidad de productos en proceso frente a él.

Aunque el establecimiento de los Perfiles de Carga, puede ser un proceso metódico y requiere de tiempo para recabar y analizar la información, es una alternativa confiable en la identificación de las restricciones presentes en el sistema productivo, razón por la cual en el caso de estudio se optó por su empleo.

Se basa principalmente en el procesamiento de datos o la realización de cálculos que involucran información de demanda, tiempos de operación, tiempos de preparación, y tiempo disponible de trabajo. Inicialmente se detectan los tiempos de preparación y los tiempos de cada una de las operaciones de acuerdo al recurso, a continuación se multiplica el número de productos asignados al centro de trabajo por el tiempo total de las operaciones que se llevan a cabo y se suma el tiempo de preparación de cada una de las operaciones. Una vez determinado el perfil de carga se compara con la capacidad disponible, de esta manera se identifican los recursos cuya carga está cerca, es igual o sobrepasa la capacidad disponible con la que cuenta.

- **Perfil de carga para los centros de trabajo de MEDIIMPLANTES**

A continuación se describe de manera general la forma como se determinan los perfiles de carga para cada centro de trabajo, en el Capítulo 8 se expone de manera detallada el cálculo de estos perfiles de carga.

- ✓ Torno Suizo, Torno CNC y Fresa CNC.

Estos centros de trabajo hacen parte de dos rutas posibles para la realización del mecanizado de las piezas: la Ruta CNC compuesta por el Torno CNC y el Centro de Mecanizado CNC y la Ruta Suizo compuesta por el Torno Suizo.

Como se mencionó anteriormente, el perfil de carga de cada recurso está formado por los tiempos de preparación y los tiempos de operación; en estos centros de trabajo,

los tiempos de preparación solo se pueden determinar una vez se ha asignado la ruta inicial a los productos y un orden de ejecución de las operaciones en cada centro de trabajo, ya que la duración total de las actividades de preparación de cada una de las operaciones, depende de la operación antecedente. La manera como se realiza la asignación de la ruta a los productos y el orden entre operaciones en estos centros de trabajo se explica con detenimiento en el Capítulo 8.

Una vez establecidos los tiempos de las operaciones y los tiempos de preparación (variables o dependientes) de cada operación, se multiplican los tiempos de cada operación por los productos a realizar y se agregan los tiempos de preparación, obteniendo así el perfil de carga para el recurso.

✓ Pulido

A diferencia de los recursos anteriores, los tiempos de preparación en este centro de trabajo son fijos no del establecimiento de un orden previo entre operaciones para poder determinarse, por lo tanto, el perfil de carga en este centro de trabajo se calcula multiplicando los tiempos de operación por cada uno de los productos a realizar y se agrega el tiempo de preparación de cada operación.

✓ Galvanizado (Anodizado)

El perfil de carga en éste centro de trabajo se halla multiplicando el tiempo de operación de cada producto por el número de productos y agregando un tiempo de preparación diario, ya que las preparaciones en este centro de trabajo se realizan por día sin importar el número de productos u operaciones que se realicen durante la jornada.

✓ Marcado

De igual manera, el cálculo de la capacidad requerida se realiza multiplicando los tiempos de operación de cada producto por la cantidad de productos a realizar y adicionando los tiempos de preparación.

Se debe garantizar que la información suministrada al software para el cálculo las restricciones del sistema sea lo más veraz posible, lo cual dará confiabilidad para la toma

de decisiones basadas en los resultados arrojados por el software; para esto, es necesario realizar una constante revisión y actualización de los tiempos determinados en el estudio que se realizó y que se describe en el Capítulo 6.

5.2.2 Explotar las restricciones

Consiste en obtener el máximo rendimiento de aquellos recursos que limitan la capacidad productiva de la empresa, eliminando cualquier causa de tiempo improductivo.

Los esfuerzos por mejorar y aumentar la capacidad del tiempo de procesamiento se deben concentrar en los recursos restrictivos, ya que sólo a través de ellos se pueden obtener logros importantes en el desempeño total del sistema.

Como explotar las restricciones del sistema?

- **Eliminar los intervalos de tiempo ocioso**

Existen algunas circunstancias que impiden que el recurso opere durante el tiempo que le ha sido destinado. Dichas circunstancias pueden ser: descansos tomados por el operario durante su jornada laboral, el ausentismo, la falta de material, falta de herramientas, programación deficiente, entre otras.

- ✓ Factores como ausentismo y descansos tomados por el operario no son notorios en el personal de MEDIIMPLANTES, sin embargo, si fuese el caso, dichos factores son relativamente fáciles de eliminar, ya que una vez el software identifique aquel recurso restrictivo, el Ingeniero de Producción de la empresa debe garantizar en aquel recurso la presencia constante de un operario y así evitar que se presente tiempo improductivo. Con respecto a éste punto, en MEDIIMPLANTES se detecta una posible situación de mejora de acuerdo a la restricción que se detecte, existe un tiempo de descanso que se otorga a todo el personal de la empresa, el cual consta de 10 minutos en la mañana y 10 minutos en la tarde, dicho tiempo se tendrá en cuenta para descontarlo del disponible de los recursos, porque aunque existen algunos recursos

cuya automatización permite que la máquina opere sola, se prefiere que el operario correspondiente esté siempre presente mientras la máquina esté operando, ya que puede presentarse un deterioro o fractura en alguna de las herramientas que se están usando, provocando posiblemente daños en el producto y en algunas partes de la máquina.

✓ Disponibilidad de materia prima y herramientas

En relación a la materia prima, debido a la ubicación de los proveedores y el tiempo de entrega que estos ofrecen, la administración hace los pedidos garantizando en un 100% la disponibilidad de dicha materia prima en la planta de producción, en el momento que se requiere para su procesamiento.

Por otra parte, algunas herramientas (no de mecanizado) como: pinzas, alicates, llaves, entre otras, están al alcance de los operarios en todo momento y para cada centro de trabajo están disponibles las herramientas adecuadas; para las máquinas existe otro tipo de herramientas (de mecanizado) como fresas, brocas, barras, entre otras que se encuentran en un almacén y la persona encargada del manejo del inventario es quien ejerce el control sobre dichas herramientas entregándolas al operario cada vez que éste las requiera durante un cambio de operación, de modo que se genera una espera mientras se hace la entrega de la herramienta, por lo tanto para eliminar este tiempo de espera se determinó que una vez identificado el recurso (que emplea dichas herramientas) como restricción, se establecerá para él un pequeño inventario de las herramientas requeridas para la elaboración de los productos asignados a este centro de trabajo.

✓ Sin un recurso restrictivo de capacidad no se programa de manera correcta, puede ocasionar una alteración en el flujo del producto a través de la planta, afectando de manera relevante el rendimiento específico de la empresa. Por lo tanto una vez identificado el(los) recurso(s) restrictivo(s) se debe establecer la programación que garantice un aprovechamiento de la capacidad con la que él dispone. La forma como se realizará la programación teniendo en cuenta lo anteriormente nombrado se muestra más adelante en el Capítulo 8.

- **Reducir el tiempo de preparación**

Los tiempos de preparación forman parte del tiempo de carga para cada recurso, si estos tiempos se reducen, es posible aumentar la capacidad efectiva del recurso. Según el enfoque planteado por Teoría de Restricciones y Manufactura Sincrónica, los esfuerzos realizados para reducir los tiempos de preparación deben enfocarse en los recursos restrictivos ya que “Una hora ahorrada en el cuello de botella le adiciona una hora a todo el sistema de producción”¹⁵. Respecto a los recursos cuya capacidad no es limitada o que tienen capacidad extra, la reducción en sus tiempos de preparación solo ocasiona aun más tiempo disponible, generando tiempos de espera o tiempos ociosos, con lo cual, se considera que los esfuerzos por reducir los tiempos de preparación en los recursos no restrictivos no contribuyen al rendimiento específico de la empresa.

Como disminuir los tiempos de preparación?

- ✓ Es importante reducir el número total de preparaciones en el recurso cuello de botella o recurso restrictivo de capacidad, esto es posible mediante la utilización de lotes más grandes de producción.
- ✓ En MEDIIMPLANTES ciertas máquinas cuentan con tiempos de preparación dependientes de la operación realizada anteriormente de acuerdo a la cantidad de herramientas que deban cambiarse, motivo por el cual es conveniente establecer una secuencia que reduzca en lo posible dichos cambios.
- ✓ Por otra parte, para disminuir los tiempos de preparación en el recurso identificado como cuello de botella o recurso restrictivo de capacidad es importante utilizar técnicas que permitan reducir el tiempo empleado en la preparación de dichos recursos. Aunque la implementación de estas técnicas no se contempla en el desarrollo del presente proyecto, cualquier mejora y por lo tanto reducción en los tiempos de

¹⁵ CHASE, AQUILANO, JACOBS, Op. cit., 802.

alistamiento son inmediatamente involucrados como una actualización en las entradas o parámetros del sistema creado para la programación de la producción.

- **Mejorar el control de calidad**

Es de gran importancia optimizar el tiempo en los recursos restrictivos ya que éstos determinan el flujo real de productos en la planta de producción y por tanto el rendimiento de todo el sistema. Se debe evitar que dichos recursos trabajen piezas defectuosas provenientes de operaciones realizadas en recursos anteriores, o que resulten defectuosas al ser trabajados en estos recursos o en los posteriores a éste.

Con propósito de evitar que los recursos generen productos defectuosos se estableció para cada uno de ellos lo siguiente:

- ✓ Torno Suizo, Centro de Mecanizado CNC Y Torno CNC

Son equipos automatizados y prestan un alto nivel de precisión y exactitud debido a su base tecnológica. Con ello, se garantiza un porcentaje de producto defectuoso insignificante o nulo. Sin embargo para tener certeza de esto, se establecieron los siguientes procedimientos:

- Revisar las herramientas utilizadas, con el fin de determinar que se encuentran en buenas condiciones, es decir que el desgaste de la herramienta sea insignificante y por lo tanto no afecte negativamente los productos procesados en este recurso.
- Continuar con la realización de una inspección del producto en proceso cada cinco piezas, controlando así que el recurso esté operando dentro de las tolerancias establecidas, esto permite determinar si en algún momento una o varias herramientas han sufrido un desgaste o algún tipo de fractura durante la operación que afecte la producción de las piezas llevando al incumplimiento de los estándares de calidad establecidos.
- Garantizar que la materia prima o el producto que se va a procesar esté ubicado correctamente dentro de la máquina según las especificaciones suministradas en los planos de producción para cada operación.

- En el plano de producción se especifica correctamente el programa que se utilizará, esto evitará confusiones o errores por parte del operario en el momento de hacer el llamado del programa.

✓ Pulido

Pulido es el proceso a través del cual las piezas quedan libres de virutas, rebabas y aristas cortantes. Para garantizar que los productos procesados por este centro de trabajo obtengan la apariencia superficial deseada y no sea devuelto por los procesos posteriores, se debe considerar:

- El operario debe contar con las herramientas (discos, pasta, limas) en buen estado de tal manera que el producto procesado por cada operación obtenga las características físicas establecidas.
- Debe garantizarse visibilidad en el puesto de trabajo.

✓ Limpieza

Con el objetivo de retirar las partículas metálicas, grasa, ácidos, etc, de los productos, el operario encargado del proceso de limpieza debe someter las piezas durante el tiempo determinado en cada uno de los procesos que se realizan. Una vez el proceso de limpieza ha finalizado, la manipulación del producto debe realizarse utilizando guantes para evitar que partículas contaminantes se adhieran nuevamente al producto.

✓ Galvanizado (Anodizado)

Con la finalidad de evitar quemar la pieza o dar un color diferente al especificado y que origina un producto defectuoso o un reproceso hasta la operación de pulido, se debe:

- Seguir las indicaciones respecto a corriente y voltaje requeridos por cada pieza los cuales se especifican en el plano de producción para cada uno de los productos.
- El tiempo de operación debe ser el indicado en el plano de producción.
- Los dispositivos de agarre de la pieza deben ser adecuados, a fin de ejercer en la pieza la presión requerida.
- Es importante que la manipulación de la pieza se realice con la utilización de guantes para proteger la pieza de impurezas.

✓ **Marcación**

Cada pieza debe ir marcada con su respectiva referencia, lote de producción, material base de la pieza y logo de la empresa, además el marcado debe ser legible de tal manera que permita la identificación del producto, para garantizar el cumplimiento de lo anterior y obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad se requiere que:

- El operario debe tener un conocimiento claro del producto que va a marcar, para no tener confusiones con las referencias existentes en el momento de realizar la impresión sobre la pieza.
- La velocidad y potencia deben ser las indicadas en el plano de producción.
- Las piezas debe ser colocadas en la impresora como se dispone en el plano de producción y en las cantidades señaladas, para evitar que la marcación quede corrida.
- La manipulación de la pieza debe realizarse con la utilización de guantes, para proteger la pieza de impurezas.

• **Reducir la carga de trabajo**

Un recurso cuello de botella es un aquel cuya capacidad es inferior a la requerida para cumplir con la demanda impuesta sobre él, la capacidad disponible de éste recurso debe aprovecharse al máximo, ya que la producción obtenida a través de él favorece el Throughput del sistema, por lo tanto:

- ✓ Se debe garantizar que para los productos procesados en el recurso cuello de botella haya realmente una demanda en el mercado, es decir, que dichos productos aporten al rendimiento específico de la empresa. Esto se logra a través de un plan maestro de producción cuyos requerimientos sean los justos para tratar de alcanzar un nivel de servicio al cliente del 100%, sin necesidad de incurrir en grandes cantidades de inventarios cuya fabricación en la restricción, consume tiempo del realmente necesario para fabricar los artículos que generan Throughput. En el Capítulo 7 se muestra como se llevará a cabo la obtención del Plan Maestro de Producción con estas características.

- ✓ El departamento de diseño y desarrollo realiza cambios en el diseño de los productos, diseño de procesos o reemplazo de algunos productos por otros, ya sea por requerimientos de los clientes o por procesos de mejora continua; por ello es necesario que se informe de manera oportuna al departamento de producción acerca de los cambios generados, garantizando así que en el recurso cuello de botella solo se realicen operaciones de productos para los cuales realmente existe demanda.
- ✓ Una vez determinado el cuello de botella, se evalúa si las operaciones realizadas por este recurso pueden ser llevadas a cabo en otro con el objetivo de disminuir carga asignada del recurso cuello de botella.

En MEDIIMPLATES existen dos rutas posibles de producción para algunos de los productos, Ruta CNC compuesta por el Torno CNC y el Centro de Mecanizado (Fresa CNC) y la Ruta Suizo compuesta por el Torno Suizo, si una vez asignada la carga para cada uno de los recursos, el recurso cuello de botella se encuentra en cualquiera de las dos rutas, se dará la opción de evaluar la posibilidad de pasar algunos productos a la otra ruta con el fin de disminuir la carga del recurso restrictivo, esto se hará teniendo presente que el nuevo tiempo de carga asignado a la segunda ruta no exceda la capacidad disponible en los recursos que la componen ya que si esto ocurre estaremos limitando ahora la capacidad de un nuevo recurso, corriendo el riesgo ahora de tener dos recursos cuello de botella o recursos restrictivos de capacidad.
- ✓ Los departamentos de diseño-desarrollo y Producción deben evaluar continuamente mejoras en el diseño de los procesos que permitan una disminución en los tiempos de operación y de preparación en el recurso cuello de botella.

5.2.3 Subordinar todo a la decisión anterior

El recurso identificado como cuello de botella o recurso restrictivo de capacidad es quien determina el flujo real obtenido por el sistema productivo, por lo tanto es importante que el flujo de productos que pase por aquel recurso, transcurra a lo largo de la planta sin interrupciones.

Una vez se han llevado a cabo las mejoras nombradas anteriormente, es importante que todos los recursos no restrictivos de capacidad funcionen de manera tal que se favorezca el flujo del producto a través de la planta.

- Los recursos no limitados que anteceden en la secuencia de operaciones al cuello de botella deben asegurar el pleno funcionamiento de éste, permitiendo que los productos o el material requerido para su procesamiento se encuentre a su disposición en el momento en que se programó.

Con el objetivo de garantizar el correcto y continuo funcionamiento del cuello de botella se estableció en MEDIIMPLANTES un amortiguador de tiempo antes de dicho recurso:

✓ Amortiguador de tiempo

En todas las empresas manufactureras se presenta cierto grado de variabilidad inherente a todos los procesos (fluctuaciones estadísticas) con lo cual es casi imposible predecir en que momento se van a presentar; debido al grado de dependencia existente entre los diferentes procesos de una empresa, cualquier variación en uno de estos procesos afectará a los que se encuentren posteriormente (eventos dependientes), es decir, si se presenta una demora en una operación, se retrasarán todas las operaciones sucesivas, esto causará una alteración en el flujo del producto a través de la planta y por lo tanto pondrá en riesgo el rendimiento específico de la empresa (Throughput).

Con el fin de proteger el Throughput, se creó un amortiguador de tiempo cuya función es proteger el flujo del producto contra las discontinuidades que se presenten en la planta, garantizando que el flujo real sea idéntico al flujo planeado. Como se sabe, la producción del recurso cuello de botella determina el flujo real obtenido por la empresa, entonces, el amortiguador de tiempo debe establecerse en el proceso antes de las operaciones del recurso cuello de botella o recurso restrictivo de capacidad, de tal manera que el material o el producto llegue a tiempo a dicho recurso garantizando que éste siempre tenga algo en que trabajar.

✓ Amortiguador de existencias

Por otra parte, además de proteger el rendimiento específico de la empresa, se debe garantizar una capacidad de respuesta del sistema a la demanda del mercado, para esto se estableció un amortiguador de existencias al final del proceso. Dicho amortiguador se determinó a través de la creación de un stock de seguridad. La forma como se obtiene dicho stock se muestra en el Capítulo 7.

- También es importante controlar que los productos que se procesan en los recursos que anteceden al recurso cuello de botella no excedan las cantidades establecidas en el Programa Maestro de Producción, ya que esto solo produciría un exceso de inventario frente al recurso cuello de botella, que en últimas no se alcanzaría a procesar, pues como su significado lo dice su capacidad es limitada; para este fin, se estableció en MEDIIMPLANTES un programa de liberación de materiales cuya función es indicar el momento preciso en que se debe suministrar materiales al sistema para el procesamiento de los productos, esto ejercerá un control en los recursos no restrictivos de capacidad que se encuentran ubicados antes del cuello de botella, para que debido al exceso de capacidad que poseen, no generen inventarios innecesarios en el sistema productivo. El funcionamiento de este programa de liberación de materiales se muestra en el Capítulo 8.
- Respecto a los recursos no limitados que siguen en la secuencia al cuello de botella, deberán esperar a que los productos procesados por el recurso restrictivo lleguen a ellos para su posterior procesamiento, la subordinación de estos centros de trabajo está dada por la disponibilidad de productos para ser procesados.

5.2.4 Elevar las restricciones

Una vez se han llevado a cabo las acciones para explotar el recurso cuello de botella y se han programado los recursos no limitados de tal manera que suministren los productos al recurso cuello de botella en el momento en que este lo necesita, se deben establecer las acciones, de impacto en el largo plazo, para aumentar la capacidad disponible del recurso cuello de botella a fin de poder cumplir con la demanda.

La forma en que se elevará el recurso identificado como cuello de botella, será a través del aumento de las horas diarias disponibles para él. Es importante que antes de tomar esta decisión se evalúen y lleven a cabo inicialmente las mejoras posibles en el recurso ya que un aumento en la jornada causará un aumento inmediato de los gastos de operación de la empresa favoreciendo negativamente el alcance de la meta.

Otra forma de elevar la restricción del sistema es a través de la inversión en nuevas máquinas, sin embargo, muchas empresas se apresuran a tomar esta decisión antes de llevar a cabo las evaluaciones necesarias en donde se muestre la verdadera necesidad de adquirir nuevos recursos, esto ocasiona exceso de capacidad frente a la cual sólo se plantea una solución: “Producir para aumentar las eficiencias”, generando un aumento de inventarios en proceso sin favorecer el throughput de la empresa.

Es importante entonces, llevar a cabo un estudio exhaustivo de los requerimientos de nueva capacidad antes de pensar en adquirir nueva maquinaria, más aún, cuando dicha maquinaria maneja producción a escala.

5.2.5 Mejorar continuamente

No hay que permitir que la inercia provoque una limitación al sistema, con ello, si se ha roto una restricción en los pasos previos hay que retomar el primer paso. MEDIIMPLANTES y en general, cualquier organización siempre contará con una restricción que debe ser foco para la toma de decisiones y ejecución de acciones dirigidas al logro los objetivos globales.

6. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una actividad cuyo propósito fundamental es establecer la duración de una tarea específica, con base en la medición del contenido del trabajo, considerando fatigas, demoras personales y los retrasos inevitables.

En MEDIIMPLANTES no existe actualmente información ni registros de tiempos de la duración de las diferentes operaciones, al no contar con esta básica y valiosa información la empresa no se favorece del empleo de ellos, ya que no puede (según comenta Néstor Ortiz):

- Estimar el costo de los productos elaborados^[16]
- Estimar la capacidad de producción de la planta
- Programar eficientemente la producción
- Asignar correctamente el trabajo a los operarios
- Calcular eficiencias^[17]
- Comparar métodos de trabajo¹⁸

El estudio fue realizado tanto para la duración de las operaciones como para los tiempos de preparación de las mismas. Es importante considerar que a mediados del mes de septiembre se adquirió una nueva máquina (Torno Suizo), el alcance del proyecto contempló las operaciones realizadas en los recursos o centros de trabajo existentes en el momento en el que se comienza a realizar el estudio (Junio de 2005).

Actualmente la nueva máquina ya se encuentra en funcionamiento, sin embargo por el poco tiempo con el que se ha contado con esta máquina y el tiempo requerido para

¹⁶ En caso de que no se siga un enfoque basado Manufactura sincrónica.

¹⁷ En caso de que no se siga un enfoque basado Manufactura sincrónica.

¹⁸ ORTIZ P., Néstor R.. Análisis y Mejoramiento de los procesos de la empresa. 1°ed. Bucaramanga, 1999, p. 144.

desarrollar el programa (órdenes digitales) del producto en ella, sólo se ha producido un número limitado de productos y por otro lado, los tiempos de preparación actuales para las operaciones no se han estandarizado de manera precisa. La duración actual de las actividades de preparación es elevada debido a que hasta el momento, la escasa experiencia en el manejo del Torno Suizo impide rapidez y habilidad en la realización de las tareas relacionadas con mismo. Por lo tanto se procedió a realizar el estudio a los productos que hasta el momento se estén fabricando en dicha la nueva máquina y se realizó un estimado de los tiempos de preparación, teniendo presente, que estos últimos cambiarán a medida que se tenga un mayor conocimiento del funcionamiento y manejo de la máquina.

6.1 TIEMPOS DE OPERACIÓN

A continuación se describe la metodología que se consideró apropiada para la determinación de los tiempos tipo de las operaciones de todos y cada uno de los productos manejados por la empresa.

6.1.1 Acerca de la estandarización del trabajo

La estandarización del trabajo es el procedimiento por medio del cual se determina el método específico de trabajo para llevar a cabo cada una de las operaciones que se realizan en la empresa.

La ventaja de la estandarización del método de trabajo es un aumento en la habilidad de ejecución de las operaciones por parte del operario o del encargado de realizarlo.

En la elaboración de este proyecto no se realizó una estandarización del trabajo ya que MEDIIMPLANTES tiene definido, especificado y documentado el método a seguir para cada una de las operaciones relacionadas con la fabricación de los productos.

Por otra parte, en las operaciones realizadas en maquinaria automatizada o que requieren de procesos químicos, cualquier intento por llevar a cabo una mejora o un cambio, en la mayoría de los métodos de fabricación, requiere de un conocimiento especializado sobre diseño y funcionalidad del producto, herramientas, características físicas y químicas de los materiales (titanio), sustancias químicas involucradas, funcionamiento de la maquinaria, manejo de los programas de las máquinas de control numérico, dispositivos de ajustes para el producto, entre otros; dicho conocimiento es aportado el personal especializado, por lo tanto, no se intervino en mejoras que estuvieran relacionadas con los aspectos mencionados, ya que no se cuenta con conocimientos técnicos y profundos relacionados con dichas áreas.

A pesar de esto, inicialmente se llevaron a cabo observaciones al método para cada una de las operaciones realizadas en el proceso productivo, con el fin de poder identificar algunas oportunidades de mejora en los métodos ya estandarizados.

Las mejoras identificadas fueron implantadas después de discutirse con el Jefe de Producción y el operario encargado.

A continuación se describen las operaciones y las mejoras que fueron llevadas a cabo en estas operaciones:

Tabla 4. Descripción del proceso de Anodizado

PROCESO DE ANODIZADO	
El proceso de anodizado es para la mayoría de las piezas una actividad de corta duración, consiste en acoplar, en el gancho o dispositivo sujetador, una pieza y sumergirla durante un tiempo programado en una solución con ácido sulfúrico.	
Antes	Solo existía un dispositivo para cada tipo de pieza, por lo tanto el operario una vez finalizaba el proceso para una pieza, éste la soltaba del dispositivo, tomaba una nueva pieza y la acoplaba de nuevo al mismo dispositivo.
Ahora	Se confeccionó otro dispositivo, el cual permite que mientras una pieza está en proceso de anodizado (sumergida en la solución), el operario realice el acople de otra pieza en éste segundo dispositivo, por lo tanto, una vez finalice el proceso de coloreado de la pieza sumergida, el operario extraerá el dispositivo junto con la pieza e inmediatamente sumergirá el nuevo con su correspondiente pieza ya dispuesta.

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 5. Descripción del proceso de Pulido

PROCESO DE PULIDO	
El proceso de pulido consta de varias operaciones las cuales varían dependiendo de la pieza sobre la cual se realice. Está compuesto, de manera general y en su respectivo orden, por las operaciones de Lima, Grata, Lija y Trapo.	
Antes	Dentro de éstas operaciones los operarios realizan una actividad a las piezas que tienen roscado, la cual consiste en probar la rosca de la pieza mediante la utilización de un dispositivo. Esta actividad se realizaba de manera indistinta en las operaciones de Lima o Lija. Esto impedía una estandarización completa de las operaciones.
Ahora	Dado que no existía diferencia en relación a la operación en donde se realizará la actividad de roscado, se optó por realizarla en la operación de lima, permitiendo esto una estandarización completa dentro del proceso de pulido, lo cual favorecería el posterior estudio de tiempos.

Fuente: Autoras del proyecto.

6.1.2 Diagramas de procesos

Una vez se garantizó la estandarización de las operaciones, para facilitar y hacer el estudio más completo, fue necesaria la realización de los diagramas de operaciones del proceso, permitiendo esclarecer la secuencia actual de todas y cada una de las operaciones llevadas a cabo durante la fabricación de los productos. Los diagramas de operaciones de proceso elaborados para los productos se muestran en el Anexo B.

6.1.3 Técnica para el estudio de tiempos

La técnica seleccionada para la realización del estudio de tiempos fue la referente a Tiempos por Cronómetro, la cual permite establecer el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea a partir del registro de datos de tiempos previamente cronometrados. El registro de los datos se realizó de manera directa¹⁹, es decir, a medida que el operario realizaba las actividades se iban registrando los tiempos de operación.

6.1.4 Tiempo tipo

- **Selección del trabajador**

Junto con el Jefe de producción se seleccionaron los operarios con los cuales se llevaría a cabo la realización del estudio. En las operaciones que son realizadas por más de un operario, se eligió aquel que cumpliera con las características deseadas: su experiencia en las actividades debe ser tal que permita una valoración justa, es decir, no debe ser ni muy rápido ni muy lento; su actitud de cooperación que favorezca positivamente la realización del estudio y su habilidad en el desarrollo de las actividades. La mayoría de los operarios fueron incluidos en el estudio, ya que la operación de Pulido es la única que posee más de un operario para su ejecución.

El operario fue informado previamente acerca del objetivo del estudio que se iba a realizar, eliminado el temor por parte de él al sentir que iba a ser evaluado y posiblemente

¹⁹ Se entiende como técnica indirecta, aquella en la cual se hace uso de grabaciones en video del ciclo, para realizar un posterior registro de datos.

criticado en su trabajo, se le hizo saber que su colaboración iba a ser de gran importancia para la realización del estudio.

- **Determinación del ciclo de trabajo**

Para cada una de las operaciones se identificó el ciclo de trabajo, el cual está compuesto por una serie de acciones necesarias para llevar a cabo dicha operación. Un ciclo inicia en un instante definido por una tarea y termina en el mismo punto cuando el operario realiza nuevamente dicha tarea.

- **División del ciclo de trabajo en elementos**

Los ciclos identificados anteriormente fueron fraccionados en elementos, los cuales se definen como parte de una tarea que dura poco tiempo y se compone por movimientos con características similares del operario o de la máquina. El Anexo C se muestra cada una de las operaciones que se realizan en el sistema productivo de MEDIIMPLANTES, con su respectiva identificación de ciclos y división en elementos.

Néstor Ortiz explica la existencia de tres tipos de elementos:

- ✓ Repetitivos o regulares: son aquellos que se encuentran presentes en todos los ciclos de las operaciones.
- ✓ No repetitivos o irregulares: son aquellos que aunque son periódicos, no se repiten en todos los ciclos de trabajo.
- ✓ Extraños o aleatorios: son elementos eventuales, y por lo tanto no deben ser tenidos en cuenta al establecer el tiempo asignado²⁰

Se tuvo en cuenta algunas indicaciones para la división del trabajo en los elementos:

- ✓ Los elementos deben tener un comienzo y fin claramente definidos que permitan su fácil identificación, tales como señales emitidas por los equipos, señales auditivas, movimientos del operario, cambio de herramientas por parte del operario, entre otras.

²⁰ ORTIZ P., Op. cit., p. 145.

- ✓ Los elementos no deben ser ni muy largos ni muy cortos. Algunos elementos que se componen de actividades realizadas únicamente por la máquina o cuya variación entre ciclos es cero, no fue necesario dividirlos, por lo tanto la duración de éstos elementos sobrepasaron el tiempo aconsejado (máximo 22 segundos).
- ✓ Se deben separar los elementos del operario de los de la máquina, al igual que los repetitivos y los no repetitivos.
- ✓ Todos los movimientos del elemento deben perseguir el mismo objetivo.

En MEDIIMPLANTES, para algunos productos se realizan varias operaciones a la vez, y este conjunto de operaciones es agrupado y denominado actualmente como una sola operación. Para llevar a cabo el estudio de tiempos y por lo tanto la división del trabajo en elementos, esta operación general fue dividida en sub-operaciones y una vez divididas se fraccionaron en elementos.

A continuación se señala por medio de un ejemplo lo expuesto en el párrafo anterior, a través del cual se muestra como se llevó cabo la división de la operación general en sub-operaciones.

Las celdas de color verde muestran la operación uno del pin de schanz, señalando todas las actividades que se llevan a cabo en esta operación, esta forma no permitía la división consecuente en los elementos, por lo tanto se procedió a dividir la operación uno en sub-operaciones permitiendo la fácil identificación de cada ciclo y posteriormente la división en elementos, esto se muestra en las celdas de color azul del siguiente cuadro.

Tabla 6. Subdivisión de la operación uno del Pin de Schanz

O1. PIN DE SCHANZ		
O1		Consiste en el desbaste inicial y el lijado del pin de schanz, una vez se ha realizado lo anterior a todos los pines, se toman nuevamente uno por uno y se realiza el acabado a los extremos del pin, dando a su vez las dimensiones requeridas según el plano de producción.
O1	O1A	Consiste en el desbaste inicial y el lijado del pin de schanz.
	O1B	Se realiza el acabado a los extremos del pin, dando a su vez las dimensiones requeridas según el plano de producción.

Fuente: Autoras del proyecto.

Por otra parte, teniendo en cuenta ciertas particularidades presentadas en el momento de la realización del estudio de tiempos, cada uno de los elementos fue identificado y tipificado con una de “las etiquetas” mostradas a continuación:

O: indica que las actividades que se desarrollan en este elemento requieren únicamente del operario para que se lleven a cabo.

M: indica que las actividades que se desarrollan en este elemento requieren únicamente de la máquina para que se lleven a cabo.

OM: indica que las actividades que se desarrollan en este elemento requieren tanto de la disponibilidad de la máquina como del operario para que se lleven a cabo.

Un elemento clasificado como O, enuncia la intervención única del operario en su realización y que además, éste los puede realizar mientras la máquina está en funcionamiento; los elementos catalogados como M significan que la máquina esta operando y que es posible que el operario realice, de manera simultánea, cualquier otra actividad que no necesite del funcionamiento de la máquina, sin embargo es importante aclarar que en las máquinas de control numérico, el operario puede realizar otra actividad pero debe estar todo el tiempo cerca de ella por si ocurre algún problema durante su

funcionamiento; finalmente los elementos clasificados como OM requieren simultáneamente de la presencia del operario y de la máquina para llevarse a cabo, es decir, que no es posible ejecutarlos mientras el equipo está en funcionamiento.

Con que fin se realizó esta clasificación?

En el momento de introducir los datos de tiempos en el software, para cada operación se agrupan los elementos que la componen y que están clasificados como O, M y OM. Esto se hace con la finalidad de comparar los tiempos totales de los elementos que son realizados únicamente por el operario y los que son realizados únicamente por la máquina. Así, si en conjunto la suma de los tiempos de las actividades realizadas por el operario son mayores que las actividades realizadas por la máquina, el tiempo que se empleará para el cálculo del tiempo de carga del recurso será la suma de los tiempos de dados por el operario junto con los tiempos de operario máquina, es decir $O+OM$; en caso contrario, si el tiempo de las actividades realizadas por la máquina es mayor que las realizadas por el operario, el tiempo que se tendrá en cuenta para el cálculo del tiempo de carga del recurso será la suma de los tiempos de sólo máquina junto con los tiempos de operario máquina, es decir, $M+OM$.

Ejemplo:

Operación A.

Tabla 7. Elementos de la operación A (ejemplo)

Elementos	Tipo	Tiempo tipo (s)
Elemento 1	M	55
Elemento 2	OM	8
Elemento 3	O	10
Elemento 4	OM	9

Fuente: Autoras del proyecto.

Sumando se obtiene,

Tabla 8. Total de tiempo por tipo

Tipo	Total (s)
O	10
M	55
OM	17

Fuente: Autoras del proyecto.

Por lo tanto, para la operación A el tiempo de las actividades realizadas únicamente por la máquina es mayor que el tiempo de las actividades realizadas únicamente por el operario, así, el tiempo que se tendrá en cuenta para el cálculo de los tiempos de carga es 72 segundos, que corresponde a la suma de los tiempos clasificados como M y OM, ya que todas las actividades realizadas únicamente por el operario pueden llevarse a cabo mientras la máquina está en funcionamiento.

Operación B.

Tabla 9. Elementos de la operación B (ejemplo)

Elementos	Tipo	Tiempo tipo (seg.)
Elemento 1	M	15
Elemento 2	OM	6
Elemento 3	O	10
Elemento 4	O	19

Fuente: Autoras del proyecto.

Sumando se obtiene,

Tabla 10. Total de tiempo por tipo

Tipo	Total
O	29
M	15
OM	6

Fuente: Autoras del proyecto.

Por consiguiente, para la operación B el tiempo de las actividades realizadas únicamente por el operario es mayor que el tiempo de las actividades ejecutadas por la máquina, así, el tiempo que se tendrá en cuenta para el cálculo de los tiempos de carga es 35 segundos, que es corresponde a la suma de los tiempos clasificados como O y OM, ya que todas las actividades realizadas únicamente por la máquina pueden realizarse mientras el operario se encuentra llevando a cabo otra actividad.

Los cálculos de comparación entre los diferentes tipos de elementos (O, M, OM) serán desarrollados internamente en durante el funcionamiento del software, es decir, la persona encargada de la realización del estudio de tiempos deberá suministrar los datos correspondientes a los tiempos de cada operación, clasificados por los tres tipos de etiquetas nombradas anteriormente, finalmente estos datos se introducen en el software quien compara los tiempos de las actividades clasificadas como O y M para finalmente determinar el tiempo de la operación.

- **Determinación del número de ciclos**

Para hallar el tiempo tipo de cada operación se deben observar varios ciclos de trabajo con el fin de obtener información suficiente que garantice un resultado confiable en la estimación del tiempo de cada operación

Inicialmente tomó una premuestra, en esta etapa no fue necesario dividir el ciclo en elementos, sino que se registraba el tiempo total de éste. La premuestra para cada una de las operaciones constó de 10 datos. Ver Anexo D que contiene el formato para el registro manual de datos de la premuestra.

Una vez se registraron los datos se procedió a realizar el cálculo de los ciclos requeridos para cada una de las operaciones mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(S * t_{\alpha/2, n-1})^2}{e^2}$$

En donde,

N = Numero de ciclos requeridos

S = Es el valor de la desviación estándar de la premuestra

t = Es el valor obtenido en la tabla para la distribución t-student al nivel de confianza fijado. Se seleccionó la prueba t-student debido a que el valor de la premuestra es menor a 30 datos.

e = Es el margen de error deseado expresado en unidades de tiempo.

n = Número de datos de la premuestra, para este caso particular, estaba representado por 10 datos.

$n - 1$ = Grados de libertad de la prueba t-student

α = Nivel de confianza. Se estableció un nivel de confianza de 95%.

Se comenta respecto al valor e . En el estudio, el cálculo del error se realizó con un porcentaje (8%) sobre el tiempo en segundos de la operación, sin embargo, para éste cálculo se excluyeron aquellos elementos cuya duración es constante a lo largo de todos los ciclos, es decir, aquellos elementos ejecutados por una máquina tal como el desbaste de una pieza, o el tiempo de coloreado, etc. cuyo lapso garantiza que siempre será el mismo y por lo tanto no ejercerá ninguna variación en el tiempo total de la operación.

Después de haber tomado los diez datos de la premuestra para cada una de las operaciones, éstos se registraron en una hoja de Excel, allí se identificaron los elementos constantes mencionados anteriormente, es decir, aquellos que no se tienen en cuenta para el cálculo del error, además se asignaron los grados de libertad y el nivel de confianza, y de esta manera se obtuvo el número de ciclos requeridos para la realización del estudio.

- **Selección del sistema de medición de tiempos**

El sistema de medición escogido fue el de regreso a cero. El tiempo transcurrido de cada elemento se lee directamente en el cronómetro una vez éste ha finalizado, luego el

cronómetro se regresa a cero inmediatamente, así, al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. Esto se hace sucesivamente durante todo el estudio.

- **Escala de valoración**

La escala seleccionada para la valoración de los tiempos es la escala de porcentajes. Un elemento valorado en 100% significa que fue realizado de manera normal, es decir, ni muy rápido ni muy lento; un elemento valorado con un porcentaje menor al 100% significa que la actividad que se llevó a cabo se hizo mas lenta de lo normal y un elemento valorado con un porcentaje mayor al 100% significa que la actividad se realizó con mayor rapidez de la normal.

- **Formato de Registro de datos**

Se elaboraron diferentes formatos variando el número de filas, ya que éste depende de la operación para la cual se iba a realizar el registro de datos, debido a que los elementos de las operaciones varían de dos para algunas operaciones a 15 o más para otras. Ver el formato general en el Anexo E.

En el encabezado del formato se registra la operación, producto, máquina o recurso en el cual se lleva a cabo la operación y el nombre del operario; esta información facilita la identificación de los datos de tal manera que no existan confusiones entre los diferentes productos, operaciones, rutas de producción, etc., en el momento de realizar el posterior registro en el computador para el cálculo del tiempo tipo.

- **Registro de datos**

Diariamente y con base al programa establecido por el Jefe de producción, se seleccionaban las operaciones para las cuales realizaría la toma de datos. Una vez seleccionada la operación, imprimía un formato de acuerdo al número de elementos que la formaban.

El registro de datos se llevó a cabo sin hacer interrupciones entre elementos ni entre ciclos, teniendo en cuenta las operaciones repetitivas y las no repetitivas. Sin en alguno

de los ciclos se presentaba un elemento aleatorio, se anularon todos los datos de los elementos correspondientes al respectivo ciclo.

En el momento de la toma de tiempos, para cada elemento, inicialmente se valoró el elemento que se estaba observando, asignando un porcentaje según su criterio de observación y en enseguida llevó a cabo el registro del tiempo marcado por el cronómetro.

- **Cálculo del tiempo tipo**

- ✓ Una vez se registraron todos los tiempos junto con su respectiva valoración, se procedió a hallar el tiempo normalizado por elemento así:

$$\text{Tiempo} \cdot \text{normalizado} = \text{Tiempo} \cdot \text{observado} * \text{valoración}$$

Ejemplo:

Tabla 11. Tiempo Normalizado por elemento (ejemplo)

CICLO	ELEMENTOS	TIPO	VALORACIÓN	TIEMPO CRONOMETRADO (s)	TIEMPO NORMALIZADO (s)
1	Maquinar	M	90%	18	16.2
	Correr Barra	OM	95%	15	14.25
	Insp. rosca	O	100%	8	8
	Cambio barra	OM	90%	23	20.7
2	Maquinar	M	90%	18	16.2
	Correr Barra	OM	95%	14	13.3
	Insp. rosca	O	120%	5	6
3	Maquinar	M	100%	15	15
	Correr Barra	OM	100%	12	12
	Insp. rosca	O	90%	11	9.9
	Cambio barra	OM	100%	20	20

Fuente: Autoras del proyecto.

✓ Tiempo normalizado promedio por elemento

Ya calculados los tiempos normalizados, se estableció un valor promedio para cada elemento, es decir, si en el estudio para una operación determinada constó de 10 ciclos, se promediaron los 10 datos normalizados para cada uno de los elementos de la operación. La siguiente formula muestra como se determina el tiempo normalizado promedio por elemento:

$$\text{Tiempo} \cdot \text{normalizado} \cdot \text{promedio} \cdot \text{elemento} = \frac{\sum_1^n \text{tiempo} \cdot \text{normalizado} \cdot \text{por} \cdot \text{elemento}}{n}$$

En donde n representa el numero de datos para cada elemento.

Para los datos del ejemplo anterior, se tiene:

Tabla 12. Tiempo Normalizado Promedio por elemento (ejemplo)

ELEMENTOS	TIPO	Tiempo normalizado promedio (s)
Maquinar	M	15.8
Correr Barra	OM	13.18
Insp. rosca	O	7.97
Cambio barra	OM	20.35

Fuente: Autoras del proyecto.

✓ Asignación de suplementos

La asignación de los suplementos tiene como objetivo obtener un valor mas real del tiempo empleado por una persona en la realización de una tarea específica.

Para cada una de los elementos, se asignaron los suplementos por descansos y necesidades personales, posturas, uso de fuerza, iluminación, condiciones atmosféricas, concentración intensa, ruido, tensión mental, monotonía y tedio.

El valor de los suplementos se obtuvo de acuerdo a la Tabla de Suplementos que se muestra en el anexo c.

A manera de ejemplo, y con base a los datos del ejemplo, se muestra la manera como se asignan los suplementos dependiendo de las características de cada elemento:

Tabla 13. Suplementos por elemento (ejemplo)

ELEMENTOS	Constantes	De pie	Iluminación	Ruido	Tensión mental
Maquinar	10	0	0	0	0
Correr Barra	9	2	0	2	0
Insp. rosca	7	2	2	0	0
Cambio barra	10	2	2	0	1

Fuente: Autoras del proyecto.

✓ Tiempo total asignado por elemento

A continuación se procedió a calcular el tiempo asignado por elemento, este se obtuvo agregando a los tiempos normalizados el porcentaje por suplementos. Es importante tener presente los elementos no repetitivos (en el presente ejemplo el elemento Cambio de barra) para el cálculo del tiempo asignado, se estableció cada cuantos ciclos se lleva a cabo, se dividió el tiempo obtenido en dicho valor y de esta manera se determinó la proporción del tiempo de esta actividad que corresponde a cada ciclo.

Una vez se determinó el tiempo asignado para cada elemento, se procedió a calcular el tiempo asignado total, para esto se tuvo en cuenta la clasificación de los elementos en los tres tipos: O, M y OM, de tal manera que mediante la comparación de los tiempos de los elementos clasificados como O y M se determina el tiempo asignado total para la operación, como se muestra en el ejemplo.

Tabla 14. Tiempo Asignado por elemento (ejemplo)

ELEMENTOS	TIPO	TIEMPO NORMALIZADO PROMEDIO (s)	SUPLEMENTOS	REPETICIONES EN EL CICLO	TIEMPO ASIGNADO (s)
Maquinar	M	15.8	0	1	15.8
Correr Barra	OM	13.18	13	1	14.89
Insp. rosca	O	7.97	11	1	8.85
Cambio barra	OM	20.35	14	1/2	11.6

Fuente: Autoras del proyecto.

Se aclara que a los elementos clasificados como M no se les asignan ningún suplemento debido a que su tiempo corresponde a la operación de las máquinas en donde no hay intervención del operario, y por lo tanto no es necesario la asignación de tiempos por descanso, fatiga, etc.

Tabla 15. Tiempo Asignado por tipo (ejemplo)

Tipo	Total (s)
O	8.85
M	15.8
OM	26.49

Fuente: Autoras del proyecto.

El tiempo de los elementos clasificados como M es mayor que los elementos clasificados como O, por lo tanto, el tiempo asignado total es igual a la suma de los elementos clasificados como M y los clasificados como OM, para el ejemplo:

Tiempo asignado: 42.29 Segundos.

- ✓ Finalmente se asignó un porcentaje de suplemento por contingencia, el cual representa los eventos esporádicos que ocasionan retrasos en la ejecución del programa de producción. El porcentaje asignado por suplementos por contingencia fue de 5%.

El tiempo tipo se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$Tiempo \cdot tipo = (Tiempo \cdot asignado) * (1 + \% por \cdot contingencia)$$

Haciendo uso de la expresión anterior para el ejemplo, se tiene que:

Tiempo tipo = 44.40 segundos

- **Resumen de tiempos tipo de operación**

A continuación se muestran los tiempos tipo obtenidos para cada una de las operaciones en las dos Rutas existentes de producción, aclarando que las operaciones del proceso de acabado superficial (Pulido, Anodizado y Marcado) son las mismas independientemente de la ruta de mecanizado de la cual provengan.

✓ Ruta CNC (R. CNC)

SISTEMA MEDIFIX

Tabla 16. Tiempos de operación para los Tornillos Monoaxiales (R. CNC)

TORNILLOS MONOAXIALES			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-5-MT-30	708,854	11,814
	100-5-MT-35	835,021	13,917
	100-5-MT-40	843,184	14,053
	100-5-MTR-30	867,867	14,464
	100-5-MTR-35	949,109	15,818
	100-5-MTR-40	949,109	15,818
	100-5-ML-30	797,068	13,284
	100-5-ML-35	732,915	12,215
	100-5-ML-40	750,798	12,513
	100-5-ML-45	754,941	12,582
	100-5-ML-50	775,960	12,933
	100-5-MLR-30	876,313	14,605

		100-5-MLR-35	895,519	14,925
		100-5-MLR-40	915,077	15,251
		100-5-MLR-45	942,489	15,708
		100-5-MS-35	836,662	13,944
		100-5-MS-40	853,789	14,230
O2		100-5-(MT-ML-MS)	175,794	2,930
		100-5-(MTR-MLR)	316,259	5,271
O3		100-5-(MT-ML-MS)	371,177	6,186
		100-5-(MTR-MLR)	181,727	3,029
O4		100-5-(MT-MTR)	181,727	3,029
		100-4-(ML-MLR-MS)	294,060	4,901
OP	OP.Lm	100-5-(MTR-MLR)	313,552	5,226
		100-5-(MT-ML-MS)	257,728	4,295
	OP.G	100-5-(MT-ML-MS)	59,398	0,990
		100-5-(MTR-MLR)	89,222	1,487
	OP.Lj	Todos	187,833	3,131
	OP.T	100-5-(MT-ML-MS)	156,797	2,613
		100-5-(MTR-MLR)	201,891	3,365
	OA	100-5-(MT-ML-MS)	334,578	5,576
		100-5-(MTR-MLR)	336,024	5,600
OM	CARA 1	100-5-(MT-ML-MS)	885,869	14,764
		100-5-(MTR-MLR)	1058,754	17,646
	CARA 2	100-5-(MT-ML-MS)	607,528	10,125
		100-5-(MTR-MLR)	901,771	15,030

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 17. Tiempos de operación para los Cuerpos Poliaxiales (R. CNC)

CUERPOS POLIAXIALES			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-5-PT-30	515,079	8,585
	100-5-PT-35	569,465	9,491
	100-5-PT-40	631,316	10,522
	100-5-PL-30	465,753	7,763
	100-5-PL-35	516,500	8,608
	100-5-PL-40	530,898	8,848
	100-5-PL-45	543,931	9,066
	100-5-PL-50	589,233	9,821

		100-5-PS-35	501,681	8,361
		100-5-PS-40	523,134	8,719
O2		Todos	95,654	1,594
O3		100-5-PT	181,727	3,029
		100-5-(PL-PS)	289,980	4,833
OP	OP.H	Todos	18,797	0,313
	OP.Lm	Todos	29,642	0,494
	OP.G	Todos	26,611	0,444
	OP.Lj	Todos	66,140	1,102
	OP.T	Todos	189,104	3,152
OA		Todos	333,408	5,557

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 18. Tiempos de operación para las Cabezas Poliaxiales (R. CNC)

CABEZA POLIAXIALES				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		Normal	639,691	10,662
		Reducción	712,123	11,869
O2		Normal	127,973	2,133
		Reducción	315,130	5,252
O3		Normal	372,021	6,200
		Reducción	807,116	13,452
O4		Todas	109,267	1,821
OP	OP.Lm	Normal	206,970	3,449
		Reducción	237,852	3,964
	OP.G	Normal	31,054	0,518
		Reducción	36,228	0,604
	OP.Lj	Normal	66,324	1,105
		Reducción	63,847	1,064
	OP.T	Normal	138,125	2,302
		Reducción	221,075	3,685
OA		Todas	136,237	2,271
OM	CARA 1	100-5-(MT-ML-MS)	483,883	8,065
		100-5-(MTR-MLR)	597,876	9,965
	CARA 2	100-5-(MT-ML-MS)	440,760	7,346
		100-5-(MTR-MLR)	635,733	10,596

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 19. Tiempos de operación para el Ensamblador Poliaxial (R. CNC)

ENSAMBLADOR			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-5-P-EP	133,266	2,221
O2	100-5-P-EP	298,562	4,976
O3	100-5-P-EP	110,700	1,845
OP	OP.Lm	100-5-P-EP	23,395
	OP.Lj	100-5-P-EP	77,487
	OP.T	100-5-P-EP	65,858
OA	100-5-P-EP	135,016	2,250

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 20. Tiempos de operación para los Ganchos Laminar (R. CNC)

GANCHO LAMINAR			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-4-3-M	530,954	8,849
	100-4-3-MR	686,441	11,441
O2	Todas	2199,109	36,652
O3	100-4-3-M	766,140	12,769
	100-4-3-MR	1175,619	19,594
OP	OP.Lm	100-4-3-M	204,887
		100-4-3-MR	233,351
	OP.G	100-4-3-M	28,596
		100-4-3-MR	35,928
	OP.Lj	Todas	371,059
	OP.T	100-4-3-M	150,651
		100-4-3-MR	164,666
	OA	Todas	264,598
OM	100-4-3-M	507,923	8,465
	100-4-3-MR	643,212	10,720

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 21. Tiempos de operación para los Ganchos Pedicular (R. CNC)

GANCHO PEDICULAR			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-4-4	491,647	8,194
	100-4-4-R	680,900	11,348
O2	Todas	2918,595	48,643
O3	100-4-4	766,140	12,769
	100-4-4-R	1175,619	19,594
O4	Todas	648,929	10,815
OP	OP.Lm	100-4-4	204,887
		100-4-4-R	233,351
	OP.G	100-4-4	28,596
		100-4-4-R	35,928
	OP.Lj	Todas	371,059
	OP.T	100-4-4	150,651
		100-4-4-R	164,666
	OA	Todas	264,598
OM	100-4-4	593,512	9,892
	100-4-4-R	710,182	11,836

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 22. Tiempos de operación para los Ganchos Torácico (R. CNC)

GANCHO TORAXICO			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-4-5	527,881	8,798
	100-4-5-R	650,432	10,841
O2	Todas	2159,729	35,995
O3	100-4-5	766,140	12,769
	100-4-5-R	1175,619	19,594
OP	OP.Lm	100-4-5	204,887
		100-4-5-R	233,351
	OP.G	100-4-5	28,596
		100-4-5-R	35,928
	OP.Lj	Todas	371,059
	OP.T	100-4-5	150,651
		100-4-5-R	164,666
			2,744

OA	Todas	264,598	4,410
OM	100-4-5	541,088	9,018
	100-4-5-R	677,397	11,290

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 23. Tiempos de operación para el Tornillo del gancho lateral (R. CNC)

TORNILLO DEL GANCHO LATERAL			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-4-1- TGL	257.985	4.300
OP	OP.Lj	100-4-1- TGL	0.683
	OP.T	100-4-1- TGL	0.858
OA	100-4-1- TGL	24.04561	0.401

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 24. Tiempos de operación para la Tuerca (R. CNC)

TUERCA			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-6	701,765	11,696
O2	100-6	1577,598	26,293
O3	100-7	282,326	4,705
OP	OP.Lm	100-8	206,500
	OP.Lj	100-9	84,377
	OP.T	100-10	85,341
OA	100-11	270,547	4,509
OM	100-12	531,194	8,853

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 25. Tiempos de operación para la Contratuerca (R. CNC)

CONTRATUERCA				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		100-3	202,822	3,380
O2		100-3	24,468	0,408
OP	OP.Lj	100-4	36,305	0,605
	OP.T	100-5	41,288	0,688
OA		100-6	135,769	2,263
OM		100-7	843,069	14,051

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 26. Tiempos de operación para las Barras Transversas (R. CNC)

BARRA TRANSVERSA				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		100-6	701,765	11,696
OP	OP.Lj	100-6	1,161	0,019
	OP.T	100-6	0,398	0,007
OA		100-6	5,561	0,093
OM		100-6	10,720	0,179

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 27. Tiempos de operación para las Barras Longitudinales (R. CNC)

BARRA LONGITUDINAL				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	A	100-2-1-50	708,854	11,814
		100-2-1-60	835,021	13,917
		100-2-1-70	843,184	14,053
		100-2-1-80	867,867	14,464
		100-2-1-90	949,109	15,818
		100-2-1-110	949,109	15,818
		100-2-1-130	797,068	13,284
		100-2-1-150	732,915	12,215
		100-2-1-180	750,798	12,513
		100-2-1-210	754,941	12,582
		100-2-1-300	775,960	12,933

		100-2-1-480	876,313	14,605
	B	Todas	42,144	0,702
	C	Todas	73,571	1,226
	O2	Todas	188,049	3,134
	OP.T	100-2-1-50	172,564	2,876
		100-2-1-60	172,564	2,876
		100-2-1-70	189,597	3,160
		100-2-1-80	225,846	3,764
		100-2-1-90	236,326	3,939
		100-2-1-110	245,031	4,084
		100-2-1-130	257,995	4,300
		100-2-1-150	300,047	5,001
		100-2-1-180	324,045	5,401
		100-2-1-210	337,437	5,624
		100-2-1-300	627,468	10,458
		100-2-1-480	949,240	15,821
	OM	(Todas)	1686,398	28,107

Fuente: Autoras del proyecto.

SISTEMA MEDIMAX

Tabla 28. Tiempos de operación para el Cuerpo de Rótula (R. CNC)

CUERPO DE RÓTULA				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
	O1	102-1-1	371,483	6,191
	O2	102-1-1	241,359	4,023
	O3	102-1-1	6327,757	105,463
	O4	102-1-1	85,101	1,418
OP	OP.Lm	102-1-1	112,203	1,870
	OP.Lj	102-1-1	564,137	9,402
	OP.T	102-1-1	171,995	2,867
	OA	102-1-1	336,792	5,613
	OM	102-1-1	600,020	10,000

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 29. Tiempos de operación para la Pinza de Rótula (R. CNC)

PINZA DE RÓTULA			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	102-1-2	221,604	3,693
O2	102-1-2	616,843	10,281
O3	102-1-2	137,367	2,289
OP	OP.Lm	44,026	0,734
	OP.Lj	305,279	5,088
	OP.T	101,535	1,692
OA	102-1-2	200,056	3,334

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 30. Tiempos de operación para la Arandela de Rótula (R. CNC)

ARANDELA DE RÓTULA			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	102-1-3	317,613	5,294
O2	102-1-3	1785,126	29,752
OP	OP.Lm	90,156	1,503
	OP.Lj	318,251	5,304
	OP.T	89,093	1,485
OA	102-1-3	136,206	2,270

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 31. Tiempos de operación para la Tuerca de Rótula (R. CNC)

TUERCA DE RÓTULA			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	102-1-4	633,344	10,556
O2	102-1-4	1401,809	23,363
O3	102-1-4	197,633	3,294
OP	OP.Lm	226,971	3,783
	OP.Lj	70,963	1,183
	OP.T	101,911	1,699
OA	102-1-4	270,032	4,501

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 32. Tiempos de operación para el Tornillo de Rótula (R. CNC)

TORNILLO DE RÓTULA				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		102-1-5	414,596	6,910
O2		102-1-5	799,577	13,326
O3		102-1-5	254,607	4,243
OP	OP.Lm	102-1-5	16,592	0,277
	OP.Lj	102-1-5	60,246	1,004
	OP.T	102-1-5	95,937	1,599
OA		102-1-5	135,881	2,265

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 33. Tiempos de operación para los Pines de Schanz (R. CNC)

PIN DE SCHANZ				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	A	102-2 (L-T)	2137,646	35,627
	B	102-2 (L-T)	252,074	4,201
O2		102-2-T	510,674	8,511
		102-2-L	498,042	8,301
O3		102-2 (L-T)	269,662	4,494
O4		102-2-T	157,396	2,623
		102-2-L	281,465	4,691
	OP.Lj	102-2 (L-T)	101,657	1,694
	OP.T	102-2 (L-T)	171,195	2,853
OA		102-2 (L-T)	335,215	5,587
OM		102-2-T	395,116	6,585
		102-2-L	1916,811	31,947

Fuente: Autoras del proyecto.

SISTEMA MEDIPLIF

Tabla 34. Tiempos de operación para el Cuerpo Intervertebral (R. CNC)

CUERPO INTERVERTEBRAL				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		101-1	408,402	6,807
O2		101-1	560,008	9,333
O3		101-1	623,000	10,383
O4		101-1	436,550	7,276
OP	OP.Lm	101-1	138,633	2,311
	OP.Lj	101-1	490,937	8,182
	OP.T	101-1	195,036	3,251
OA		101-1	266,429	4,440

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 35. Tiempos de operación para el Bloqueador Intervertebral (R. CNC)

BLOQUEADOR				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		101-2	191,475	3,191
O2		101-2	241,516	4,025
OP	OP.Lm	101-2	30,492	0,508
	OP.Lj	101-2	43,912	0,732
	OP.T	101-2	45,370	0,756
OA		101-2	136,573	2,276
OM		101-2	894,995	14,917

Fuente: Autoras del proyecto.

✓ Ruta Suizo (R. Suizo)

SISTEMA MEDIFIX

Tabla 36. Tiempos de operación para los Tornillos Monoaxiales (R. Suizo)

TORNILLOS MONOAXIALES				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		100-5-MT-30	349.384	5.823
		100-5-MT-35	396.930	6.616
		100-5-MT-40	423.368	7.056
		100-5-MTR-30	435.885	7.265
		100-5-MTR-35	480.058	8.001
		100-5-MTR-40	499.596	8.327
		100-5-ML-30	320,327	5,339
		100-5-ML-35	348,617	5,810
		100-5-ML-40	382,178	6,370
		100-5-ML-45	408,325	6,805
		100-5-ML-50	434,632	7,244
		100-5-MLR-30	373,128	6,219
		100-5-MLR-35	387,383	6,456
		100-5-MLR-40	435,976	7,266
		100-5-MLR-45	453,779	7,563
OP	OP.Lm	100-5-(MTR-MLR)	313,552	5,226
		100-5-(MT-ML-MS)	257,728	4,295
	OP.G	100-5-(MT-ML-MS)	59,398	0,990
		100-5-(MTR-MLR)	89,222	1,487
	OP.Lj	Todos	187,833	3,131
	OP.T	100-5-(MT-ML-MS)	156,797	2,613
		100-5-(MTR-MLR)	201,891	3,365
OA		100-5-(MT-ML-MS)	334,578	5,576
		100-5-(MTR-MLR)	336,024	5,600
OM	CARA 1	100-5-(MT-ML-MS)	885,869	14,764
		100-5-(MTR-MLR)	1058,754	17,646
	CARA 2	100-5-(MT-ML-MS)	607,528	10,125
		100-5-(MTR-MLR)	901,771	15,030

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 37. Tiempos de operación para los Cuerpos Poliaxiales (R. Suizo)

CUERPO POLIAXIALES				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		100-5-PT-30	287,485	4,791
		100-5-PT-35	315,937	5,266
		100-5-PT-40	344,249	5,737
		100-5-PL-30	256,195	4,270
		100-5-PL-35	287,655	4,794
		100-5-PL-40	313,934	5,232
		100-5-PL-45	332,661	5,544
		100-5-PL-50	350,423	5,840
OP	OP.H	Todos	18,797	0,313
	OP.Lm	Todos	29,642	0,494
	OP.G	Todos	26,611	0,444
	OP.Lj	Todos	66,140	1,102
	OP.T	Todos	189,104	3,152
OA		Todos	333,408	5,557

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 38. Tiempos de operación para las Cabezas Poliaxiales (R. Suizo)

CABEZA POLIAXIALES				
OPERACIÓN		REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1		100-5-P-CP	188,870	3,148
		100-5-P-CPR	291,838	4,864
OP	OP.Lm	Normal	206,970	3,449
		Reducción	237,852	3,964
	OP.G	Normal	31,054	0,518
		Reducción	36,228	0,604
	OP.Lj	Normal	66,324	1,105
		Reducción	63,847	1,064
	OP.T	Normal	138,125	2,302
		Reducción	221,075	3,685
OA		Todas	136,237	2,271
OM	CARA 1	100-5-(MT-ML-MS)	483,883	8,065
		100-5-(MTR-MLR)	597,876	9,965
	CARA 2	100-5-(MT-ML-MS)	440,760	7,346
		100-5-(MTR-MLR)	635,733	10,596

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 39. Tiempos de operación para el Ensamblador Poliaxial (R. Suizo)

ENSAMBLADOR			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-5-P-EP	77,091	1,285
OP	OP.Lm	23,395	0,390
	OP.Lj	77,487	1,291
	OP.T	65,858	1,098
OA	100-5-P-EP	135,016	2,250

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 40. Tiempos de operación para el Gancho Lateral (R. Suizo)

GANCHO LATERAL			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-4-1	471,827	7,864
OP	OP.Lm	213,027	3,550
	OP.Lj	230,293	3,838
	OP.T	141,789	2,363
OA	100-4-5	275,465	4,591
OM	100-4-6	192,614	3,210

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 41. Tiempos de operación para la Tuerca (R. Suizo)

TUERCA			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	100-6	159,847	2,664
OP	OP.Lm	206,500	3,442
	OP.Lj	84,377	1,406
	OP.T	85,341	1,422
OA	100-6	270,547	4,509
OM	100-6	531,194	8,853

Fuente: Autoras del proyecto.

SISTEMA MEDIMAX

Tabla 42. Tiempos de operación para la Tuerca de Rótula (R. Suizo)

TUERCA DE RÓTULA			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	102-1-4	107,617	1,794
OP	OP.Lm	226,971	3,783
	OP.Lj	70,963	1,183
	OP.T	101,911	1,699
OA	102-1-4	270,032	4,501

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 43. Tiempos de operación para los Pines de Schanz (R. Suizo)

PIN DE SCHANZ			
OPERACIÓN	REFERENCIA	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
O1	102-2-L	379,196	6,320
OP	OP.Lj	101,657	1,694
	OP.T	171,195	2,853
OA	102-2-L	335,215	5,587
	102-2-L	1916,811	31,947

Fuente: Autoras del proyecto.

En el Anexo F se encuentran los tiempos de producción total para cada una de las piezas, haciendo distinción entre las dos rutas posibles de mecanizado.

6.2 TIEMPOS DE PREPARACIÓN

Inicialmente se realizó una observación a las diferentes actividades de preparación en los centros de trabajo de MEDIIMPLANTES, encontrando que algunas de estas actividades son fijas, es decir, se realizan un número de veces definido previamente para cada operación, sin verse afectado por la secuencia entre operaciones; mientras que otras actividades son variables, es decir, su repetición y por tanto la duración total de estas depende de la secuencia entre operaciones. Por ejemplo, para el caso del Torno CNC, la actividad *llamar programa*, se lleva a cabo cada vez que se va a realizar una nueva

operación independientemente de la operación que realizó anteriormente, por lo tanto esta actividad se considera como actividad fija de preparación, por otra parte, el *montaje de una nueva herramienta* se realiza las veces que sea necesario para lograr que todas las herramientas requeridas para llevar a cabo la operación estén acopladas en el interior de la máquina, si en la operación anterior se utilizaron herramientas similares a las de la nueva operación, el número de veces que se va a realizar el montaje de la herramienta es menor a que si en la operación anterior se utilizaron herramientas totalmente diferentes, por lo tanto se considera que la duración total de esta actividad si depende de la operación realizada anteriormente y se define como actividad de preparación variable, para este caso cabe señalar que el tiempo de llevar a cabo una sola vez ésta actividad es el mismo, lo que varía es el tiempo total dado por el número de veces que esta actividad se pueda presentar. Resumiendo se tiene:

Actividades con tiempos de preparación fijas son aquellas cuyos tiempos no varían, es decir, cada vez que se va a llevar a cabo la operación, el tiempo de preparación para ésta siempre es el mismo, algunos de estos tiempos no solo son fijos por operación sino que para todas las operaciones que se realizan en el centro de trabajo.

Actividades con tiempos de preparación variables son aquellas que como su nombre lo indica, el tiempo total de esta actividad puede variar cada vez que se va a llevar a cabo la preparación de la operación puesto que depende de las operaciones realizadas anteriormente, lo que impide el establecimiento de un tiempo de preparación fijo.

La metodología empleada para el estudio y cálculo de los tiempos de las actividades de preparación tanto fijas como variables, fue la misma que la aplicada en el cálculo de los tiempos de operación:

6.2.1 Acerca de la estandarización del trabajo

Inicialmente se observó que existiera un método estandarizado para la realización de las actividades de preparación. En relación al Torno Suizo, actualmente la empresa está en un proceso de conocimiento y exploración de la máquina y sus proceso, por lo tanto no

existe aún un método fijo y estable de las actividades de preparación ya que hay un continuo mejoramiento tanto de estas actividades como de los tiempos necesarios para llevarlas a cabo, no obstante, se realizaron observaciones a las actividades que actualmente se están llevando en la preparación de las operaciones, estableciendo un método que permitiera y facilitara el estudio de sus respectivos tiempos.

Es necesario llevar a cabo una continua revisión de las actividades de preparación en los diferentes centros de trabajo debido a los continuos cambios y mejoramientos que se llevan a cabo, producto de una continua investigación que actualmente se da en los métodos de trabajo.

6.2.2 Diagramas de procesos

Una vez se garantizó la estandarización de las actividades de preparación, para facilitar y hacer el estudio mas completo, fue necesaria la realización de los diagramas de operaciones involucradas en la preparación de las maquinas, en donde se ilustra estas actividades y el orden como se llevan a cabo. Los diagramas de operación de proceso elaborados para el alistamiento se muestran en el Anexo G.

6.2.3 Técnica para el estudio de tiempos

La técnica de estudios seleccionada fue el estudio de tiempos por cronómetro.

6.2.4 Tiempo tipo

- **Selección del trabajador**

Existe un operario para cada uno de los centros de trabajo a excepción de Pulido, el cual cuenta con dos operarios, en este centro de trabajo fue seleccionado el operario que cumpliera los requisitos en cuanto al nivel de trabajo, experiencia, cooperación y habilidad.

- **Determinación del ciclo**

Una vez identificaron las actividades de preparación en cada uno de los centros de trabajo, se estableció el inicio y el fin de los ciclos de cada una de estas actividades.

- **División del ciclo de trabajo en elementos**

Cada uno de los ciclos fue dividido en elementos, las consideraciones que se tuvieron en cuenta para establecer elementos fueron las mismas que para el establecimiento de los elementos en las operaciones. En el Anexo H se muestran los elementos respectivos a cada una de las actividades de preparación para cada centro de trabajo.

- **Determinación del número de ciclos**

Los cálculos para la determinación del número de ciclos se realizaron de la misma manera que para los tiempos de operación. Se tomó una premuestra de 10 ciclos, con estos datos se determinó el número de ciclos requeridos para la muestra, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(S * t_{\alpha/2, n-1})^2}{e^2}$$

En donde,

N = Numero de ciclos requeridos

S = Es el valor de la desviación estándar de la premuestra

t = Es el valor obtenido en la tabla para la distribución t-student al nivel de confianza fijado.

e = Es el margen de error deseado expresado en unidades de tiempo. Se estableció un porcentaje de 8% sobre el tiempo total de preparación.

n = Número de datos de la premuestra,

$n - 1$ = Grados de libertad de la prueba t-student

α = Nivel de confianza. Se estableció un nivel de confianza de 95%.

- **Selección del sistema de medición de tiempos**

El sistema de medición escogido fue el de regreso a cero.

- **Escala de valoración**

La escala de valoración seleccionada fue la valoración por porcentajes.

- **Formato de Registro de datos**

Se empleó el mismo formato que el utilizado para el registro de los tiempos de operación (Anexo E)

- **Registro de datos**

Se llevó a cabo el registro de los tiempos de preparación teniendo en cuenta cada una de las actividades de preparación realizadas para las diferentes operaciones.

Diariamente y con base en el programa establecido por el Jefe de producción, se observó si se daría comienzo a una nueva operación en los centros de trabajo y que por lo tanto requerían actividades de preparación. Se realizó el registro de los tiempos teniendo en cuenta tanto las actividades (tiempo) fijas como las variables dependiendo de cada centro de trabajo.

Algunas actividades, especialmente las fijas, se realizan una sola vez durante la preparación de la operación, para estas actividades fue necesario el registro de datos durante un periodo de tiempo tal que permitiera la obtención de todos los datos necesarios para el estudio; por otra parte, existen algunas operaciones que son realizadas a varios productos o piezas, lo que conlleva a la ejecución de las mismas actividades de preparación, esto facilitó la obtención de los datos de la muestra ya que los tiempos de preparación fueron tomados como iguales para estas operaciones independientemente del producto o pieza a realizar. El registro de datos se llevó a cabo sin hacer interrupciones entre elementos ni entre ciclos.

En el momento de la toma de tiempos, para cada elemento, inicialmente se valoró el elemento que se estaba observando, asignando un porcentaje según criterio de

observación y en enseguida llevó a cabo el registro del tiempo marcado por el cronómetro.

A continuación se muestran de manera general las actividades de preparación en cada uno de los centros de trabajo.

✓ **Torno CNC, Centro de Mecanizado CNC y Torno Suizo**

Los tiempos de preparación en estos centros de trabajo están compuestos por actividades similares, encontrando tanto actividades con tiempos fijos como actividades con tiempos variables de preparación.

El tiempo de preparación está compuesto por la sumatoria de los tiempos de las actividades de preparación con duración variable, más las actividades de preparación con duración fija:

- Algunas actividades como tiempo de desmontaje, montaje y compensación de herramienta, entre otros, se llevan a cabo para cada una de las herramientas involucradas en la realización de la operación, por lo tanto, entre mas cambios de herramientas se requieran, mayor será la porción de tiempos de preparación variables; el número de herramientas requeridas depende no solo de la operación a ejecutar sino también de la operación precedente. Así, el estudio de los tiempos de preparación, consistió en un estudio de tiempos para las herramientas, de tal manera que la sumatoria de los tiempos requeridos para la disposición de las herramientas necesarias para la realización de la operación, contribuye en un porcentaje del total de los tiempos de preparación. Las herramientas actualmente disponibles y empleadas para las operaciones que en cada uno de éstos recursos de mecanizado se realizan, se muestran en el Anexo I.
- Los tiempos de llamar el programa, tiempo de cero de pieza, entre otros, son tiempos fijos, es decir, la duración de estos tiempos no se ve afectada por la operación realizada anteriormente.

Las actividades de preparación para estos centros de trabajo son:

Torno CNC

Tabla 44. Actividades de Preparación en el Torno CNC

ACTIVIDAD ²¹	TIPO
Desmontar herramienta	Variable
Montar nueva herramienta	Variable
Compensar nueva herramienta	Variable
Cero de pieza	Fijo
Llamar programa	Fijo

Fuente: Autoras del proyecto.

Las actividades variables corresponden a las tareas requeridas para llevar a cabo el cambio y acople de herramientas necesarias para la realización de la operación; se observó que la variación en los tiempos de las actividades de desmontaje, montaje y compensación de las herramientas eran muy similares cuando estas utilizan un mismo portaherramientas, y que por el contrario, existía una variación considerable respecto a las que requerían otro tipo de portaherramientas. Por lo tanto, para la realización del estudio de tiempos, se procedió a agrupar las herramientas dependiendo del portaherramientas requerido, en esta máquina existen dos tipos de portaherramientas: uno para brocas y barras y otro para insertos, generándose así dos grandes grupos dentro de los cuales fueron clasificadas todas las herramientas; además, se consideró que los tiempos de las actividades de preparación de las herramientas que pertenecen a un mismo grupo son iguales.

²¹ Actividad en tiempos de preparación es equivalente a decir Operación en tiempos de operación y cada uno Actividad u Operación esta compuesto por elementos.

Centro de Mecanizado CNC

Tabla 45. Actividades de Preparación en el CMV

ACTIVIDAD	TIPO
Desmontar Herramienta	Variable
Montar nueva herramienta	Variable
Compensar herramienta patrón	Variable
Compensar nueva herramienta	Variable
Cero de pieza	Fijo
Llamar programa	Fijo

Fuente: Autoras del proyecto.

En este centro de trabajo existe un tipo de portaherramientas para todas las herramientas, por lo tanto se consideró que el tiempo requerido para llevar a cabo el montaje, desmontaje y compensación es el mismo para todas las herramientas que se utilizan en este recurso en la realización de las operaciones.

Torno Suizo

Tabla 46. Actividades de Preparación en el Torno Suizo

ACTIVIDAD	TIPO
Desmontar herramienta anterior	Variable
Montar herramienta nueva	Variable
Compensar herramienta nueva	Variable
Cero de Pieza	Fijo
Llamar Programa	Fijo

Fuente: Autoras del proyecto.

Las actividades de desmontar herramienta anterior y montar herramienta nueva, se da para tres grupos considerados como herramientas: Herramientas de ajuste de materia prima, herramientas de mecanizado y herramientas de agarre interno de la pieza. En el primero y el último caso, los tiempos de desmontaje y montaje se consideran iguales para todas las herramientas; mientras que para las herramientas de mecanizado, existe un

tiempo que varía dependiendo del tipo de herramienta (insertos, brocas, fresas) y de su ubicación, por esta razón, las herramientas de mecanizado fueron divididas en subgrupos dentro de los cuales el tiempo de preparación se mantiene.

Las actividades: compensar herramienta nueva y cero de pieza solo se llevan a cabo en la preparación de las herramientas de mecanizado.

✓ **Centro de Pulido**

Los tiempos de preparación en este centro de trabajo están determinados básicamente por el tiempo que transcurre entre la finalización de una operación y el comienzo de la otra, dentro de estos tiempos se contemplan actividades como pararse de un puesto de trabajo y sentarse en otro, tomar los discos o herramientas necesarias para llevar a cabo la operación si es necesario realizar el cambio de alguno de los discos, esta última puede darse ya sea porque en el momento no se encuentra dispuesto el disco en uno de los bancos o por el desgaste del mismo. No todas las actividades anteriormente mencionadas se ejecutan cada vez que se va a realizar una operación, la aparición de éstas actividades depende de las condiciones que se presenten en el momento específico en que se va a realizar la operación, además el tiempo de dichas actividades puede ser considerado como insignificante ya que todo lo necesario para el comienzo de una tarea (discos, limas y productos) se encuentra al alcance del operario y son entregados a éste en el momento en que lo requiere, por lo tanto no se realizó un estudio para los tiempos de preparación en este centro de trabajo, sin embargo, para considerar las actividades anteriormente descritas, se definió un Tiempo de Alistamiento Básico, el cual pretende contemplar el tiempo que posiblemente puede tardar el operario en pasar de una operación a la otra.

Debido al corto tiempo, a la baja ocurrencia y a que la ejecución de estas actividades es la misma para cualquier operación que se realiza en este centro de trabajo, y basado en la experiencia obtenida por la observación realizada al proceso de pulido, se estableció un tiempo de alistamiento básico de 1 minuto.

✓ **Limpieza**

No existen tiempos de preparación para el proceso de limpieza, los elementos definidos para ésta operación involucren todas las actividades necesarias para la realización de dicho proceso.

✓ **Anodizado**

Los tiempos de preparación para el proceso de anodizado se realizan una vez al día y consisten en alistar o llamar el programa del computador, encender la fuente de voltaje y situar sobre la mesa de trabajo un recipiente en donde se encuentran todas la pinzas para sujetar los productos. Se estableció un tiempo de preparación diario el cual se lleva a cabo independientemente del número de veces que se realice la operación durante la jornada y del número de productos o piezas a ser sometidos al proceso de anodizado.

Tabla 47. Actividad de Preparación en el Centro de Anodizado

ACTIVIDAD	TIPO
Alistamiento básico	Fijo

Fuente: Autoras del proyecto.

✓ **Marcado**

El tiempo de preparación para la operación de marcado se realiza cada vez que se hace un cambio de producto. Consiste inicialmente acceder al programa en el computador, escogiendo el producto que se requiere marcar, el número de piezas, la velocidad y la potencia; finalmente se hace el llamado del programa en la Impresora Láser en relación al producto a marcar. Este tiempo de preparación es el mismo para todos los productos.

Tabla 48. Actividad de Preparación en el Centro de Marcado

ACTIVIDAD	TIPO
Llamar programa	Fijo

Fuente: Autoras del proyecto.

• **Cálculo del tiempo tipo**

Para el cálculo del tiempo tipo en las actividades de preparación se llevaron a cabo los mismos cálculos que para la determinación del tiempo tipo de las operaciones.

- ✓ Una vez registrados los datos de tiempos, se calculó el tiempo normalizado por cada elemento.

$$Tiempo \cdot normalizado = Tiempo \cdot observado * valoración$$

- ✓ Tiempo normalizado promedio por elemento

Se calculó un valor promedio para cada elemento haciendo uso de la siguiente formula:

$$Tiempo \cdot normalizado \cdot promedio \cdot elemento = \frac{\sum_{i=1}^n tiempo \cdot normalizado \cdot por \cdot elemento}{n}$$

En donde n representa el numero de datos para cada elemento.

- ✓ Asignación de suplementos

Para cada una de los elementos, se asignaron los suplementos por descansos y necesidades personales, posturas, uso de fuerza, iluminación, condiciones atmosféricas, concentración intensa, ruido, tensión mental, monotonía y tedio.

- ✓ Tiempo total asignado por elemento

A continuación se procedió a calcular el tiempo asignado por elemento, este se obtuvo agregando a los tiempos normalizados el porcentaje por suplementos.

Es importante aclarar que todas las actividades efectuadas en la preparación de las operaciones en los diferentes centros de trabajo, requieren ser llevadas a cabo cuando la máquina no está en funcionamiento, por lo tanto, el tiempo total asignado se halló con la sumatoria de los tiempos de todas las actividades de preparación. Si se siguiera el modelo planteado para los tiempos de operación en el cual, los elementos son catalogados como O, M u OM, las actividades involucradas en los tiempos de preparación serian identificadas como OM, ya que para su desarrollo y su naturaleza, se requiere la disposición tanto del operario como de la máquina.

✓ Finalmente se asignó un porcentaje de suplemento por contingencia de 5%.

El tiempo tipo se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$Tiempo \cdot tipo = (Tiempo \cdot asignado) * (1 + \% por \cdot contingencia)$$

Los tiempos de preparación obtenidos para cada uno de los centros de trabajo se muestran a continuación, en estas tablas podemos ver las diferentes actividades teniendo en cuenta si son actividades variables o actividades fijas de preparación:

Torno CNC

Tabla 49. Duración de las actividades variables de preparación en el Torno CNC

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
BROCAS Y BARRAS			
Desmontar Hta anterior	Variable	129,315	2,155
Montar nueva Hta	Variable	138,404	2,307
Compensar nueva Hta	Variable	48,771	0,813
INSERTOS			
Desmontar Hta anterior	Variable	93,434	1,557
Montar nueva Hta	Variable	132,855	2,214
Compensar	Variable	36,371	0,606

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 50. Duración de las actividades fijas de preparación en el Torno CNC

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
Cero de pieza	Fijo	53,021	0,884
Llamar programa	Fijo	76,225	1,270

Fuente: Autoras del proyecto.

Centro de Mecanizado CNC

Tabla 51. Duración de las actividades variables de preparación en el CMV

FRESAS			
ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
Desmontar Hta anterior	Variable	98,074	1,635
Montar nueva Hta	Variable	55,761	0,929
Compensar nueva hta	Variable	165,991	2,767

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 52. Duración de las actividades fijas de preparación en el CMV

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
Cero de pieza	Fija	305,278	5,088
Llamar programa	Fija	75,121	1,252
Compensar Hta patrón	Fija	165,991	2,767

Fuente: Autoras del proyecto.

Torno Suizo

Tabla 53. Duración de las actividades variables de preparación en el Torno Suizo

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
HERRAMIENTAS DE MECANIZADO			
T31-T35			0,000
Desmontar Hta anterior	Variable	92,358	1,539
Montar nueva Hta	Variable	134,368	2,239
Compensar nueva Hta	Variable	184,000	3,067
T100-T600			0,000
Desmontar Hta anterior	Variable	92,358	1,539
Montar nueva Hta	Variable	134,368	2,239
Compensar nueva Hta	Variable	184,000	3,067
T1100-T1400			0,000
Desmontar Hta anterior	Variable	82,589	1,376
Montar nueva Hta	Variable	133,158	2,219
Compensar nueva Hta	Variable	106,526	1,775

T2100-T2400			0,000
Desmontar Hta anterior	Variable	85,095	1,418
Montar nueva Hta	Variable	131,947	2,199
Compensar nueva Hta	Variable	148,895	2,482
T3300			0,000
Desmontar Hta anterior	Variable	88,705	1,478
Montar nueva Hta	Variable	133,158	2,219
Compensar nueva Hta	Variable	110,158	1,836
HERRAMIENTAS AJUSTE MATERIA PRIMA			
Desmontar Hta anterior	Variable	77,474	1,291
Montar nueva Hta	Variable	743,263	12,388
HERRAMIENTAS AGARRE DE PIEZA			
Desmontar Hta anterior	Variable	276,000	4,600
Montar nueva Hta	Variable	467,400	7,790

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 54. Duración de las actividades fijas de preparación en el Torno Suizo

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
Cero de Pieza	Fija	28,326	0,472
Llamar Programa	Fija	30,263	0,504

Fuente: Autoras del proyecto.

Anodizado

Tabla 55. Duración de las actividades de preparación en Anodinado.

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
Alistamiento básico	Fija	80,380	84,611

Fuente: Autoras del proyecto.

Marcado

Tabla 56. Duración de las actividades de preparación en Marcado

ACTIVIDADES	TIPO	TIEMPO (s)	TIEMPO (min)
Llamar programa	Fija	192,039	3,201

Fuente: Autoras del proyecto.

6.3 HERRAMIENTA DE TIEMPOS

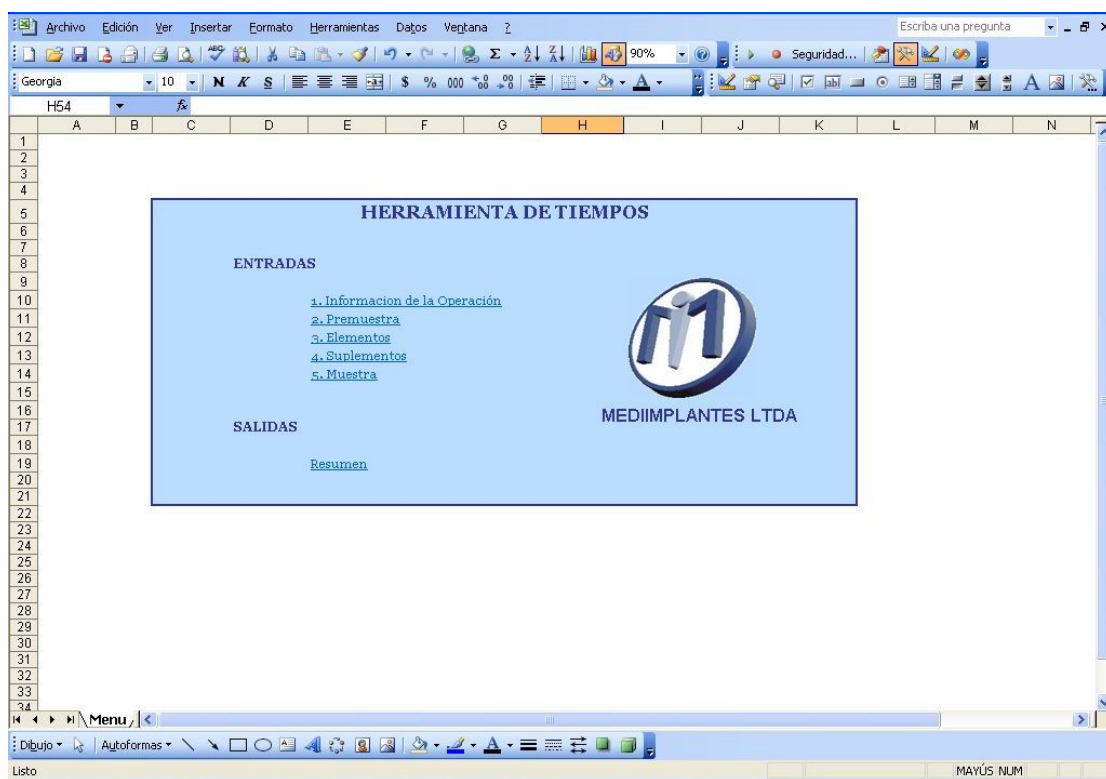
OBJETIVO: facilitar una continua inclusión y actualización de los tiempos tanto de las operaciones como de las actividades de preparación.

Se creo una herramienta que facilita la realización de los todos los cálculos involucrados en un estudio de tiempos. A través de ella es posible la realización tanto de actualizaciones de los tiempos existentes ya sea por cambio en el método o en la duración de las actividades, como la creación de nuevas operaciones

MENÚ

La ventana menú que se presenta a continuación muestra las entradas y las salidas de información de la relacionada con la herramienta de tiempos. Es posible tener acceso a cada una de las demás ventanas mediante vínculos que se activan dando click en la en el nombre correspondiente.

Figura 22. Ventana Menú de la Herramienta de Tiempos



Fuente: Herramienta de Tiempos.

En cada una de las ventanas que se enuncian a continuación, se presenta en la parte superior la opción de regresar al menú principal o acceder a la ventana siguiente según el paso a seguir. Por otra parte, las celdas de color azul indican que son espacios para el ingreso o entrada de datos.

INFORMACIÓN (paso 1)

La ventana de información permite la identificación de la operación objeto de estudio especificando el nombre del producto, la referencia, el nombre de la operación y el centro de trabajo en el cual se realiza.

Figura 23. Ventana Información de la Operación de la Herramienta de Tiempos

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

[Volver al Menu](#)
[Continuar con el siguiente paso \(2. Premuestra\)](#)

1. INFORMACION DE LA OPERACIÓN

Producto	Contratuerca
Referencia	100-3
Nombre de la operación	O1
Centro de Trabajo	Torno CNC

MEDIIMPLANTES LTDA

Información

Listo NUM1

Fuente: Herramienta de Tiempos.

PREMUESTRA (paso 2)

Una vez el analista ha obtenido los 10 datos de los ciclos de operación o actividades de montaje, accede a la ventana *Pre-muestra* que se muestra a continuación con el objetivo de registrar los datos y obtener el número de ciclos requeridos para hallar el tiempo tipo de cada operación o actividad de preparación.

- El nombre de la operación aparece inmediatamente se ha registrado esa información en la ventana anteriormente nombrada.
- Elemento de tiempo fijo: corresponde al trabajo automático realizado por la máquina o el equipo dentro del tiempo total del ciclo de operación. El valor se introduce haciendo distinción entre los minutos y los segundos.

- A continuación se introducen los datos registrados manualmente correspondiente a los 10 ciclos de operación, nuevamente, haciendo distinción entre los minutos y los segundos.
- A la derecha, se introduce el valor del nivel de confianza que se desea obtener para el estudio.

Figura 24. Ventana Premuestra de la Herramienta de Tiempos

[Volver al Menu](#)
[Continuar con el siguiente paso \(3. Elementos\)](#)

3. PREMUESTRA

Nombre de la operación: O1

Elemento de Tiempo fijo (M):
 Minutos: 3, Segundos: 1

Ciclo N°	Tiempo de ciclo		Total tiempo de ciclo (s)	Tiempo variable (s)
	Minutos	Segundos		
1	3	27	207	26
2	3	30	210	29
3	3	31	211	30
4	3	30	210	29
5	3	30	210	29
6	3	35	215	34
7	3	33	213	32
8	3	32	212	31
9	3	31	211	30
10	3	32	212	31

Nivel de Confianza	95
Desviación	2,132
Error	2,408
Estadístico t	2,262

Muestra (ciclos): 5

Fuente: Herramienta de Tiempos.

- En la celda indicada como Muestra (Ciclos), se introduce el número de ciclos requeridos para la realización del estudio.

ELEMENTOS (paso 3)

En la ventana de *Elementos* se introducen tanto el número de los elementos en los cuales fue dividida la operación, como las características de estos elementos.

Figura 25. Ventana Definición de Elementos de la Herramienta de Tiempos

N°	NOMBRE	FRECUENCIA	CADA CUANTOS CICLOS SE PRESENTA	TIPO	DESCRIPCION
1	Maquinado	Regular	1	M	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, perforado, roscado interno de la contratuera y corte de la contratuera.
2	Correr barra	Regular	1	OM	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger la contratuera ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	Inspección de rosca	Regular	1	O	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la contratuera inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye: Tomar el dispositivo, acoplar la rosca del dispositivo y de la contratuera y desenroscar.
4	Inspección	Irregular	5	O	Desde que el operario toma de la mesa la pieza a inspeccionar y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección inspeccionando nuevamente el roscado interno y externo de la contratuera.
5	Cambio de barra	Irregular	100	OM	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, hacer un desbaste inicial, correr la varilla hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.

Fuente: Herramienta de Tiempos.

- La columna de frecuencia especifica si la actividad se presenta irregular o regularmente. Cada celda tiene una lista desplegable en donde se encuentran las opciones para cada elemento como se muestra a continuación.

Figura 26. Zoom Columna Frecuencia

N°	NOMBRE	FRECUENCIA
1	Maquinado	Regular
		Irregular
		Regular

Fuente: Herramienta de Tiempos.

- En la columna siguiente, como su nombre lo indica, se especifica cada cuantos ciclos se presenta el elemento.
- En la columna Tipo se aclara si la actividad es realizada únicamente por el operario (O), si es realizada únicamente por la máquina (M), o si para su realización requiere tanto del operario como de la máquina (OM). Igual que en la columna de frecuencia, existe una lista desplegable para cada celda que permite que el usuario seleccione la opción adecuada para cada elemento.

Figura 27. Zoom Columna Tipo

N°	NOMBRE	FRECUENCIA	CADA CUANTOS CICLOS SE PRESENTA	TIPO
1	Maquinado	Regular	1	M
				O M OM

Fuente: Herramienta de Tiempos.

- La columna de descripción tiene como fin escribir de manera detallada las actividades que conforman un elemento, indicando su comienzo y su fin; esto permite la identificación de cada elemento en el momento de hacer el registro manual de los datos.

SUPLEMENTOS (paso 4)

El siguiente paso tiene como fin asignar los suplementos a cada elemento según las condiciones de trabajo bajo las cuales el operario desarrolla las actividades, por ello se requiere que el usuario tenga un conocimiento profundo de todos los elementos que comprenden la operación, o que la asignación de los suplementos se haga con la asesoría de una persona que aporte dicho conocimiento. En las celdas de color azul se introducen los datos de los suplementos en porcentajes y en la columna *Total* como su nombre lo indica, se obtiene el total de suplementos asignado a cada elemento.

Figura 28. Ventana Asignación de Suplementos de la Herramienta de Tiempos

Fuente: Herramienta de Tiempos.

Figura 29. Ventana Tabla de Suplementos de la Herramienta de Tiempos

Archivo

Edición

Ver

Insertar

Formato

Herramientas

Datos

Ventanas

?

80%

Seguridad...

Georgla

9

N

K

S

\$

%

000

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00

00</

Fuente: Herramienta de Tiempos.

Al seleccionar la opción *Ver tabla de suplementos estándar* se despliega una tabla que sirve de guía al usuario en el momento de la asignación de los suplementos.

MUESTRA (paso 5)

El botón *Ver elementos* que aparece a la derecha de la ventana que se muestra a continuación, se presiona para que automáticamente se registren los elementos de la actividad, teniendo en cuenta, el número de ciclos obtenidos mediante el cálculo de la premuestra y la frecuencia con la que se presenta cada elemento.

A continuación se procede a introducir en las celdas de color azul la valoración y los datos de tiempos registrados para cada elemento, la valoración es un porcentaje y los tiempos se introducen haciendo distinción entre los minutos y los segundos. En la columna *Tiempo*

total se muestra el tiempo total en segundos por cada elemento y en la columna *Tiempo normalizado*, se obtiene el tiempo para cada elemento teniendo en cuenta el porcentaje de valoración asignado en el momento de realizar la toma de tiempos.

Al presionar el botón **Borrar** que se ubica debajo del botón **ver elementos**, se borran automáticamente los ciclos y los elementos introducidos inicialmente.

Figura 30. Ventana Muestra de la Herramienta de Tiempos

CICLO	ELEMENTOS		VALORACIÓN	TIEMPO OBSERVADO		TIEMPO TOTAL (s)	TIEMPO NORMALIZADO (s)
	Nº	NOMBRE		(min)	(s)		
1	1	Maquinado	100	3	1	181	181
	2	Correr barra	100	0	8	8	8
	3	Inspección de rosca	100	0	18	18	18
	4	Inspección	100	0	31	31	31
	5	Cambio de barra	100	2	15	135	135
2	1	Maquinado	100	3	1	181	181
	2	Correr barra	100	0	7	7	7

Fuente: Herramienta de Tiempos.

RESUMEN

Las celdas referentes a producto, referencia, nombre de la operación y centro de trabajo se llenan automáticamente según los datos introducidos en la ventana de información. Al presionar el botón *Calcular resumen* se obtienen los datos en minutos y en segundos de los elementos clasificados según el tipo O, M y OM.

Finalmente se obtiene el tiempo tipo en minutos y en segundos, teniendo en cuenta:

- Si el tiempo de los elementos tipo O es mayor que el tiempo de los elementos tipo M, el tiempo tipo es igual a la suma de los tiempos de los elementos tipo O y OM más el porcentaje de suplementos por contingencia especificado en la hoja de Suplementos.
- Si el tiempo de los elementos tipo O es menor que el tiempo de los elementos tipo M, el tiempo tipo es igual a la suma de los tiempos de los elementos tipo M y OM más el porcentaje de suplementos por contingencia especificado en la hoja de Suplementos.

Figura 31. Ventana Resumen de la Herramienta de Tiempos

The screenshot shows a software window titled 'Ventana Resumen de la Herramienta de Tiempos'. It contains a summary of time data for a product. The window has a menu bar with options like 'Archivo', 'Edición', 'Ver', 'Insertar', 'Formato', 'Herramientas', 'Datos', and 'Ventana'. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main area displays the following information:

RESUMEN

Producto	Contratuera
Referencia	100-3
Nombre de la operación	O1
Centro de Trabajo	Torno CNC

CALCULAR RESUMEN

	(s)	ó (min)
O	31,058	0,518
M	181,000	3,017
OM	11,681	0,195

	(s)	ó (min)
Tiempo Tipo	202,82	3,38

The window also includes a 'Volver al Menu' link and a logo for 'MEDIMPLANTES LTDA'.

Fuente: Herramienta de Tiempos.

7. PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN (PMP)

EL PMP es un plan que incluye las cantidades de producto final a elaborar y las fechas previstas de entrega correspondientes.

7.1 CONSIDERACIONES DEL PMP EN MEDIIMPLANTES

7.1.1 Planeación a nivel operativo

Periódicamente o cada vez que se ha de efectuar la programación de la producción se necesita cierta información de entrada que permita su obtención, de la cual el PMP resulta ser el punto de partida y el alimento más importante para ello. Teniendo esto presente, para poder tomar decisiones y llevar a cabo acciones a nivel operativo, el PMP debe mantenerse en firme durante el horizonte que ha de cubrirse con producción; sea cual sea el origen del PMP esto tiene que suceder en el corto plazo. Es decir, que parte de él debe ser fijo o no puede ser actualizado, ya que en el momento de ejecución de las tareas se debe tener una base concreta sobre que producir y que requerimientos de materiales son necesarios.

Es en éste nivel en el que se establece el PMP para MEDIIMPLANTES, se deriva de las necesidades puntuales establecidas en el momento de programar la producción, mas no se deriva de un Plan Total o una Planeación agregada que incluyen otros elementos y objetivos que no han sido contemplados en el alcance de el presente proyecto. De igual manera, en el momento en el que se decida llevar a cabo estos últimos pueden igualmente complementar el desarrollo aquí planteado el cual es de ineludible ejecución y coherente con las políticas de la empresa.

Resultado de ello, es que las proyecciones aquí empleadas para establecer el PMP, serán empleadas para la posterior planeación y control de los programas de producción y de los

inventarios, mas no en el desarrollo de nuevos productos, en los presupuestos, en estrategias de ampliación o expansión, entre otras decisiones de largo plazo.

7.1.2 Entorno: producción para inventario

Para relatar éste punto se procede a describir como se desarrolla una solicitud de los productos manejados por la empresa. Una vez el médico especialista ha evaluado las condiciones del paciente, establece la “fórmula” que contiene el tipo y la cantidad de implantes requeridos para dar tratamiento al caso particular y finalmente proceder a programar la cirugía. De acuerdo a ésta fecha, la entidad de salud cliente, en donde actúa el médico, procede a emitir el pedido al fabricante de implantes por exactamente la relación especificada en la fórmula, momento en el cual la entidad cliente espera que su pedido sea entregado en un tiempo realmente corto²² y de igual manera sea posible realizar la cirugía, que en la gran parte de los casos es intervención urgente.

De lo anterior se concluye lo siguiente: los clientes directos (entidades de salud) piden lo que necesitan en el momento en que lo necesitan, no acumulan o no consolidan varias ordenes provenientes de las fórmulas de diversos pacientes para emitir “grandes pedidos” y menos frecuentes a MEDIIMPLANTES, ya que debido a la naturaleza del mercado descrita es poco posible, teniendo en cuenta además, que ellos no asumen inventarios. Para cada paciente o cada cirugía programada la empresa cliente realiza un pedido independiente a MEDIIMPLANTES. Adicionalmente, los tiempos de suministro o de producción superan el tiempo de respuesta que se demanda, circunstancia que no contrarresta lo anteriormente dicho en cuanto a responder de manera “inmediata” a la solicitud del cliente; la cirugía no se programa teniendo en cuenta el tiempo de entrega del fabricante de los implantes, en éste caso una vez hecho el pedido el cliente no espera por la elaboración del mismo.

Ésta situación conduce a descartar la producción por pedido y lleva a concentrarse en un esquema de producción para inventario, en donde la producción comienza antes de

²² Menos de 24 horas.

conocer la demanda con precisión; dichos inventarios son de producto terminado y se fabrican y se mantienen para su futura venta. Así, se satisface inmediatamente al cliente con las referencias y cantidades que específicamente demanda en ese momento.

La cantidad a mantener de producto terminado debe ser congruente con la ocurrencia de la demanda, razón por la cual se debe partir de un estimado de la misma, que a su vez debe estar delimitada en un intervalo de tiempo definido. Tratándose de la planeación y el control de los programas de producción y de los inventarios, se estableció que el intervalo de tiempo es un mes, tanto para la obtención de un pronóstico como para el horizonte del PMP.

7.1.3 Coherencia con el enfoque de Teoría de Restricciones

A lo largo del desarrollo del PMP deben tomarse decisiones de nivel operativo que hagan que su determinación sea totalmente factible. Más adelante se mostrará de qué forma el enfoque de Teoría de Restricciones o Manufactura Sincrónica tienen un impacto en dichas decisiones y por lo tanto influyen la obtención del PMP. Particularmente se ve afectado en el establecimiento de tres aspectos: el número de periodos a proyectar, el esquema de producción para inventario como generador del amortiguador de existencias y la capacidad del sistema productivo representada por el rendimiento de las restricciones.

7.1.4 Inclusión de un componente cualitativo y cuantitativo

Hasta el momento, en MEDIIMPLANTES, la determinación de cuales son los requerimientos netos de producción provenía únicamente de conjeturas realizadas por parte de los expertos de la empresa o encargados del área. Se propone ahora, una metodología que incluye principalmente deducciones de tipo cuantitativo y que son base para determinar cuales son dichas necesidades de fabricación. Sin embargo, no se pretende excluir o ignorar la habitual forma de proceder de la empresa en éste aspecto, si además se considera que la opinión basada en el conocimiento de los expertos resulta

ser muy práctica, útil y valiosa en el momento de definir los movimientos en la demanda. Con todo, para la consecución del PMP, el esquema planteado considera ambas fuentes de manera complementaria pero independiente.

7.2 ESQUEMA DEFINITIVO DEL PMP EN MEDIIMPLANTES

EL PMP para MEDIIMPLANTES, tendrá un horizonte de tiempo mensual, y los productos que en el se contemplan son aquellos para los que se realiza una estimación o pronóstico, esto es, los artículos de demanda independiente. Demanda independiente es aquella que esta influenciada por las condiciones del mercado fuera del control de las operaciones, mientras que la demanda dependiente indica que la necesidad de un artículo se crea y se relaciona con la necesidad de otro. En los Anexo J y K se muestran los listados de productos, manejados hasta la fecha, de demanda independiente junto con los de demanda dependiente y la relación que existe entre ellos, respectivamente.

7.2.1 Componentes del PMP

A continuación en la Tabla 57 se ha resumido el planteamiento del PMP para MEDIIMPLANTES, especificando los elementos que permiten su establecimiento junto con algunas características que los describen.

Tabla 57. Características del los componentes del PMP para MEDIIMPLANTES

COMPONENTE	NATURALEZA	EFEECTO DENTRO DEL PMP	ORIGEN	FRECUENCIA DE OBTENCIÓN
Proyección	Objetiva	Eleva	Depende de los datos históricos	Periódico
Stock de Seguridad	Objetiva	Eleva	Depende de la proyección y de los costos unitarios de faltante y exceso	Periódico
Previsión extra	Subjetiva	Eleva o disminuye	De los posibles eventos futuros	Esporádico
Inventario Inicial	Objetiva	Disminuye	Del conteo físico de unidades	Periódico

Fuente: Autoras del proyecto.

- **Proyección**

OBJETIVO: estimar la demanda de un producto en determinado periodo.

- **Stock de Seguridad**

OBJETIVO: proteger el nivel de servicio al cliente de las variaciones aleatorias en la demanda de un producto, durante el periodo de su ocurrencia.

- **Previsiones Extras**

OBJETIVOS:

atender los cambios²³ previstos de la demanda de un producto en determinado periodo.
incorporar el juicio de expertos al sistema.

- **Inventario Inicial**

OBJETIVO: descontar las existencias físicas de un artículo de las necesidades brutas²⁴ de producción en un periodo determinado

7.2.2 Resultado del PMP

La información resultante del PMP que ha de ser empleada en la programación de la producción se denomina como **Requerimientos Netos de Producción**. Éste valor es deducido para cada producto y equivale a la suma algebraica de todos los componentes previamente mencionados, se dice algebraica ya que los elementos de Previsión Extra (en algunas ocasiones) e Inventario Inicial toman valores que deben ser sustraídos de las unidades totales, que para el periodo en cuestión se solicitan, esto con el fin de fabricar lo que realmente se necesita. Así, por ejemplo, si en determinado mes para el Gancho Torácico se obtuvo una proyección de demanda de 6 unidades, de las cuales se dedujo un stock de 1 unidad, sin ninguna previsión extra y se registraron 4 unidades en inventario, el Requerimiento Neto de Producción en el periodo para ese artículo será de 3 unidades ($6+1+0-4$). De manera contraria, si para el mismo producto se obtuvo una

²³ Cambios a los que no responde inmediatamente la proyección, que desvían la estimación de la realidad y de los cuales se tiene conocimiento.

²⁴ Total que contempla los componentes Proyección, Stock de Seguridad y Previsiones Extras.

proyección de demanda de 6 unidades, de las cuales se dedujo un stock de 2 unidades, se estimó una previsión extra que reduce 3 unidades y se registraron 5 unidades en inventario, el Requerimiento Neto de Producción en el periodo para ese artículo será de 0 unidades ($6+1-3-5 = -1$) teniendo en cuenta que 1 unidad irá como inventario para el siguiente mes. Más adelante se explicará en detalle cada uno de los componentes.

Descrito de otro modo, se tiene la siguiente expresión:

$$RNP_{mt} = F_{mt} + SS_{mt} \pm PE_{mt} - II_{m,t-1}$$

m = artículo de demanda independiente

RNP_{mt} = Requerimientos Netos de Producción del artículo m en el periodo t

F_{mt} = Valor proyectado (cuantitativamente) de demanda del artículo m para el periodo t

SS_{mt} = Stock de Seguridad necesario del artículo m en el periodo t

PE_{mt} = Previsión Extra estimada (cualitativamente) de la demanda del artículo m para el periodo t

$II_{m,t-1}$ = Inventario Inicial del artículo m para el periodo t

7.3 EVALUACIÓN PREVIA DE ALTERNATIVAS

Al decidir de qué manera se construirá el PMP es necesario primordialmente acordar cuál será el modelo o el método para establecer las cantidades y los tiempos de entrega para cada producto terminado, teniendo claro entonces que se trata de realizar estimaciones de demanda en un intervalo de tiempo determinado. Para ello se necesitan datos, que pueden provenir de registros de la empresa o de fuentes del sector industrial o gubernamentales, pero si no existen datos, se deben recolectar o se puede emplear un enfoque de estimación que no los requiera; si definitivamente no se dispone de ellos o recolectarlos es demasiado costoso, se opta por un enfoque de tipo cualitativo.

Lo que sucede con la disponibilidad de información para una empresa como MEDIIMPLANTES se resume en lo siguiente. Como primera medida se habla de las posibles fuentes externas del sector. La gran variedad de patologías que se presentan a nivel de columna vertebral, las diferentes edades y dimensiones de los pacientes y las distintas opciones para corregir problemas de éste tipo por medio de los implantes, complican la posible recolección y clasificación de información estadística. La realidad muestra que la cantidad, el tipo y la combinación de implantes que se acoplan a un paciente varían de uno a otro. En el medio, no se obtiene información precisa que pueda ser útil en determinación del comportamiento de la demanda, pues no permite asociar un producto específico con cada uno de los aspectos mencionados²⁵. Con ello, un sistema de pronósticos con un enfoque causal queda relegado ya que no se cuenta con información puntual sobre las características patológicas y del paciente, que en éste caso representarían los potenciales factores o variables independientes que afectan a la demanda como variable respuesta; de igual manera, un modelo de regresión es útil si existe un lapso entre la variable dependiente y la(s) variable(s) independiente(s), es decir, si ocurren en el mismo periodo, no se pueden pronosticar valores futuros de la variable dependiente a menos que se use un pronóstico de la variable independiente, y esto puede introducir un error adicional en el pronóstico de la variable dependiente.

Por otro lado, es posible consolidar información proveniente de la propia empresa y se refiere a los datos históricos de ventas relacionados con el producto. Gracias a que hasta el momento la empresa no ha incurrido en faltantes (no poder suplir a sus clientes), la información de ventas es equivalente a la demanda que ha ocurrido para cada uno de los productos. Por consiguiente, éstos datos internos se convierten en una oportunidad para establecer un pronóstico utilizando otros métodos diferentes a los modelos causales. No obstante, si se examinan las opciones restantes, el empleo de modelos de simulación no tiene aplicabilidad en el caso de estudio ya que los datos existentes no son suficientes²⁶ para determinar un modelo de distribución que describa el comportamiento de la demanda; además se convierte en una tarea dispendiosa el tratar de determinar para cada una de las referencias de productos (hoy 61 únicamente de demanda independiente)

²⁵ Se concluye después de haber realizado una consulta con el Dr. Fidel Vázquez, médico especialista (columnólogo y ortopedista) en lesiones y patologías de la columna vertebral.

²⁶ En el mejor de los casos, se tiene información de demanda consolidada de manera mensual, para 4 años.

cual es la distribución que mejor representa su comportamiento, teniendo en cuenta que debe ser evaluada cada cierto tiempo. Asimismo, se requiere de un paquete software para realizar dichas pruebas estadísticas para el cual la empresa tendría que adquirir licencia.

Finalmente, se tiene el enfoque de series de tiempo. Una serie de tiempo es “una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable”²⁷. Dentro de ésta gama, los métodos mas comúnmente aplicados son los Promedios Móviles y la Suavización Exponencial, de los cuales se optó por la primera alternativa. Teniendo en cuenta la necesidad de proyectar la demanda de un periodo objetivo con dos meses de anticipación (ver apartado de Proyección en este mismo capítulo) que implica realizar una “doble proyección”, se consideró entonces la realización de dos alternativas para llevar a cabo dicha estimación doble: emplear un único método o realizar una combinación de los dos. En la primera alternativa, se imposibilita la aplicación del segundo método de suavización que se alimenta de datos reales de demanda para sus cálculos, es decir, su alcance solo permite la proyección del mes inmediatamente siguiente al periodo para el que se acaba de obtener un valor real. La segunda alternativa implica realizar la proyección del primer mes (o mes anterior al periodo objetivo de estimación) haciendo uso de Suavización Exponencial y una vez obtenido éste valor, proyectar el segundo mes con Promedios Móviles, sin embargo, el cálculo de la suavización requiere la selección de los valores apropiados de ajuste alfa (α) y de ajuste de tendencia delta (δ), con lo que se necesitaría destinar algún tiempo para determinar los valores que se adaptan mejor a los datos reales de cada producto, resultando tediosa su revisión y seguimiento; por otra parte, teniendo en cuenta que las demandas cambian, el valor de α y de δ que se seleccione éste mes puede necesitar una revisión en el futuro venidero, necesitando preferiblemente algún método automático para rastrear y cambiar dichos valores.

Lo expuesto anteriormente, conlleva a que la proyección de la demanda, para MEDIIMPLANTES, se deduzca con un doble cálculo que emplea el método de Promedios Móviles.

²⁷ SIPPER, Daniel. Bulfin, Robert. Planeación y Control de la Producción. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 1998, p. 122.

7.4 ESTABLECIMIENTO DEL PMP EN MEDIIMPLANTES

Como se describió, en la construcción un PMP factible, se pueden distinguir dos grandes etapas: evaluar el mercado de la empresa estableciendo estimaciones de demanda y requerimientos netos de artículos, y, determinar si la capacidad disponible es suficiente o no para dar complacencia a dichas necesidades. La primera de las etapas se ha consolidado dentro del apartado 7.4.1 en donde se establecen los elementos que componen el PMP, mientras que la segunda etapa, en donde se consideran las restricciones de capacidad, se condensa bajo la sección 7.4.2. Resumiendo se tiene lo siguiente:

7.4.1 Establecimiento de los componentes del PMP

1. Proyección
2. Stock de seguridad
3. Previsiones extras
4. Inventario inicial

A manera de complemento, se presenta un Diagrama de Flujo que explica este primer paso y que se encuentra en el Anexo L. Periódicamente o en cada oportunidad en la que se de pie para la obtención del PMP, el encargado de la tarea, contará con una herramienta que ha sido creada para facilitar la materialización de ésta etapa. Dicha herramienta será descrita al final del presente capítulo.

7.4.2 Ajuste del PMP

1. Arreglo del PMP durante la Fase 0
2. Ajuste del PMP durante la Fase 2

7.4.1 Establecimiento de los componentes del PMP

1. Proyección

OBJETIVO: Estimar la demanda de un producto en determinado periodo.

Como se comento en apartados anteriores, la técnica de proyección que se empleará para dar lugar al objetivo aquí planteado, es la de Promedios Móviles, catalogada como un análisis de series de tiempo.

Este método calcula el promedio de las ventas históricas más recientes y realiza un pronóstico a corto plazo. En consecuencia, cada uno de los datos tiene igual influencia.

La expresión matemática para hallar el valor del Promedio Móvil es la siguiente:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

en donde :

F_t = es el promedio móvil o valor proyectado de demanda para el periodo t

A_{t-n} = es la demanda real n periodos atrás con respecto al periodo t

n = es el número de periodos que han de promediarse

Para el caso de aplicación en MEDIIMPLANTES, se mencionó que el modelo planteado es fabricar en éste mes las unidades que serán demandadas en el transcurso del siguiente, lo que significa que no es posible aplicar la expresión anterior de manera directa para obtener un estimado de demanda del periodo que se desee, pues aún no se cuenta con el valor real correspondiente al periodo anterior durante el cual se realizará la producción.

El procedimiento establecido consiste, primero, en generar un valor de demanda en el momento de realizar la programación de la producción, es decir, a comienzos del periodo en el que se ejecutará la fabricación, tomando en consideración los datos reales ya existentes de los meses anteriores y posteriormente deducir el pronóstico deseado para el siguiente mes incluyendo dentro del cálculo el valor establecido anteriormente.

En términos matemáticos esto se condensa en las dos siguientes expresiones, designada una después de la otra y derivadas de formula general de Promedio Móvil:

$$FA_{t-1} = \frac{A_{t-2} + A_{t-3} + A_{t-4} + \dots + A_{t-n-1}}{n}$$

$$F_t = \frac{FA_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

FA_{t-1} = es el promedio móvil o valor pronosticado de demanda para el periodo $t-1$ y que se asumirá como real.

Por ejemplo, hoy 1° de noviembre se desea programar la producción que ha de ejecutarse como actividad durante el mes y cuyos productos terminados salvaguardarán la demanda que posteriormente presente durante diciembre. Siendo así, hoy primer día del mes de noviembre, se hace necesario estimar un valor que represente la demanda correspondiente al último mes del año.

En la Tabla 58 se presenta, para el producto Gancho Torácico, la información requerida para los cálculos y las estimaciones obtenidas a partir de ellos. Por supuesto hasta la fecha, los datos reales disponibles pertenecen solo a los meses octubre y anteriores.

Tabla 58. Proyección de demanda para el Gancho Torácico (ejemplo)

Periodo N°	Mes	Demanda Real (A)	Demanda Generada (FA)	Proyección (F)
1	Julio	7	-	-
2	Agosto	12	-	-
3	Septiembre	10	-	-
4	Octubre	5	-	-
5	Noviembre		9	-
6	Diciembre			8

Fuente: Autoras del proyecto.

Previamente fue establecido que el valor adecuado que ha de asumir n para el Gancho en cuestión, es de 3 periodos. Para comenzar, era necesario encontrar el valor correspondiente a noviembre que consiste en un valor generado de demanda que se asumirá como real. De acuerdo a la expresión para FA, se tiene:

$$FA_5 = \frac{A_4 + A_3 + A_2}{3} = \frac{5 + 10 + 12}{3} = 9 \text{ unidades}$$

Ahora se procede a encontrar el pronóstico para el mes de diciembre, teniendo en cuenta los valores “reales” de demanda relacionados con los meses anteriores de septiembre, octubre y noviembre según la expresión referida para F, esto es:

$$F_6 = \frac{FA_5 + A_4 + A_3}{3} = \frac{9 + 5 + 10}{3} = 8 \text{ unidades}$$

En conclusión, durante el mes de noviembre se debe programar y llevar a cabo la producción de 8 unidades del Gancho Torácico referido como ejemplo. De igual manera, han de efectuarse los pasos anteriores hasta completar toda la gama de productos de demanda independiente relacionados con el portafolio de la empresa, teniendo en cuenta que el valor de n puede diferir de un producto a otro según sea conveniente.

✓ Establecimiento de N

La selección del número de periodos (n) para encontrar el promedio móvil, resulta ser una decisión importante ya que en la aplicación se producen efectos contradictorios: "...aunque un lapso más corto produce una mayor oscilación, existe un seguimiento más cercano de la tendencia (creciente o decreciente). De manera inversa, un lapso más largo proporciona una respuesta más ajustada pero retrasa la tendencia"²⁸. Con ello, si la demanda está sujeta un proceso de cambio relativamente estable, se ha de optar por una n grande, sin embargo, un valor pequeño será mejor para una demanda cambiante. En fin, la decisión sobre la dimensión que pueda asumir n, afecta la calidad del pronóstico en términos de qué tan similar o cercano estará de la realidad.

Por lo tanto, en miras de obtener resultados acertados y útiles dentro de lo posible para MEDIIMPLANTES, se ha planteado un método flexible que permita que n asuma un valor diferente y cambiante en cada ocasión que se desee llevar a cabo la proyección y para cada producto. Las razones que justifican que no debe existir un valor de n único o general para elaborar las proyecciones de la empresa, son:

- La gama de productos
- El error del pronóstico en términos del impacto en costos

Los productos

Lo que resulta al dar validez a éste primer aspecto referido, es que no existirá un modelo de Promedio Móvil general para el portafolio de productos de MEDIIMPLANTES. Cada producto presenta una variabilidad y un comportamiento diferente en el tiempo con respecto a los demás; sus fines de uso y su grado de sustitución²⁹ y complementariedad³⁰ son disímiles entre sí, esto justifica que es poco conveniente extender y acoger a todos los implantes bajo un mismo cálculo. Mas adelante se reflexionará acerca de cómo este aspecto está contenido o implícito en el segundo (error del pronóstico), sin embargo, las

²⁸ CHASE, AQUILANO, JACOBS, Op. Cit., p. 504.

²⁹ Hace referencia a los productos que satisfacen una misma necesidad. Por ejemplo, el tornillo monoaxial y el tornillo poliaxial.

³⁰ Hace referencia a los productos que tienen una relación positiva directa. Por ejemplo los productos (de demanda independiente) pertenecientes al sistema Medifix: ganchos laterales, y barras transversas.

razones recién explicadas impulsan y justifican de igual manera la implantación de un n flexible o diferente.

Error del pronóstico

Con respecto a éste segundo punto, él permite que el valor de n sea cambiante, pero en éste caso entre periodos de proyección. Como ya se comentó, la calidad de la proyección está condicionada por el número de periodos que se contemplen para el cálculo del Promedio Móvil, sin existir una elección óptima que sea útil para todas las situaciones; continuando con la idea de que dicho valor pueda variar de ser necesario, entonces es requisito contar con un criterio o indicador que permita evaluar cual es el mejor valor que pueda asumir, según unas condiciones dadas.

El indicador particular que se creó y que se emplea se ha denominado como Costo Total Acumulado, es acumulado porque cubre una serie de periodos disponibles para un producto determinado, hasta el momento de su cálculo. El indicador representa cual sería el costo incurrido por la empresa, en el último año, si en éste periodo se hubiesen realizado todas las proyecciones con un mismo valor de n .

Por tal motivo se tiene una base de datos encargada de alimentar dichos cálculos, ya que en ella está contenida toda la información sobre las cantidades demandadas históricamente, durante cada mes, de cada uno de los productos independientes.

En general, para el establecimiento mensual n que ha de aplicarse o que se empleará en la proyección del respectivo periodo, se siguen los siguientes pasos:

1. Encontrar el Promedio Móvil para cada uno de los 12 periodos mas recientes y para los cuales ya se conoce una demanda real ocurrida. Esto de acuerdo con el n en cuestión y empleando el procedimiento expuesto inicialmente (por medio del ejemplo del Gancho Torácico) en donde previamente se obtiene una “demanda real generada” (FA_{t-1}) para finalmente hallar el valor del pronostico objetivo (F_t).

2. Deducir el *error de pronóstico* para cada uno de los meses del último año, por supuesto solo es factible para aquellos periodos pasados en donde ya se conoce su demanda. La expresión para el *error* es la siguiente:

$$error = A_t - F_t$$

3. Calcular el Costo Total (*CT*) para cada uno de los meses del último año, teniendo en cuenta el *error* y los costos unitarios de faltante y exceso. Más adelante se comentará sobre éste punto.
4. Sumar los costos anteriores para encontrar el Costo Total Acumulado (*CTA*) correspondiente al *n* tratado.
5. Realizar los pasos 1, 2, 3 y 4 con los demás valores predeterminados de *n*, hasta obtener para cada uno de ellos un valor asociado de *CTA*.
6. Elegir el valor de *n* al que le corresponda un *CTA* menor. Éste será el que determine cuantos periodos habrán de acogerse para la obtención del Promedio Móvil o de la proyección del periodo requerido³¹, para determinado producto.
7. Retomar los pasos anteriores hasta completar el portafolio de productos cuya demanda es independiente.

Con respecto al Costo Total (*CT*) para cada uno de los meses referidos, calculado en el paso número 3, es una variable que asume diferentes montos y las posibilidades son las siguientes:

- Si para un determinado periodo su demanda real resultó ser equivalente al valor de demanda que se le pronosticó, el Costo total acumulado es nulo.

$$CT_t = 0$$

- Si para un determinado periodo su demanda real resultó ser superior al valor de demanda que se le pronosticó, el Costo total acumulado corresponde al costo de faltante por concepto de todas las unidades que no fueron pronosticadas (no disponibles) y por lo tanto no vendidas.

³¹ Recordando, por ejemplo, si hoy es 1 de diciembre, enero es el periodo para el que se desea obtener un pronóstico.

$$CT_t = cf \times error$$

- Si para un determinado periodo su demanda real resultó ser inferior al valor de demanda que se le pronosticó, el Costo total acumulado corresponde al costo de exceso por concepto de todas las unidades pronosticadas de más y que no fueron vendidas.

$$CT_t = ce \times |error|$$

Una vez conocidos todos los valores de CT para el último año, se procede con el paso 4, resumido en la siguiente fórmula:

$$CTA = \sum_{t=t-14}^{t-2} CT_t$$

De éste modo, se deduce el Costo Total Acumulado (CTA) para cada uno de los valores predeterminados de n y, como se menciono anteriormente, al que le corresponda un costo menor, será el n que indique cuantos periodos habrán de manejarse para deducir el Promedio Móvil o el pronóstico perteneciente al presente periodo para determinado producto.

A manera de aclaración, se comenta que no era conveniente que el criterio o indicador fuese el error acumulado ³² (entendido la suma de los errores de pronóstico al cuadrado encontrados para cada mes) en vez del CTA , ya que un desfase en el pronóstico en una unidad con respecto al dato real, no tiene el mismo efecto si se trata de unidades pronosticadas adicionalmente que unidades no pronosticadas, es decir, las unidades pronosticadas de más o para las que no hubo demanda resultan ser menos perjudiciales, para MEDIIMPLANTES, que las unidades que se dejaron de producir y que pudieron haber sido vendidas, pues el costo unitario de exceso no es equivalente a el costo unitario de faltante, razón por la cual se optó por aterrizar el cálculo al nivel del impacto monetario obteniendo una evaluación más acertada.

³² $EA = \sum_{t=t-14}^{t-2} error_t^2$, en donde: $error^2 = (A_t - F_t)^2$.

✓ Costos relacionados con el inventario

Como se vio anteriormente, para la realización del cálculo del n se involucran variables relacionadas con los costos del inventario. A continuación, para el caso de MEDIIMPLANTES, se describe cuales de los comúnmente conocidos son relevantes, y se explica como se determinan.

Costo de unitario de faltante

Es un rubro que resulta del no tener existencias suficientes y disponibles para satisfacer la demanda cuando ésta se presenta. Debido a la urgencia de surtir un pedido en el momento en que lo solicita el cliente, éste costo sólo tiene una interpretación que muestra que la demanda en MEDIIMPLANTES se pierde y no se acumula, pues los pedidos que no se pueden atender inmediatamente no se congelan para ser surtidos en un siguiente periodo, sino que se pierde la venta. Luego el costo no equivale a una penalización por una demora en un pedido pendiente, sino incluye la ganancia perdida que pudiera haberse realizado con la venta.

Desde éste punto de vista y teniendo en cuenta las consideraciones expuesta por Manufactura Sincrónica, dicho costo mas que una utilidad perdida (que incluye en su determinación el precio de venta, los costos de la mano de obra y de los materiales directos y los costos indirectos de fabricación), es Throughput perdido (que considera únicamente el precio de venta y los costos de materia prima).

El cálculo pertinente al costo por incurrir en faltante es calculado con la siguiente expresión:

$$cf = T_m + \sum^n r * T_n$$

cf = costo de faltante unitario para determinado producto de demanda independiente

m = artículo de demanda independiente

n = artículo de demanda dependiente

r = cantidad que relaciona al artículo independiente m con su artículo dependiente n (si no existe relación r es nulo o igual a cero)

T_m = Throughput correspondiente al artículo m

T_n = Throughput correspondiente al artículo n

j = pieza (producto o componente) cuya demanda es dependiente del producto en cuestión.

$$T = p_{vu} - c_{mpu}^{33}$$

T = Throughput de una pieza ya sea de demanda independiente T_m o de demanda dependiente T_n

p_{vu} = precio de venta unitario del artículo

c_{mpu} = costo unitario de materia prima empleada en la elaboración del artículo

En cualquier caso también se incluiría el costo de “perdida por buena voluntad, que es una medida de la insatisfacción del cliente por el incumplimiento en un pedido”³⁴. En la práctica se puede dificultar mucho la estimación del componente de perdida por buena voluntad en el costo por faltante.

Costo de unitario de exceso

Es el conjunto de todos los costos que son proporcionales a la cantidad de inventario disponible físicamente en cualquier momento en el tiempo. Esta categoría incluye diversos aspectos como almacenaje, mantenimiento, costo de capital, seguros, desperdicios, obsolescencia, robos; los cuales serán comentados uno a uno a continuación:

³³ UMBLE, Michael. SRIKANTH, M. R. Manufactura Sincrónica. 1°ed. Ciudad de México: Cecs, 1997, p. 31.

³⁴ NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 1°ed. Ciudad de México: Cecs, 1999, p. 209.

✓ Almacenaje:

Este aspecto tiene aplicación en el caso en que su costo se incremente de manera directa con la cantidad de unidades de inventario a almacenar. Para el caso específico de MEDIIMPLANTES, existe un área destinada para el almacenamiento de producto terminado que hace parte de las instalaciones de la Empresa (por la cual se paga un costo mensual), conjuntamente, si se tiene en cuenta el tamaño de los productos y la manera como estos se almacenan, no se requerirá de un espacio adicional que conlleve a incurrir en un costo que se vea aumentado proporcionalmente con el volumen de productos a almacenar.

✓ Costo de capital invertido:

Oscar León G.³⁵ explica este costo en el orden de ideas presentadas y adaptadas en el presente párrafo. Generalmente cuando en las empresas se está destacando la gravedad de un problema de sobreinversión en activos ello se hace referenciando el costo financiero que implica dicha sobreinversión. Sin embargo, en la mayoría de los casos el costo financiero que se asocia es el de los préstamos bancarios y es un criterio incorrecto. Por ejemplo, es posible oír decir a un funcionario de la empresa algo como esto: “tenemos 100 millones de exceso de inventarios por encima del mínimo requerido y dicho valor al 32% mensual que cobra el banco implica para la empresa un costo financiero de 3.000.000 cada mes”. Aunque se reconoce que la utilización de un costo financiero para destacar lo delicado del problema es un hecho positivo desde el punto de vista del análisis de gestión, se debe resaltar el hecho de que la tasa de interés utilizada no es la más apropiada, pues aceptarla como tasa de referencia supondría la afirmación de las dos alternativas siguientes:

- Todos los activos de la empresa se están financiando con deuda, lo cual no es siempre cierto.
- El dinero de los propietarios tiene el mismo costo de la deuda, lo cual nunca es cierto.

³⁵ GARCIA S., Oscar León. Administración Financiera. 3ªed. Cali, 1999, p. 35-36.

Tomando en consideración lo descrito anteriormente se concluye que la mejor manera de evaluar el impacto de tener invertido un dinero en inventarios es por medio del Costo de Capital que “es el costo que a la empresa le implica poseer activos y se calcula como el costo promedio ponderado de las diferentes fuentes que ésta utiliza para financiar sus activos”³⁶.

Dicho costo para MEDIIMPLANTES se calcula de la siguiente manera:

1. Inicialmente se determinan cada una de las fuentes de financiación de la empresa. Actualmente estas fuentes son: proveedores, préstamos bancarios a corto plazo y patrimonio.
2. Se establece el porcentaje de participación de cada una de las fuentes con respecto a los activos de la empresa.

$$\% \cdot Participación_{fuente} = \frac{Valor \cdot Fuente}{Valor \cdot total \cdot Activos} * 100$$

3. Se determina el costo anual nominal de cada una de las fuentes.

- Proveedores: los proveedores representativos para MEDIIMPLANTES son los de materia prima y los de herramientas, de los cuales, los primeros no conceden ningún tipo de descuento mientras que los de herramientas actualmente otorgan un 10% de descuento por pago de contado vendiendo con un plazo de 30 días. Aplicando la expresión financiera:

$$F = P(1 + i)^n$$

En donde,

F = es el valor de cancelar la deuda con el proveedor el día último día de plazo (día 30). Se asume un valor base de \$100.

³⁶ Ibid., p. 37.

P = es el valor de cancelar la deuda con el proveedor el primer día (al contado). De acuerdo al valor asumido para F y según el descuento del 10%, P equivale a 90.

i = tasa de interés que representa el costo de oportunidad de no utilizar dicho descuento.

n = es el número de periodos (meses) contemplados por el plazo establecido por los proveedores.

$$100 = 90(1 + i)^1 \rightarrow i = \frac{100}{90} - 1 = 11.11\% \text{ mensual}$$

$$r = i * m = 0.1111 * 12 = 1.33 = 133\% \text{ Anual}$$

r = Tasa de interés nominal

m = número de periodos en que se capitaliza el dinero en un año

- Prestamos bancarios a corto plazo: actualmente MEDIIMPLANTES tiene una obligación financiera con el Banco Superior por la adquisición de un plan llamado “Crediautomático” por el cual paga un interés del 1.96% mensual o 23.52% anual.
- Patrimonio: aún cuando hay dificultad para estimar el costo del patrimonio considerando que en la empresa donde hay 5 socios todos con criterios diferentes en cuanto al riesgo y la rentabilidad y no hay una opinión establecida de todos ellos, se maneja un estimado³⁷ de 35% anual que es empleado para hacer diferentes tipos de análisis dentro de la empresa.

³⁷ Consultado con Florelva Duran Corredor, Contadora de MEDIIMPLANTES.

4. Se obtiene la ponderación para cada una de las fuentes.

$$Ponderación_{fuente} = \%Participación_{fuente} * Costo \cdot anual \cdot no \min al$$

5. Finalmente se deduce el valor del costo de capital (CK):

$$CK = \sum^{fuente} Ponderación_{fuente}$$

El costo de capital es un valor que debe ser frecuentemente actualizado debido a que como consecuencia de las transacciones que a diario realiza la empresa, la estructura de activos, pasivos y patrimonio nunca permanece constante, haciendo que los porcentajes de participación de cada fuente cambien permanentemente. En MEDIIMPLANTES se llevan a cabo informes trimestrales en donde se consolida la información contenida en el Balance General, con lo que se sugiere aprovechar dicho informe para actualizar el valor del costo de capital con los valores contenidos en él. En el Anexo M se calcula el costo de capital con base en el informe suministrado para abril de 2006.

✓ Seguros:

Actualmente no existe un pago por seguros del inventario de producto terminado.

✓ Mantenimiento:

No se requiere personal ni equipos para manipular y conservar el buen estado los artículos mientras están almacenados.

✓ Desperdicios, obsolescencia y robos:

Los dos primeros casos no se presentan debido a las características del material con que se elaboran los productos; con respecto al último aspecto, la seguridad y el control manejados por el Jefe de Inventarios, y la honestidad que caracteriza al personal de

MEDIIMPLANTES demuestra a través de su historia, la no ocurrencia de pérdidas sujetas al robo de los productos.

En conclusión, el costo de tener unidades de exceso en inventario se relaciona únicamente con el costo de capital de MEDIIMPLANTES y el costo de incurrir en faltantes, es el Throughput de las unidades que pudieron haber sido vendidas si hubiesen estado disponibles. En el Anexo N se condensan todos los costos unitarios de exceso y de faltante para cada uno de los artículos de demanda independiente que se manejan hasta el momento y que por ahora alimentan a la Herramienta de PMP.

2. Stock de seguridad

OBJETIVO: Proteger el nivel de servicio al cliente de las variaciones aleatorias en la demanda de un producto, durante el periodo de su ocurrencia.

La incertidumbre tanto en la demanda externa como en el tiempo de entrega representa una motivación para que las empresas adquieran y conserven un inventario de seguridad. Éste constituye un modo de evadir las fluctuaciones de dichas variables, al mantener más unidades de las previamente estimadas como demanda para evitar la situación indeseada de no tener unidades.

En el caso de estudio, la incertidumbre que se pretende amortiguar por medio del Stock de Seguridad que se menciona, es la relacionada con la variabilidad en la demanda de los productos independientes, considerando que la concerniente al tiempo de suministro no existe, dada la política de obtener durante un mes (tope máximo) la producción que ha de venderse en el siguiente periodo y que estará disponible a comienzos de éste último.

Para comenzar se define el concepto, que ha de manejarse de aquí en adelante, de Nivel de Servicio: “es el cociente entre el número de periodos en los que no se produce ruptura y el total de periodos considerados”³⁸.

La idea de, no solo tener stock de producto terminado, sino tenerlo en elevadas cantidades, se ve apoyada debido a que:

- ✓ Es política de MEDIIMPLANTES ofrecer a sus clientes un nivel de servicio del 100%, es decir, que garantice que siempre habrá disponibilidad inmediata de todos los productos en el momento en que el cliente los requiera. La política se cimienta en la naturaleza de uso de los productos, puesto que se relaciona con la salud de un individuo.³⁹
- ✓ Comparativamente hablando, el impacto, en términos de costo, de mantener una unidad en inventario resulta ser mucho menor⁴⁰ que el costo por concepto de una unidad faltante que ha podido ser vendida.

De acuerdo a lo anterior, el método planteado es una adaptación del problema de determinación del punto de pedido y stock de seguridad en un contexto con demanda aleatoria sin conocer su función de distribución, que se basa en el establecimiento de probabilidades empíricas que pueden emplearse en los análisis. Se recomienda revisar el Anexo O en donde, por medio de un ejemplo, se expone paso a paso la obtención de las frecuencias relativas que permitirán establecer un inventario de seguridad para el nivel de servicio que se desee cubrir. Como se comentó, la metodología del anexo es la guía o el modelo base sobre el cual se deriva el manejo definitivo propuesto para MEDIIMPLANTES, en la determinación del stock, que en éste punto se procede a ilustrar.

El hecho de emplear una distribución empírica y no aproximar la historia de la demanda con una distribución aleatoria, se debe a que los datos de la demanda de los productos no

³⁸ DOMÍNGUEZ M., Op. cit., p. 472.

³⁹ Se hace distinción entre el cliente directo: entidades de salud y el cliente indirecto: paciente. El primero de ellos es quien compra los productos a la empresa.

⁴⁰ El costo unitario de mantener (CK) es alrededor del 9% del costo de la materia prima de una unidad de producto terminado. Y éste costo a su vez, oscila entre el 0.5% y el 3% del precio del artículo. Se recuerda que el costo unitario de faltante es el precio de venta menos el costo de materia prima unitarios, mientras que el costo de exceso es un porcentaje sobre el costo unitario de la materia prima. Esto por supuesto teniendo en cuenta el artículo junto con los productos que le son dependientes.

se ajustan a ninguna distribución de demanda conocida. Previamente se tomó una muestra con los productos más representativos, los cuales fueron sometidos a diferentes pruebas de hipótesis para finalmente observar que el comportamiento de sus datos no se veía representado bajo ninguna distribución matemática típica, tal como la normal, la Poisson, la exponencial, entre otras. Esto se puede ver en el Anexo P, que contiene pruebas estadísticas para los 10 productos con mayor rotación. En última instancia, el método finalmente empleado resulta ser más general o de adaptabilidad para un mayor número de casos (productos), sea cual sea el comportamiento de los datos que representan su demanda.

Ilustrando de manera breve el contenido del Anexo O (ejemplo), se tiene que: partiendo de una serie de demandas que han ocurrido históricamente a través de un número de periodos de igual duración, es posible calcular un valor de Demanda Media ($\bar{D}_{TS_p}$); existen datos que han podido repetirse, con ello, de acuerdo a la ocurrencia de cada uno (o a su frecuencia), enseguida se hallan las Frecuencias Acumuladas (f_{ai}) para poder deducir un Nivel de Servicio basado en cada una de ellas, dicho nivel es obtenido al dividir cada una de las frecuencias acumuladas entre la máxima; por otro lado, cada uno de los valores ⁴¹ de demanda se compara con la Demanda Media calculada inicialmente, para deducir el Stock Mínimo que se debería tener en miras de satisfacer cada uno de los respectivos valores de demanda. Así, si se quiere dar cumplimiento a un determinado porcentaje de Nivel de Servicio, ha de seleccionarse el valor correspondiente de stock (unidades), para fabricarlo y contar con éste adicional en cada uno de los periodos en donde se opte por ese nivel.

La adaptación o lo que resulta del método anteriormente comentado, para su empleo en MEDIIMPLANTES, se da alrededor de los siguientes aspectos:

- ✓ Lo que sucede cuando la empresa pretende ofrecer un nivel de servicio del 100%, es que el Stock de Seguridad sea el máximo, de acuerdo con la serie de valores de demanda manejados para cada uno de sus productos implantes. Esto significa que,

⁴¹ Los valores representan los datos. Por ejemplo, si los datos son: 14, 15, 12, 15, 11, 11, 15 y 12 los valores a los que se hace referencia son: 11, 12, 14 y 15.

para asegurar que en NINGÚN periodo se produzca ruptura cuando la demanda real sobrepase la estimación, se toma en consideración “el peor de los casos” para deducir dicho inventario. En los cálculos esto se traduce en que el stock es equivalente al número de unidades que habrían de mantenerse para cubrir la mayor demanda ocurrida históricamente, sin importar si la probabilidad asociada a ella es alta o baja. En última instancia, aunque la ruptura se da a partir del momento en que la demanda sobrepase el estimado que hay de ella, en este caso se desea evitar en su totalidad este evento, por lo tanto se maneja la mayor demanda probable y así procurar un máximo en el nivel de servicio.

- ✓ El valor de Demanda Media, calculada inicialmente y base para las deducciones posteriores, no consiste en promedio de los datos disponibles de acuerdo con las frecuencias, sino que para la aplicación se constituye como el Promedio Móvil correspondiente al periodo en para cual también se desea encontrar el stock. Es decir, la proyección hecha es el estimado sobre el cual se establece el volumen de stock necesario, ya que es éste valor es el que realmente se estima y por lo tanto ya hace parte de los requerimientos de producción.
- ✓ El establecimiento del Stock de Seguridad se lleva a cabo empleando los datos que componen la demanda de cada producto, para el último año.

3. Previsiones extras

OBJETIVO: Atender los cambios⁴² previstos de la demanda en determinado periodo.

Incorporar el juicio de expertos al sistema.

Hasta éste punto, continuando con la construcción del PMP, es posible establecer un estimado de demanda por medio de la Proyección para cada uno de los productos, además, de acuerdo al comportamiento de ésta variable se determina un Stock de Seguridad encargado de absorber el impacto negativo del inevitable ruido que acompaña a la demanda y que el pronóstico no puede predecir. Ambos elementos del PMP hasta

⁴² Cambios a los que no responde inmediatamente la proyección, que desvían la estimación de la realidad y de los cuales se tiene conocimiento.

aquí contemplados, tienen un origen cuantitativo y emplean información histórica de ventas para su deducción.

Sin embargo, aun cuando el pronóstico brinde resultados con una precisión razonable, no incluyen ni considera eventos futuros conocidos que traen consigo un impacto en la demanda, ya que en el momento de establecer el PMP puede haber información disponible acerca de la demanda en el futuro que no se presenta en la historia de la serie. Por otro lado, es importante incorporar el juicio a las estimaciones, la opinión de los expertos debe verse reflejada en la obtención del PMP. Esta información debe incluirse manualmente en el pronóstico.

Esto se constituye en una motivación suficiente para dar creación a un nuevo componente dentro del PMP que, aunque de empleo ocasional, hace que los requerimientos de producción sean más compatibles con la posterior venta real. Dicho componente se ha denominado Previsiones Extras. Resumiendo, se plantea un enfoque en el que se usa un método cuantitativo (Promedios Móviles) para generar una primera estimación y posteriormente se realiza un consenso y validación (componente cualitativo) a cargo de los expertos para finalmente elaborar un PMP con el que todos estén de acuerdo y que, en lo posible, se ajuste a la futura demanda real.

Lo particularmente útil de la previsión es que sirve tanto para incrementar los valores de demanda provenientes de la Proyección y del Stock de seguridad, como para disminuirlos si se considera necesario, es decir, puede asumir valores positivos o negativos que en última instancia se traducen en mayores o menores requerimientos de producción, respectivamente.

RAZONES PARA LA EXISTENCIA DE LAS PREVISIONES

Siempre que de antemano se conozca la ocurrencia de un evento futuro, para el cual el pronóstico rutinario de Promedios Móviles no responderá a los incrementos o decrementos que éstos eventos traen consigo y que generan sobre la demanda, se convierte en un motivo para hacer empleo y generar un valor de Previsión Extra.

Los eventos pueden ser una sola ocurrencia o esporádicos⁴³ y han de generar un cambio momentáneo o permanente en la historia de la demanda, pero en cualquiera de los dos casos será necesario el uso de la “casilla” de previsiones no solo para el mes de su ocurrencia sino para el(los) mes(es) posterior(es) **mientras el método de Promedios Móviles se ajusta a los cambios producidos.**

Finalmente los eventos, dependiendo de su carácter, pueden afectar a un solo artículo, a unos cuantos o a todo el portafolio de productos que ofrezca la empresa en ese momento.

Se consolidan y se resumen, entonces, para MEDIIMPLANTES como los siguientes:

- ✓ Nuevos clientes. La empresa planea un proceso de expansión sobre el territorio nacional, con lo que ha de esperarse que se establezcan nuevos contactos con entidades de salud.
- ✓ Actividades de Marketing. Ejemplos de esto es participar en ferias del sector o hacer visitas, en ambos casos, para establecer contacto con los médicos especialistas. Ellos, en última instancia deciden e influyen la compra de los productos por parte de las entidades de salud.
- ✓ Pérdida radical de un cliente. No por “desvanecimiento” de la demanda de éste a los productos de la empresa sino por ruptura definitiva de contacto comercial con ellos.
- ✓ Ingreso de nuevos productos. Al no tener historia de la demanda de un nuevo artículo, no habrá valores para proyectar, pero no implica que no exista una demanda para él.
- ✓ Cualquier tipo de cambios reales o esperados del clima legal, económico o político, que influyan de manera notoria en la demanda venidera y que no serán contemplados en la proyección.
- ✓ Descuentos. Aunque no ocurre éste tratamiento en el manejo de los implantes como suministros para la salud, la empresa y sus entidades clientes pueden acordar un descuento que promueva que éstas últimas se sobre abastezcan en el periodo en que fue dada la baja en el precio y no necesiten realizar compras en los meses siguientes. Sin embargo, se contempla la posibilidad en caso de una eventual ocurrencia.

⁴³ Sin ningún tipo de periodicidad.

- ✓ Ajustes a la Proyección y al Stock de Seguridad. Además de los conocimientos, la experiencia y la intuición que posea el encargado de la elaboración del PMP, una posición pesimista u optimista asumida por él pueden hacerle parecer que tanto la proyección como el inventario de seguridad encontrados cuantitativamente, no guardan relación del todo con lo que él concibe será la demanda del mes. Luego las previsiones representan una oportunidad para que el experto haga los ajustes que considere convenientes.

Por ejemplo, en caso de que la proyección de un producto para determinado mes sea cero, el stock de seguridad también lo será pero no se cree conveniente el no contar con existencias del producto, situación en la cual se manda a producir un número de unidades.

- ✓ En general, cualquier otro motivo conocido que impacte en la demanda, que en el momento de la elaboración del PMP no se presenta en la historia de la misma y que por lo tanto de manera inmediata, la proyección no contempla.

4. Inventario inicial

OBJETIVO: descontar las existencias físicas de un artículo de las necesidades brutas⁴⁴ de producción en un periodo determinado

Por último, se tiene el Inventario Inicial como uno de los componentes del PMP en su elaboración periódica. Concluido totalmente un mes, además de recolectar la información de demanda real ocurrida durante él para cada uno de los productos, es necesario recoger información relacionada con la cantidad de existencias presentes (especificando su referencia) en el momento en que se dará pie al establecimiento del PMP para el siguiente periodo.

Consiste entonces, en llevar a cabo un conteo físico⁴⁵ de las unidades de producto terminado presentes como inventario justo en el momento de transición de un periodo al

⁴⁴ Total que contempla los componentes Proyección, Stock de Seguridad y Previsiones Extras.

⁴⁵ Ésta tarea se ejecuta actualmente pero no directamente como paso previo en la programación de la producción, sino mas como un mecanismo de control.

siguiente. Posteriormente dicha información, obtenida para cada una de las referencias de productos, será descontada o restada del monto acumulado por los demás componentes del PMP (Proyección, Stock de Seguridad y Previsiones Extras) previamente establecidos. Por obvias razones, éste elemento tiene que incluirse en la determinación de los requerimientos reales o netos de producción, pues no todo lo que se pronostique ha de ser vendido, lo cual deja remanentes de artículos, que a su vez mas adelante harán que no todo lo que se pronostique tanga que ser fabricado.

7.4.2 Ajuste del PMP

Una vez el PMP es establecido de manera preliminar, proveniente de la exploración externa, o dicho de otro modo, del análisis de la demanda de productos y los clientes, se procede a dar un vistazo al interior de la empresa para comparar que la capacidad de producción puede soportar las necesidades de producto, de lo contrario el paso a seguir es acoplar dicho programa preliminar para que sea, en lo posible viable y obtener finalmente un PMP modificado y de real materialización.

Para llegar a un PMP factible, es necesario efectuar un proceso minucioso de análisis a nivel operativo de todos los recursos relacionados con la producción; en éste punto, para MEDIIMPLANTES, se ha propuesto un enfoque y un proceder guiados por la Teoría de Restricciones que condensa el manejo en lo concerniente al PMP, como lo siguiente: "...el toque de tambor (PMP para la planta) es una función de las modificaciones requeridas para hacer que la demanda potencial del mercado coincida con la capacidad física y las aptitudes de la misma. Como se mencionó, es de suma importancia reconocer y concentrarse en los RRC (Recursos Restrictivos de Capacidad) del sistema cuando se trata de determinar cuál es el ritmo apropiado del tambor"⁴⁶. Todo esto, debido a que los RRC son quienes determinan el rendimiento global del sistema, el flujo propuesto de los productos requeridos para apoyar el plan de producción no deben sobrecargar las capacidades procesadoras de los recursos para en últimas establecer un volumen de producción que tanto el mercado como la planta puedan respaldar.

⁴⁶ UMBLE, Op. cit., p. 138.

Este segundo paso para obtener un PMP modificado y coherente, basado en el análisis de la capacidad del sistema productivo, es tema que se trata con profundidad en el Capítulo 8. Las etapas que se dan para el ajuste se muestran brevemente a continuación.

1. Arreglo del PMP durante la Fase 0

En realidad en este punto aun no se procede a evaluar la capacidad del sistema para advertir que tanto puede respaldar los requisitos de demanda, sin embargo, en ésta Fase 0 el PMP sufre un arreglo, no con respecto a las cantidades a producir sino en relación al orden en que se han de elaborar los artículos, teniendo en cuenta que inicialmente el PMP es establecido como una lista de requerimientos sin ningún orden o prioridad pero que al fin de cuentas su limite en tiempo de entrega es el mismo . Ver Capítulo 8, sección 8.5.1.

2. Ajuste del PMP durante la Fase 2

En general, en términos de E. Goldratt, las empresas pueden estar restringidas por el mercado o por la producción. En el primer caso, la estrategia es aumentar la demanda de sus productos. Mientras que en el segundo caso, la preocupación debe girar en torno a encontrar alternativas que mejoren la respuesta de las restricciones del sistema pues hay problemas para atender la demanda que sobre él se impone; pero si aun habiendo conseguido una mejora en el rendimiento de dichas limitaciones el sistema continúa sin satisfacer la totalidad de la demanda, tendrá que decidirse que porción de ella no se atenderá, mientras se encuentra una solución de mayor impacto que incremente la capacidad radicalmente. Cualquiera de las dos situaciones se puede presentar en MEDIIMPLANTES, tanto hoy como en un futuro, razón por la cual se ha propuesto un tratamiento para cada una de ellas.

Retomando, se menciono una situación en la cual no es posible atender la totalidad de la demanda y que, por consiguiente, es necesario establecer que productos y en que

cantidades dejaran de producirse por falta de capacidad. En éste momento es cuando el PMP propuesto debe ajustarse para encontrar uno definitivo y de ejecución factible.

Una vez mas, éste punto es tratado en el Capítulo 8, sección 8.5.3.

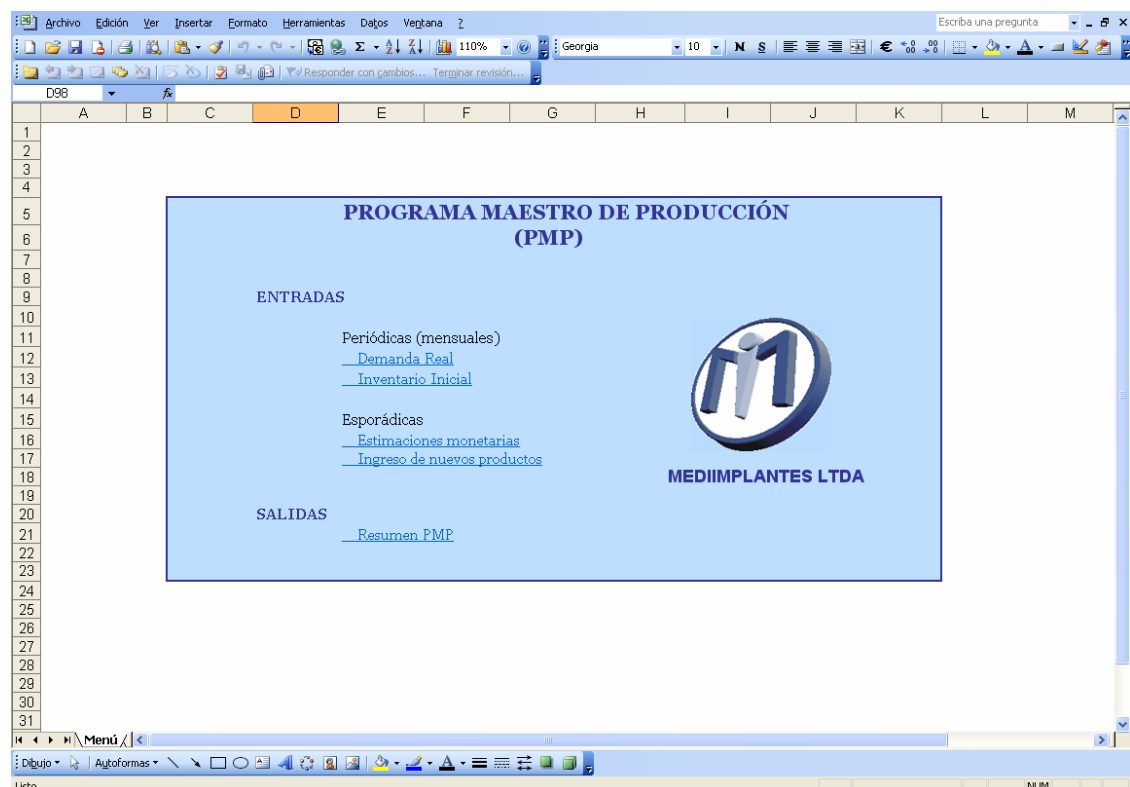
7.5 HERRAMIENTA DEL PMP

OBJETIVO: Facilitar el establecimiento periódico del PMP

MENÚ

Es la hoja inicial o la presentación de la herramienta en donde se encuentran todos los enlaces que guían a través de los aspectos que se deben considerar en la obtención del PMP. Se puede acceder a cada uno de ellos haciendo click en el vínculo correspondiente.

Figura 32. Ventana Menú de la Herramienta del PMP



Fuente: Herramienta del PMP.

Éstos están agrupados bajo dos clasificaciones: entradas y salidas. A su vez, las entradas se catalogan como Periódicas o Esporádicas; las periódicas son aquellas que se deben ingresar cada vez que se proceda a establecer el PMP (mensualmente) y son la Demanda Real y el Inventario Inicial para cada uno de los productos; mientras que las entradas Esporádicas son aquellas que han de ingresarse a la herramienta si ha habido algún cambio o novedad en ellas y son las Estimaciones Monetarias y el Ingreso de Nuevos Productos, dicho de otra forma, estos hacen el papel de parámetros de la herramienta, entre otros tantos.

Por su parte, las salidas se constituyen en un Resumen final del PMP.

En cada una de las ventanas que se enunciarán a continuación, en la parte superior se presenta la opción de regresar al menú principal. Por otro lado, las celdas de color azul indican que son celdas de entrada de datos.

BASE DE DATOS

Antes de comenzar a dar descripción, paso a paso, del uso de la herramienta, se procede a comentar sobre esta hoja que contiene información básica y frecuentemente empleada en el desarrollo del PMP.

Figura 33. Ventana Base de Datos de la Herramienta del PMP

Periodo	Mes	Año	Barra longitudinal x 50	Barra longitudinal x 60	Barra longitudinal x 70	Barra longitudinal x 80	Barra longitudinal x 90	Barra longitudinal x 110	Barra longitudinal x 130	Barra longitudinal x 150	Barra longitudinal x 180
100-2-1-50			\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.800	\$ 1.800	\$ 1.800	\$ 1.800	\$ 1.800	\$ 2.000
CUF			\$ 2.638.688	\$ 2.638.688	\$ 2.638.688	\$ 2.925.365	\$ 2.925.365	\$ 2.925.365	\$ 2.925.365	\$ 2.925.365	\$ 2.925.365
10	Octubre	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Noviembre	2002	2	2	0	0	0	0	0	0	0
12	Diciembre	2002	2	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Enero	2003	2	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Febrero	2003	4	0	2	6	2	0	0	0	0
15	Marzo	2003	2	0	2	0	2	0	0	0	0
16	Abril	2003	0	6	0	2	4	0	0	0	2
17	Mayo	2003	0	4	0	4	6	4	0	0	0
18	Junio	2003	0	0	0	5	5	0	0	0	0
19	Julio	2003	2	0	0	2	2	2	0	0	0
20	Agosto	2003	4	2	2	0	0	2	0	0	0
21	Septiembre	2003	0	0	2	0	4	0	2	0	0
22	Octubre	2003	2	0	4	3	2	0	0	2	0
23	Noviembre	2003	2	2	6	11	5	0	0	1	0
24	Diciembre	2003	7	8	0	3	0	0	2	0	0
25	Enero	2004	2	2	0	2	2	0	0	0	0
26	Febrero	2004	0	2	0	0	4	0	0	0	0
27	Marzo	2004	2	0	0	2	2	2	0	0	0
28	Abril	2004	0	0	2	3	15	0	0	0	0
29	Mayo	2004	4	2	0	6	0	0	0	1	0
30	Junio	2004	0	0	0	0	0	0	0	1	0
31	Julio	2004	0	2	0	0	2	0	0	0	0
32	Agosto	2004	2	2	2	0	0	2	0	0	0
33	Septiembre	2004	0	0	5	3	0	3	0	0	0
34	Octubre	2004	2	3	2	0	0	4	0	2	0
35	Noviembre	2004	4	2	1	5	6	0	1	0	0
36	Diciembre	2004	2	2	2	2	2	0	0	0	0
37	Enero	2005	6	0	0	6	4	0	0	0	0
38	Febrero	2005	10	5	4	11	0	0	0	0	0
39	Marzo	2005	4	0	0	10	6	0	1	0	0

Fuente: Herramienta del PMP.

Como su nombre lo indica, en ésta hoja se almacenan sistemáticamente un conjunto de datos que pertenecen a un mismo contexto y que serán llamados para su uso posterior. Allí, para todas y cada una de las referencias de productos⁴⁷ existentes (especificadas por nombre y número de referencia) se tiene un valor correspondiente de demanda real ocurrida durante cada uno de los meses, desde que MEDIIMPLANTES dio inicio a su comercialización (2002) hasta el actual periodo del que se tiene información, por supuesto éste último va renovándose conforme pasa el tiempo y va acumulándose y almacenándose de forma ordenada junto con la información de demanda ya existente. El periodo es puntualizado con mes y año.

Además, a cada uno de los productos se le asocian dos valores: el Costo Unitario de Faltante y el Costo Unitario de Exceso.

⁴⁷ Productos de demanda independiente.

ENTRADAS PERIÓDICAS

Demanda Real

En ésta ventana se muestra el listado de productos⁴⁸ (nombre y referencia) que actualmente se manejan. Aquí se ingresa mensualmente, para cada uno de ellos, el valor real correspondiente a la demanda que acaba de ocurrir, especificando el mes y el año correspondiente. Una vez se ha ingresado en las celdas azules los valores mencionados, se da click en el botón “Cargar Datos” para que éstos sean almacenados en la base de datos comentada anteriormente.

Figura 34. Ventana Demanda Real de la Herramienta del PMP

	A	B	E
	NOMBRE	REFERENCIA	DEMANDA REAL (unidades)
4	Barra longitudinal x 50	100-2-1-50	12
5	Barra longitudinal x 60	100-2-1-60	14
6	Barra longitudinal x 70	100-2-1-70	15
7	Barra longitudinal x 80	100-2-1-80	12
8	Barra longitudinal x 90	100-2-1-90	10
9	Barra longitudinal x 110	100-2-1-110	9
10	Barra longitudinal x 130	100-2-1-130	5
11	Barra longitudinal x 150	100-2-1-150	0
12	Barra longitudinal x 180	100-2-1-180	0
13	Barra longitudinal x 210	100-2-1-210	0
14	Barra longitudinal x 300	100-2-1-300	0
15	Barra longitudinal x 480	100-2-1-480	0
16	Barra transversa x 60	100-2-3-60	16
17	Barra transversa x 80	100-2-3-80	14
18	Barra transversa x 100	100-2-3-100	10
19	Gancho laminar mediano	100-4-3-M	2
20	Gancho laminar de red.	100-4-3-MR	3
21	Gancho pedicular	100-4-4	1
22	Gancho pedicular de red.	100-4-4R	4
23	Gancho torácico	100-4-5	2
24	Gancho torácico de red.	100-4-5R	5
25	Tornillo poliaxial 5.0 x 30	100-5-PT-30	10
26	Tornillo poliaxial 5.0 x 35	100-5-PT-35	10
27	Tornillo poliaxial 5.0 x 40	100-5-PT-40	15
28	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30	100-5-PTR-30	
29	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35	100-5-PTR-35	
30	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40	100-5-PTR-40	
31	Tornillo poliaxial 6.0 x 30	100-5-PL-30	
32	Tornillo poliaxial 6.0 x 35	100-5-PL-35	
33	Tornillo poliaxial 6.0 x 40	100-5-PL-40	

MES: Enero

AÑO: 2006

BORRAR DATOS ANTERIORES

CARGAR DATOS

Logo: MEDIIMPLANTES LTDA

Fuente: Herramienta del PMP.

El botón “Borrar datos anteriores” es empleado inicialmente para limpiar las celdas en las que se dará el ingreso de las demandas reales.

⁴⁸ Productos de demanda independiente.

Figura 35. Zoom Celdas de ingreso de la fecha de la Demanda Real

MES
Enero

AÑO
2006

BORRAR DATOS ANTERIORES

CARGAR DATOS

Fuente: Herramienta del PMP.

Inventario Inicial

De nuevo, los productos son listados en ésta ventana, junto con unas celdas en donde se ingresan, para cada uno, los valores de las unidades que hay en inventario en el momento de la elaboración del PMP. Estos valores no son almacenados.

Figura 36. Ventana Inventario Inicial de la Herramienta del PMP

	NOMBRE	REFERENCIA	INVENTARIO INICIAL (unidades)
1	Barra longitudinal x 50	100-2-1-50	1
2	Barra longitudinal x 60	100-2-1-60	0
3	Barra longitudinal x 70	100-2-1-70	0
4	Barra longitudinal x 80	100-2-1-80	0
5	Barra longitudinal x 90	100-2-1-90	0
6	Barra longitudinal x 110	100-2-1-110	1
7	Barra longitudinal x 130	100-2-1-130	0
8	Barra longitudinal x 150	100-2-1-150	2
9	Barra longitudinal x 180	100-2-1-180	2
10	Barra longitudinal x 210	100-2-1-210	2
11	Barra longitudinal x 300	100-2-1-300	3
12	Barra longitudinal x 480	100-2-1-480	3
13	Barra transversa x 60	100-2-3-60	1
14	Barra transversa x 80	100-2-3-80	1
15	Barra transversa x 100	100-2-3-100	1
16	Gancho laminar mediano	100-4-3-M	2
17	Gancho laminar de red.	100-4-3-MR	2
18	Gancho pedicular	100-4-4	2
19	Gancho pedicular de red.	100-4-4R	0
20	Gancho torácico	100-4-5	2
21	Gancho torácico de red.	100-4-5R	3
22	Tornillo poliaxial 5.0 x 30	100-5-PT-30	0
23	Tornillo poliaxial 5.0 x 35	100-5-PT-35	0
24	Tornillo poliaxial 5.0 x 40	100-5-PT-40	0
25	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30	100-5-PTR-30	8
26	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35	100-5-PTR-35	7
27	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40	100-5-PTR-40	7
28	Tornillo poliaxial 6.0 x 30	100-5-PL-30	
29	Tornillo poliaxial 6.0 x 35	100-5-PL-35	
30	Tornillo poliaxial 6.0 x 40	100-5-PL-40	
31	Tornillo poliaxial 6.0 x 45	100-5-PL-45	
32	Tornillo poliaxial 6.0 x 50	100-5-PL-50	
33	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 30	100-5-PLR-30	
34	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 35	100-5-PLR-35	

Fuente: Herramienta del PMP.

Igualmente que la ventana anterior, se tiene un botón de “Borrar datos anteriores”, empleado inicialmente para limpiar las celdas en las que se dará el ingreso de las unidades de inventario.

ENTRADAS ESPORÁDICAS

Estimaciones Monetarias

Cuando se habla de Estimaciones Monetarias, se hace referencia a los valores deducidos para los costos unitarios de faltante y de exceso para cada uno de los productos. En esta ventana dichos valores son actualizados en caso de presentarse algún cambio en los datos que son empleados para calcularlos. Simplemente se procede a reemplazar el dato presente hasta el momento, el cual es mostrado en las celdas de color azul. Terminadas las actualizaciones de los costos para los productos que lo requerían, se da click en el botón “Cargar Datos” para que éstos sean almacenados en la base de datos comentada anteriormente.

Figura 37. Ventana Estimaciones Monetarias de la Herramienta del PMP

	NOMBRE	REFERENCIA	Costo Unitario de Exceso (pesos)	Costo Unitario de Faltante (pesos)
1	Barra longitudinal x 50	100-2-1-50	\$ 1.500	\$ 2.638,688
2	Barra longitudinal x 60	100-2-1-60	\$ 1.500	\$ 2.638,688
3	Barra longitudinal x 70	100-2-1-70	\$ 1.500	\$ 2.638,688
4	Barra longitudinal x 80	100-2-1-80	\$ 1.800	\$ 2.925,365
5	Barra longitudinal x 90	100-2-1-90	\$ 1.800	\$ 2.925,365
6	Barra longitudinal x 110	100-2-1-110	\$ 1.800	\$ 2.925,365
7	Barra longitudinal x 130	100-2-1-130	\$ 1.800	\$ 2.925,365
8	Barra longitudinal x 150	100-2-1-150	\$ 1.800	\$ 2.925,365
9	Barra longitudinal x 180	100-2-1-180	\$ 1.800	\$ 2.925,365
10	Barra longitudinal x 210	100-2-1-210	\$ 2.500	\$ 3.000,549
11	Barra longitudinal x 300	100-2-1-300	\$ 3.000	\$ 3.240,871
12	Barra longitudinal x 480	100-2-1-480	\$ 4.000	\$ 3.888,504
13	Barra transversa x 60	100-2-3-60	\$ 1.600	\$ 2.751,037
14	Barra transversa x 80	100-2-3-80	\$ 1.600	\$ 2.751,037
15	Barra transversa x 100	100-2-3-100	\$ 1.600	\$ 2.751,037
16	Gancho laminar mediano	100-4-3-M	\$ 5.200	\$ 8.503,247
17	Gancho laminar de red.	100-4-3-MR	\$ 7.000	\$ 9.754,123
18	Gancho pedicular	100-4-4	\$ 5.200	\$ 8.503,247
19	Gancho pedicular de red.	100-4-4R	\$ 7.000	\$ 9.754,123
20	Gancho torácico	100-4-5	\$ 5.200	\$ 8.503,247
21	Gancho torácico de red.	100-4-5R	\$ 7.000	\$ 9.754,123
22	Tornillo poliaxial 5,0 x 30	100-5-PT-30	\$ 1.500	\$ 1.258,764
23	Tornillo poliaxial 5,0 x 35	100-5-PT-35	\$ 1.500	\$ 1.258,764
24	Tornillo poliaxial 5,0 x 40	100-5-PT-40	\$ 1.500	\$ 1.258,764
25	Tornillo poliaxial red. 5,0 x 30	100-5-PTR-30	\$ 1.500	\$ 1.560,003
26	Tornillo poliaxial red. 5,0 x 35	100-5-PTR-35	\$ 1.500	\$ 1.560,003
27	Tornillo poliaxial red. 5,0 x 40	100-5-PTR-40	\$ 1.500	\$ 1.560,003
28	Tornillo poliaxial 6,0 x 30	100-5-PL-30	\$ 1.500	\$ 1.258,764
29	Tornillo poliaxial 6,0 x 35	100-5-PL-35	\$ 1.500	\$ 1.258,764
30	Tornillo poliaxial 6,0 x 40	100-5-PL-40	\$ 1.500	\$ 1.258,764
31	Tornillo poliaxial 6,0 x 45	100-5-PL-45	\$ 1.500	\$ 1.258,764
32	Tornillo poliaxial 6,0 x 50	100-5-PL-50	\$ 1.500	\$ 1.258,764
33	Tornillo poliaxial red. 6,0 x 30	100-5-PLR-30	\$ 1.500	\$ 1.560,003
34	Tornillo poliaxial red. 6,0 x 35	100-5-PLR-35	\$ 1.500	\$ 1.560,003

Fuente: Herramienta del PMP.

Ingreso de Nuevos productos

Para ingresar un nuevo producto de demanda independiente, se recurre directamente a la hoja donde se encuentra la Base de Datos. Allí, a cada producto le corresponde una columna para el almacenamiento de su respectiva información, entonces, el nombre y la referencia del nuevo artículo ha de anotarse en la siguiente columna vacía y disponible para ello, esto es, al lado derecho la final de la hoja. De manera automática, será tenido en cuenta para todos los cálculos y se modificarán las ventanas en donde muestra una lista de productos.

Figura 38. Zoom Celdas de Ingreso de nuevos productos

A	B	C	BJ	BK	BL	BM	BN
			59	60	61	62	63
		Volver al Menú	Shans o pin toráxico medimax	Shans o pin lumbar medimax	Shans o pin sacro medimax		
odo	Mes	Año	102-2-T	102-2-L	102-2-S		
		CUE	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500		
		CUF	\$ 2.638.688	\$ 2.638.688	\$ 2.638.688		
1	Enero	2002	0	0	0		
2	Febrero	2002	0	0	0		
3	Marzo	2002	0	0	0		
4	Abril	2002	0	0	0		
5	Mayo	2002	0	0	0		
6	Junio	2002	2	6	0		
7	Julio	2002	4	8	0		
8	Agosto	2002	0	0	0		

Fuente: Herramienta del PMP.

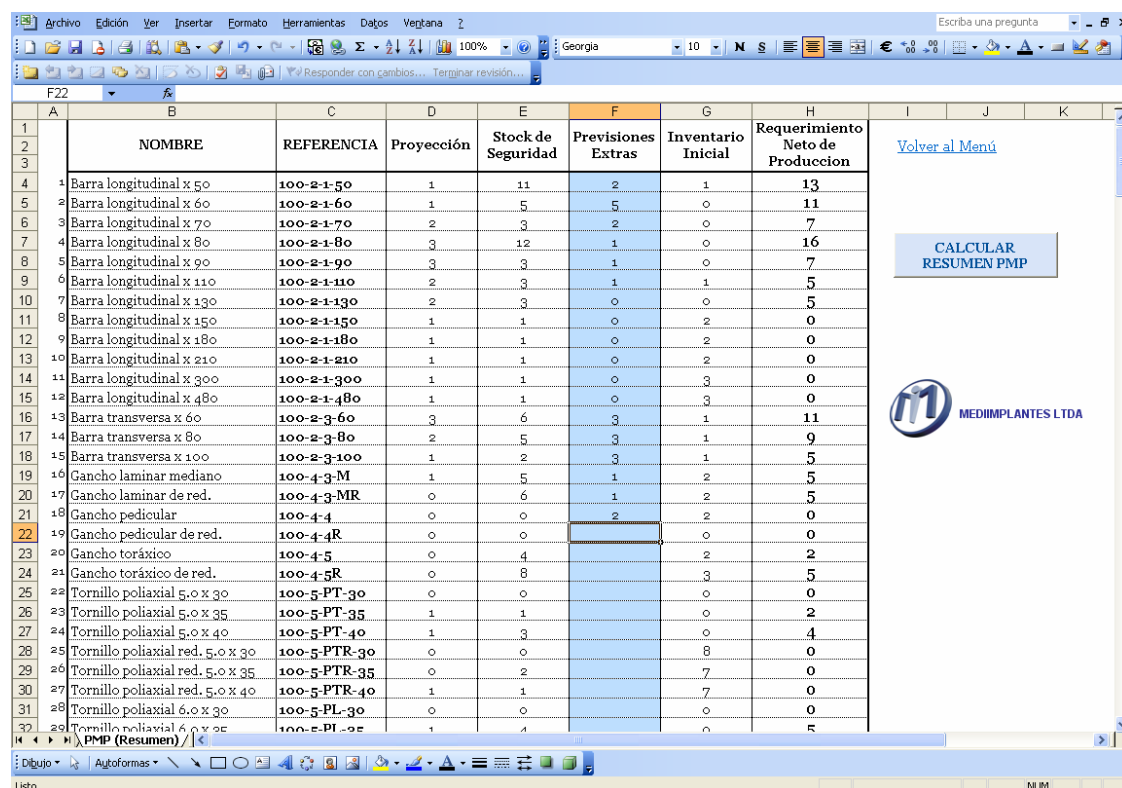
SALIDAS

Resumen del PMP

En ésta ventana, se muestra cada uno de los componentes del PMP y sus valores correspondientes para el mes vigente y el resultado neto que muestra cuales son los requerimientos reales de producción.

Como se ha dicho los componentes son: Proyección, Stock de Seguridad, Previsiones Extras e Inventario Inicial. Los dos primeros son calculados internamente, según se ha descrito anteriormente en éste capítulo, mientras que el Inventario Inicial es presentar en ésta ventana los valores que se ingresaron anteriormente. Por su parte, las Previsiones se constituyen como una entrada, pero su ingreso se ha establecido en la presente ventana y no de manera independiente, ya que a la par con su introducción de datos, se permite visualizar la dimensión de los otros componentes del PMP y de alguna manera facilitar su propio establecimiento.

Figura 39. Ventana Resumen de la Herramienta del PMP



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		NOMBRE	REFERENCIA	Proyección	Stock de Seguridad	Previsiones Extras	Inventario Inicial	Requerimiento Neto de Producción			
1											
2											
3											
4	1	Barra longitudinal x 50	100-2-1-50	1	11	2	1	13			
5	2	Barra longitudinal x 60	100-2-1-60	1	5	5	0	11			
6	3	Barra longitudinal x 70	100-2-1-70	2	3	2	0	7			
7	4	Barra longitudinal x 80	100-2-1-80	3	12	1	0	16			
8	5	Barra longitudinal x 90	100-2-1-90	3	3	1	0	7			
9	6	Barra longitudinal x 110	100-2-1-110	2	3	1	1	5			
10	7	Barra longitudinal x 130	100-2-1-130	2	3	0	0	5			
11	8	Barra longitudinal x 150	100-2-1-150	1	1	0	2	0			
12	9	Barra longitudinal x 180	100-2-1-180	1	1	0	2	0			
13	10	Barra longitudinal x 210	100-2-1-210	1	1	0	2	0			
14	11	Barra longitudinal x 300	100-2-1-300	1	1	0	3	0			
15	12	Barra longitudinal x 480	100-2-1-480	1	1	0	3	0			
16	13	Barra transversa x 60	100-2-3-60	3	6	3	1	11			
17	14	Barra transversa x 80	100-2-3-80	2	5	3	1	9			
18	15	Barra transversa x 100	100-2-3-100	1	2	3	1	5			
19	16	Gancho laminar mediano	100-4-3-M	1	5	1	2	5			
20	17	Gancho laminar de red.	100-4-3-MR	0	6	1	2	5			
21	18	Gancho pedicular	100-4-4	0	0	2	2	0			
22	19	Gancho pedicular de red.	100-4-4R	0	0		0	0			
23	20	Gancho torácico	100-4-5	0	4		2	2			
24	21	Gancho torácico de red.	100-4-5R	0	8		3	5			
25	22	Tornillo poliaxial 5.0 x 30	100-5-PT-30	0	0		0	0			
26	23	Tornillo poliaxial 5.0 x 35	100-5-PT-35	1	1		0	2			
27	24	Tornillo poliaxial 5.0 x 40	100-5-PT-40	1	3		0	4			
28	25	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30	100-5-PTR-30	0	0		8	0			
29	26	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35	100-5-PTR-35	0	2		7	0			
30	27	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40	100-5-PTR-40	1	1		7	0			
31	28	Tornillo poliaxial 6.0 x 30	100-5-PL-30	0	0		0	0			
32	29	Tornillo poliaxial 6.0 x 35	100-5-PL-35	1	4		0	5			

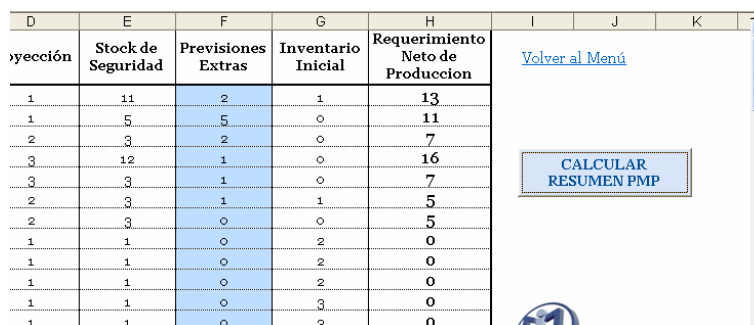
Botón: **CALCULAR RESUMEN PMP**

Logo: **MEDIMPLANTES LTDA**

Fuente: Herramienta del PMP.

Finalmente, después de haber determinado el valor de previsión para cada uno de las referencias, se da click en el botón “Calcular Resumen PMP” para que sean computados los datos y la columna Requerimiento Neto de Producción obtenga sus respectivos valores.

Figura 40. Zoom de la Ventana Resumen



	D	E	F	G	H	I	J	K
	Proyección	Stock de Seguridad	Previsiones Extras	Inventario Inicial	Requerimiento Neto de Producción			
1	11		2	1	13			
1	5		5	0	11			
2	3		2	0	7			
3	12		1	0	16			
3	3		1	0	7			
2	3		1	1	5			
2	3		0	0	5			
1	1		0	2	0			
1	1		0	2	0			
1	1		0	3	0			
1	1		0	3	0			

Botón: **CALCULAR RESUMEN PMP**

Logo: **MEDIMPLANTES LTDA**

Fuente: Herramienta del PMP.

8. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

8.1 INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de información que se maneja en las diferentes empresas y los beneficios derivados de su uso, hacen necesario el empleo de sistemas que faciliten el acceso a la información requerida en un momento específico así como el manejo de la misma para la posterior toma de decisiones.

Para dar cumplimiento al objetivo planteado por el presente proyecto, diseñar e implementar un sistema que permita la programación y control de la producción para MEDIIMPLANTES, se dio pie a crear una herramienta software que automatiza el proceso de toma de decisiones en lo concerniente a la dichos aspectos de producción, en donde se ve involucrado un gran y diverso número de variables que además interactúan entre sí. De éste modo se podrán obtener resultados rápidos y exactos que de otra forma implicaría una complicación si dichas tareas fueran manejadas únicamente por la capacidad de la persona encargada, sometiendo posiblemente a que los resultados obtenidos estén sujetos a cierto grado de demoras, errores y subjetividad.

Nombre del Software: Tool.

Objetivo: facilitar la programación y control de la producción de MEDIIMPLANTES, siendo una herramienta que almacena y procesa información, que muestra el estado de sistema productivo en cuanto a su capacidad y que, por medio de indicadores, guía la toma de decisiones a nivel operativo en términos de la Meta.

Realizadores: el análisis de requisitos, las especificaciones⁴⁹ y el diseño del software fueron realizados por las autoras del presente proyecto con base en la filosofía descrita en

⁴⁹ Describir detalladamente el software a ser escrito, en una forma matemáticamente rigurosa.

el Capítulo 5 y en otros aspectos relacionados con la gestión de las operaciones de manufactura. La reducción del diseño a código (programación) del software como tal, fue realizada por un Ingeniero de Sistemas, quien fue seleccionado, dentro de un número escaso de opciones, después de evaluar factores tales como: el costo, tiempo de entrega, conocimientos del PAV⁵⁰ y trabajo respaldado por licencia, éste último de gran importancia para la implementación del software en la empresa.

Plataforma: “Tool” ha sido desarrollado en la plataforma Microsoft Visual Studio 2005, ésta es una suite comercial de programación para el sistema operativo Microsoft Windows y está conformada por varios lenguajes de programación, entre ellos Visual C++ y Visual Basic.

8.2 ENTRADAS

Hace referencia a la información que debe ser ingresada por el usuario periódicamente o en cada oportunidad que se proceda a realizar la programación de la producción.

- PMP (que contiene todos los artículos de demanda independiente)
 - o Proyección (unidades)
 - o Stock de Seguridad (unidades)
 - o Previsiones Extras (unidades)
 - o Inventario Inicial (unidades)
- Indicadores
 - o Monto de cada gasto de operación (\$)
 - o Monto de cada cuenta de efectivo (\$)
 - o Monto de cada rubro que forma parte del inventario (\$)

⁵⁰ Problema del Agente Viajero o Traveler Salesman Problem.

8.3 PARÁMETROS

Es una condición variable a la que se asignan unos valores determinados y fijos, se establecen internamente en el desarrollo de un programa, se puede cambiar su valor cada vez que sea necesario pero no necesitan ser ingresados cada vez que de vaya a llevar a cabo la programación de la producción.

- Sistemas (N)
- Productos (N)
- Grupos (N)
- Componentes (N)
- Referencia (N)
- Artículos dependientes (N)
- Relación que indica la dependencia (unidades)
- Costo de la Materia Prima (titanio) (pesos/milímetro)
- Tipo de Titanio que emplea cada referencia (que especifica el diámetro)
- Cantidad de materia prima consumida por un artículo (milímetros)
- Precio de venta por referencia (pesos)
- Centros de Trabajo (N)
- Tiempo base, tl_{t-1} = total de tiempo laborable normal en el periodo t-1(minutos)
- Tiempo extra prefijado, $te_{prefijado}$ = tiempo laborable extra previamente fijado en el periodo t-1 (minutos)
- Porcentaje de Asignación Tope (%)
- Porcentaje de Recurso de Capacidad Limitada (%)
- Número de operarios si el centro de trabajo es “artesanal” o número de máquinas, que realizan una misma labor
- Salario básico del encargado de un centro de trabajo (\$/hora)
- Valor de la hora extra (\$/hora)
- Retardo inicio (minutos)
- Herramientas por cada centro de trabajo (N)
- Tiempo de Montaje (seg)

- Tiempo de Desmontaje (seg)
- Tiempo de Compensación (seg)
- Operaciones que se realizan en cada centro de trabajo (N)
- Capacidad, si se trabajan piezas simultáneamente en una operación (unidades)
- Tiempo de Llamar Programa (seg)
- Tiempo de Alistamiento Básico (seg)
- Porcentaje de Contingencia (%)
- Tiempo de Compensar Herramienta Patrón (seg)
- Rutas (N)
- Centro de trabajo hasta donde llega el tratamiento de los tiempos variables (N)
- Tiempo de Cero de Pieza (seg)
- Tiempo de Máquina (seg)
- Tiempo de Operario (seg)
- Tiempo de Operario-Máquina (seg)
- Descripción, cuenta de efectivo (N)
- Gastos de operación, grupos (N)
- Descripción, gasto de operación en detalle (N)
- Fila que le corresponde en el balance general (N)
- Columna que le corresponde en el balance general (N)
- Descripción, inventarios (N)
- Fila que le corresponde en el PUC⁵¹ (N)
- Columna que le corresponde en el PUC (N)
- Descripción, cuenta de efectivo (N)
- Fila que le corresponde en el PUC (N)
- Columna que le corresponde en el PUC (N)

Relaciones

- Asignación de referencias a productos a un sistema, de un grupo a un producto, de las referencias que tiene un producto
- Asignación de los componentes a un producto

⁵¹ Plan Único de Cuentas.

- Asignación de artículos dependientes a artículos de demanda independiente
- Asignación de herramientas a una operación
- Establecimiento de las rutas posibles para procesar cada referencia
- Asignación de los centros de trabajo, ordenados, para cada referencia
- Asignación de las operaciones que se relacionan con un producto
- Asignación de las herramientas involucradas en cada operación

8.4 SALIDAS

Hace referencia a la información resultado que es presentada por el software en cada ocasión que se proceda a programar la producción.

- Programas
 - o Programa de Recurso Cuello de Botella, Recurso Restrictivo de Capacidad o Recurso más lento
 - o Programa de Liberación de Materiales, según el recurso encontrado anteriormente
- Mensaje: Restricción Mercado
- Indicadores del periodo
 - o Throughput
 - o Inventarios
 - o Gastos de operación
 - o Utilidad neta
 - o Flujo de Efectivo
 - o Rendimiento sobre la Inversión

8.5 PROCESO DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Goldratt⁵² deja claro que una empresa no gana dinero de forma ilimitada ya que existen restricciones que coartan su capacidad para hacerlo. Entonces, para acercarse a dicha meta MEDIIPLANTES debe encontrar cuales son sus restricciones tanto físicas como políticas, para que una vez conocidas, pueda enfocar tiempo, esfuerzos y recursos en tratar de forma puntual los aspectos locales que contribuyen al logro del objetivo global de la empresa.

Si se trata de las restricciones políticas, dentro de las que se incluyen las administrativas y conductuales, tal y como se concluyó en la sección 5.2, en MEDIIPLANTES no se constituyen como un obstáculo en el logro de las metas globales.

En este punto se hace énfasis en las restricciones de tipo físico que están directamente involucradas en la programación operativa de la producción y por lo tanto en la elaboración del software. Estas restricciones físicas contempladas son: el mercado, los operarios, las máquinas y/o las herramientas, de las cuales la última no constituye una restricción para el sistema, razones igualmente expuestas durante el apartado 5.2.

Como primera medida, según el enfoque sistemático de TOC, se procede a determinación de dichas restricciones, para este fin existen algunas alternativas como lo son: la experiencia, la expeditación y el procesamiento de datos. Como se mencionó en apartados anteriores, en este caso se optó principalmente por la realización de un cálculo que involucra información de demanda, tiempos de operación, tiempos de preparación, y tiempo disponible de trabajo.

Siendo así, la detección del cuello de botella consiste en comparar, para cada uno de los recursos, el tiempo requerido (carga) necesario para procesar la demanda de los productos que necesitan de él, con el tiempo disponible (disponibilidad) que tiene dicho recurso para su procesamiento en cierto periodo de tiempo. Si la disponibilidad de un

⁵² GOLDRATT, Eliyahu. La Meta. 7ªed. Ciudad de México: Ediciones Castillo, 1998.

recurso es menor o igual que la carga que se le impone, entonces se tendrá un recurso cuello de botella.

Para MEDIIMPLANTES o en general para cualquier caso, la disponibilidad neta de tiempo empleada para la producción como tal en un recurso específico, se obtiene descontando de la jornada laboral establecida, unos tiempos necesarios (según el caso) para la preparación de la máquina, el aseo o mantenimiento de la misma, los descansos de los operarios y demás necesidades de tiempo que de alguna forma no sean para la producción, entendida como la generación de unidades, y que de los cuales se tenga conocimiento. Por ello, toda esta información debe ser definida de forma previa a la realización del cálculo para determinar si el recurso que se esté analizando es o no una restricción. Todos estos tiempos que se sustraen de la jornada de trabajo, son determinados con anterioridad ya sea porque fueron establecidos por un estudio de tiempos, como en el caso de los tiempos de preparación, o simplemente porque se asigna arbitrariamente un lapso de tiempo dependiendo del fin para el que se necesite.

Si se habla de los tiempos de preparación, se hace referencia al tiempo requerido para disponer adecuadamente los recursos que van a efectuar una nueva operación. Normalmente este tiempo se asigna o no de acuerdo a si la operación necesita llevarse a cabo o no en la máquina, es decir, si según el PMP se tiene un producto que requiere que una de sus operaciones se realice en cierta máquina, simplemente se recurre a sustraer el tiempo definido y necesario para hacer la preparación del disponible de la jornada laboral.

Pero en el caso de estudio, la situación es un poco más compleja y no permite que los cálculos se realicen directamente como se describió en los párrafos anteriores; fue necesario manejar de forma especial este “primer paso” en la programación de la producción de MEDIIMPLANTES y esto se debió a la ocurrencia de los siguientes aspectos particulares:

- Los tiempos de preparación dependen de la operación anterior en la que se encontraba trabajando la máquina, esto es, son variables. Para llevar a cabo una operación de determinado producto en el Torno Suizo, el Torno CNC y el CMV, el

tiempo de alistamiento depende de cuales herramientas ⁵³ se necesiten en la operación y de si están o no ya montadas en la máquina debido a la operación anterior, para de esta forma realizar el alistamiento. El punto es que las operaciones, sea cual sea el producto a procesar, pueden compartir ninguna, algunas e inclusive todas las herramientas predeterminadas.

- Existen dos rutas iniciales diferentes (Ruta CNC y Ruta Suizo) que están en capacidad de realizar el mismo trabajo y que están compuestas por las máquinas que cuentan con dichos tiempos de preparación variables. Al ser rutas diferentes, los tiempos de preparación difieren entre sí. En conclusión, dependiendo de la ruta asignada para un producto y sus operaciones, se presentará un tiempo de alistamiento en particular.
- El PMP es entregado al encargado de las operaciones sin ningún requisito de prioridad en la entrega para alguno de los productos, ya que no se maneja el esquema de pedidos hechos por el cliente y se fabrica para tener un inventario que debe estar disponible en esencia a comienzo del periodo (mes), sea cual sea el producto. Por ende, al no contar con un orden solicitado de ejecución y obtención de los productos, no se podrán preestablecer los tiempos de preparación.

Teniendo en cuenta estos tres aspectos que condicionan de entrada la programación de la producción de la empresa en particular, fue totalmente necesario idear una manera de obtener la ruta definitiva asignada a cada uno de los productos y el orden de fabricación de los mismos, para previamente establecer los tiempos de preparación que han de descontarse a la jornada laboral de cada una de las máquinas en cuestión y posteriormente determinar si serian o no un recurso restrictivo para el sistema.

Antes de dar comienzo a la descripción de la metodología propuesta para la programación operativa de la producción de MEDIIMPLANTES, es pertinente aclarar sobre un aspecto que condicionó en todo momento el establecimiento de dicha metodología. La situación en cuestión, guarda relación con el hecho de pretender que la herramienta software sea de plena utilidad para la empresa en el largo plazo y con ello debe poder adaptarse a toda

⁵³ Son asignadas según las dimensiones y forma que se deseen para la pieza, clasificadas como: insertos, buriles, brocas, fresas, barras y otros.

una serie de cambios a los que posiblemente tendrá que someterse el sistema productivo, dado que la empresa es relativamente nueva, está en una etapa de crecimiento y de continuo conocimiento y mejora de sus procesos de manufactura. De lo contrario, si no es tomado en consideración éste aspecto y se hubiese limitado a trabajar estrictamente con las características presentes en el momento de estudio, la herramienta quedaría obsoleta rápidamente. Siendo así, durante la creación de cada propuesta o pasos del método generados, se contemplaron todas o las potenciales posibles situaciones futuras como un hecho actual, las cuales en el momento de realmente ocurrir serán “activadas” dentro de la herramienta para dar pie a su utilización. La evolución del sistema productivo o los cambios a los que puede estar sujeto, se condensan en los siguientes puntos:

- Modificaciones en los tiempos de preparación y operación.
- Inclusión de nuevas operaciones o eliminación de las existentes en la ruta general de un producto.
- Inclusión de nuevos productos o sistemas y eliminación de los existentes, con ello la creación o exclusión de su ruta respectiva.
- Inclusión de nuevos centros de trabajo (máquinas u operarios) para realizar nuevos procesos, para reemplazar algún centro de trabajo existente o para realizar de manera paralela la misma labor (como apoyo) de uno ya presente, ya sea totalmente equivalente al él o de operar diferente.
- En general, cualquier novedad en cuanto al valor que puedan asumir los parámetros definidos.

A modo de simplicidad en la medida de lo posible, durante la descripción de cómo es realizada la programación, se recurre a explicar y ejemplificar cada una de las fases empleando las características existentes del sistema. De no ser suficiente, eventualmente se hará la descripción abarcando los aspectos mencionados de manera previa.

Tratándose de la programación de la producción, cuya realización se da de forma rutinaria o periódica, se ha creado una metodología que da pie a una serie de etapas que han de ser seguidas y que guían y permiten la obtención de la programación en cada ocasión que se proponga. La mayoría de dichas etapas son de manejo o proceder interno de la herramienta software, pero por supuesto, dentro de ellas, existe la necesidad de que el

responsable intervenga no solo para activar o manipular la herramienta, sino para participar y tomar decisiones que afectan la programación. Las etapas son las siguientes:

FASE 0: Criterios

FASE 1: Restricciones

FASE 2: Modificaciones

FASE 3: Programación y control con DBR

A manera de complemento se presenta un diagrama de flujo que ilustra de manera general el proceso de programación de la producción, ver Anexo Q, éste último a su vez es complementado por los anexos que van desde el Anexo R hasta el Anexo X, en donde cada fase de la programación es igualmente explicada por medio de un diagrama de flujo que consolida, de manera ilustrada, la descripción detallada que se dará a lo largo de éste capítulo.

8.5.1 FASE 0: criterios

OBJETIVO: definir la Ruta inicial y la secuencia de fabricación a la que se someterán los productos y componentes establecidos en el PMP y con ello obtener los respectivos tiempos de preparación, para el periodo vigente.

En general, con la aplicación de los criterios, en últimas será posible calcular si el Torno Suizo, el Torno CNC y el CMV son una restricción y si son o no más críticos que los demás recursos que se comportan de manera “normal”. Ya que después de dichos pasos se establecen los tiempos de preparación para cada una de las rutas, o que para MEDIIMPLANTES equivale a decir que se encontrará el tiempo de alistamiento respectivo para cada una de las máquinas que:

- cuentan con tiempos variables de preparación
- son el comienzo de la ruta que siguen los productos (mecanizado)
- tienen una ruta paralela que puede realizar su mismo trabajo pero con diferente tiempo de operación y de preparación

A continuación se describen cuales son los pasos y/o criterios que se siguen en el establecimiento del orden de fabricación de los productos establecidos en el PMP y con ello, la determinación de los tiempos de preparación variables, correspondientes al Torno Suizo y a las máquinas que componen la Ruta CNC alterna (Torno CNC y el CMV). Estos son:

1. Asignación de productos restringidos a procesarse en una ruta en particular
2. Asignación de productos a cada una de las rutas según el Porcentaje de Reducción de los tiempos de operación
3. Secuenciación de las operaciones dentro de cada ruta

1. Asignación de productos restringidos a procesarse en una ruta en particular

En MEDIIMPLANTES existen y existirán productos o componentes que debido a ciertas características individuales o a ciertos aspectos de su fabricación, deben por obligación operarse solo en una de las rutas, es decir, no hay posibilidad de alternarlo en las dos opciones disponibles (CNC y Suizo hasta la fecha) pues con anterioridad fue preestablecida una de estas dos como camino único para iniciar su procesamiento. Por ello, aunque son menos⁵⁴ de una tercera parte los ítems que son asignados a una sola ruta, este constituye un paso inicial de necesaria ocurrencia para el logro del objetivo de toda la Fase 0.

Dentro de las razones que impiden que la operación de una pieza pueda contemplarse en ambas rutas, se encontraron las siguientes:

- En general, la materia prima que MEDIIMPLANTES maneja para fabricar cualquiera de sus productos, consiste en barras cilíndricas de titanio que son solicitadas y empleadas según el diámetro que requiera la pieza. Éstas pueden ser acopladas y operadas por cualquiera de las máquinas que realizan el mecanizado inicial. Pero existen casos especiales con el CMV en donde, dependiendo si ésta es una ruta

⁵⁴ A la fecha, un 29% del total de referencias.

posible para procesar la pieza y de acuerdo a las características elemento como tal, técnicamente solo es posible trabajar con “barras rectangulares” y no cilíndricas; caso en el cual la empresa opta por pedir solo un tipo de materia prima (cilíndrica por mayoría) y con esto descarta de entrada la posibilidad de que el producto o componente se elabore en cualquiera de las dos rutas, ya que cada una requiere una presentación diferente de materia prima. El hecho favorece a que la Ruta Suizo sea la que procese la pieza. Sin embargo, es posible que se desarrollen productos cuyas características geométricas y dimensionales requieran exclusivamente el uso de materia prima rectangular, el hecho favorece a que la Ruta CNC sea la que procese la pieza.

- Como se describió en apartados anteriores, el Torno Suizo realiza en una sola, las operaciones que juntos, Torno y el CMV, efectúan para obtener el mismo resultado sobre la pieza. Esto implica que el Torno Suizo de forma automática y en el transcurso de la única operación, tenga que realizar una serie de cambios internos para atrapar y reposicionar la pieza de modo que pueda ser operada en toda su extensión (cara: posterior, anterior, lateral, etc.) por cada una de las herramientas que están destinadas para hacerlo. En algunas ocasiones la forma del producto no permite que la mano mecánica encargada del atrape y reposicionamiento, pueda llevarlo a cabo, pues no son compatibles en cuanto a forma, haciendo imposible programar esta tarea y con ello operar toda la pieza en su conjunto. El hecho favorece a que la Ruta CNC sea la que procese la pieza.
- Puede darse el caso extremo en donde el tamaño del producto exija que su materia prima, consistente en la barra cilíndrica de titanio, sea tal que no permita ser ingresada por el receptor/alimentador de materia prima del Torno Suizo, el cual tiene un tope de aceptación máximo de 3 cm. Se connota como caso extremo, ya que por la naturaleza de uso de los productos, estos tienden a ser pequeños, aún así se contempla dentro de los eventos que condicionan la designación de una de las dos rutas. El hecho favorece a que la Ruta CNC sea la que procese la pieza.
- Por ultimo se menciona la tendencia de emplear el Torno Suizo por su mayor grado de automatización y eficiencia, luego el diseño y la programación (ordenos digitales) de

los productos estará orientada en lo posible al empleo de esta máquina, desplazando así la idea de trabajar las máquinas CNC al mismo nivel. El hecho favorece a que la Ruta Suizo sea la que procese la pieza.

Se presenta un diagrama de flujo que representa este punto, ver Anexo R. En el Anexo Y se resumen en una lista, los productos que actualmente están restringidos a operarse en una sola ruta. Aunque algunos artículos no se han fabricado en la Ruta Suizo, no significa que no sea posible por alguna de las razones anteriormente mencionadas, sino porque hasta la fecha no se ha diseñado el programa CNC para ésta nueva ruta.

Dentro de la herramienta, éste tipo de información es permanente, es decir, se constituye como parte de los parámetros pues se establece en el momento en que se asignan las rutas a un producto o componente y dentro de ellas, las máquinas encargadas y disponibles para operarlo. Luego es de total manejo interno.

2. Asignación de productos a cada una de las rutas según el Porcentaje de Reducción en los tiempos de operación

Luego de haber descartado las piezas que cuentan con sólo una posible ruta para su fabricación, es necesario repartir las demás en una de las dos alternativas y para dicho fin se emplea un valor que se definirá en breve.

EVALUACIÓN PREVIA DE ALTERNATIVAS

Para determinar qué elementos se procesarán en la Ruta Suizo y cuales en la Ruta CNC, la acción recomendable sería analizar simultáneamente las variables: tiempo de operación unitario correspondiente a la pieza, tiempo de preparación asociado a su operación y tamaño del lote a procesar según la demanda en el periodo de referencia. Una alternativa para ello consistía en emplear una Matriz de Decisión por medio de la cual, asignando una importancia a dichos factores y una serie de escalas, cada uno de los productos y componentes recibirían una puntuación que reflejara el impacto de ser procesado en una ruta en vez de la otra, para finalmente optar por la mejor. La limitación

para que esto tuviese aplicabilidad, se relaciona con los tiempos de preparación variables de los cuales no se tiene conocimiento hasta el instante en que se conozca su ordenamiento y aún empleando un estimado para aquellos tiempos (que puede alejarse de la realidad) la posible puntuación obtenida es un con un alto grado de subjetividad. Conjuntamente, el valor del tamaño de lote puede variar notablemente de un periodo a otro.

Por otro lado, criterios como dar prelación a los productos con mayor rotación asignándolos a la ruta más rápida (Suizo) para que estén disponibles pronto, no tendrían ningún aprovechamiento ya que todos los productos por igual deben estar disponibles como inventario a fin de mes, pues ese es el requisito, si se finalizan antes tendrán que esperar para ser vendidos.

ESQUEMA DEFINITIVO

Con base en la evaluación precedente, se apeló a aprovechar cada factor de manera independiente y para fines diferentes, llevando a cabo un “filtro” que consiste en aplicar inicialmente los tiempos de operación (paso o criterio 2) y a continuación los tiempos de alistamiento (paso o criterio 3) para facilitar y beneficiar la programación.

Por obvias razones, desde el punto de vista de tiempos de operación, resulta más conveniente elaborar las piezas en la ruta donde estos tiempos son menores y siendo así, en todos los casos se apunta a que el total de los productos y componentes se procesen únicamente en el Torno Suizo. En la medida en que esto sea posible, se ejecutará de dicha manera, pero no se puede omitir el hecho de que la disponibilidad de este recurso es limitada y debe ser destinada también, al tiempo que se consume por efecto de la preparación de la máquina para cada una de las diversas operaciones. Por ello se debe atender el posible evento en el cual el Torno Suizo no pueda fabricar todas las referencias, caso en que se hace necesario elegir, cuales piezas se asignarán a la Ruta Suizo y cuales en su defecto, irán a la otra Ruta. Entonces, fue necesario idear un criterio con el cual se asignaran los productos al Torno Suizo (o Ruta más rápida) con cierta prioridad, de modo que se vean favorecidos los artículos para los cuales hay una gran

diferencia, en términos de tiempo de operación, al decidir entre una y otra ruta disponible para su fabricación.

He aquí la razón por la que fue establecido el **Porcentaje de Reducción**, definido de la siguiente manera:

Es la proporción (en unidades porcentuales) en la que se reduce el tiempo total de operación unitario de un artículo, si pudiéndose fabricar en la Ruta CNC se elige la Ruta Suizo.

En caso de existir tres o más rutas iniciales de mecanizado para las partes o componentes, la definición general es:

Es la proporción en la que se reduce el tiempo total de operación de un artículo, si pudiéndose fabricar en su ruta lenta se elige su ruta más rápida. Éste valor es calculado entre un par de rutas en donde una de ellas siempre es la ruta más lenta.

Éste dato es de total manejo interno de la herramienta y es deducido de los tiempos de operación definidos preliminarmente como parámetros. El valor que toma el Porcentaje de Reducción se calcula con la siguiente expresión:

$$PR_{js} = 1 - \frac{(to_{ij})_s}{(to_{ij})_{largo}}$$

$$to_{ij} = \sum^k to_{ijk}$$

k = es cada una de las operaciones que han de efectuarse para el artículo j en el recurso i

PR_{js} = Porcentaje de Reducción del artículo j si se decide fabricar en su ruta s

to_{ij} = tiempo total de operación unitario del artículo j en el recurso i

to_{ijk} = tiempo unitario para realizar la operación k del artículo j en el recurso i

El to_{ij} corto para un producto es el tiempo del mismo en la Ruta más lenta en la que se puede procesar y teniendo en cuenta que el Porcentaje de Reducción siempre se obtiene de la comparación entre dos rutas, dicho tiempo de operación siempre va a ser parte del cálculo de cada uno de los porcentajes que se puedan obtener.

Continuando con la situación actual, se concluye que cada una de las piezas tendrá asociada a ella un valor correspondiente de Porcentaje de Reducción y la regla consiste en asignar a la Ruta Suizo (más rápida) aquellos productos y/o componentes que cuenten con un Porcentaje de Reducción mayor, dándoles prioridad de fabricación, llenando el recurso ítem por ítem hasta llegar a los de “menos importancia” o a los que tienen un menor Porcentaje de Reducción. La asignación de productos a la Ruta Suizo, tiene un límite, pues de otra manera se estaría provocando en ésta etapa que dicho recurso sea detectado más adelante como Cuello de Botella, porque hasta el momento no se tiene certeza de los tiempos de preparación que por supuesto consumen tiempo del disponible que tiene el centro de trabajo para operar.

Entonces la limitación está dada por un **Porcentaje de Asignación Tope** fijado a cada máquina y en el caso actual en donde se tienen las Rutas Suizo y CNC, dicho valor garantiza que las piezas que tengan los más altos Porcentajes de Reducción, sean asignadas a la Ruta Suizo sólo hasta un porcentaje de su disponibilidad y por lo tanto las referencias restantes se procesarán, por descarte, en la Ruta CNC. El Porcentaje de Asignación Tope es un valor que es aplicado a la disponibilidad normal con la que el recurso cuenta, por consiguiente según lo planteado, se asignarán tantos artículos (y su respectivo lote) pueda procesar la ruta teniendo en consideración que sólo puede ser copada hasta la “nueva” y menor disponibilidad determinada por el porcentaje. La finalidad del tiempo restante, es que ha de dedicarse a las labores de preparación, de las cuales aún no se conoce su duración.

Éste porcentaje tope, es un parámetro que puede ser ajustado tantas veces se requiera; ha de esperarse que con el tiempo después de lograda cierta estabilidad o rutina entre los periodos de producción, se alcance un valor tal, que asigne la cantidad justa de artículos que la Ruta Suizo estaría en capacidad de procesar, teniendo en cuenta que más adelante en la metodología habrán de descontarse los tiempos de preparación de la disponibilidad con que se cuenta.

Una ruta puede estar compuesta por dos o más máquinas, como es el caso de la Ruta CNC y aún cuando el objetivo es determinar que referencias se procesarán en las rutas disponibles, cada máquina (perteneciente a una ruta) tendrá asociada a sí misma un Porcentaje de Asignación Tope; entonces, la asignación tendrá fin hasta que cualquiera de las máquinas colme la disponibilidad dada por el porcentaje aún si el recurso restante no ha saturado la suya.

En la herramienta software, los Porcentajes de Reducción de los artículos son deducidos de un cálculo interno que involucra la información de los tiempos de operación, mientras que el Porcentaje de Asignación Tope es un parámetro que es suministrado directamente por el responsable de la producción.

METODOLOGÍA PARA LA ASIGNACIÓN (caso 2, 3 o más rutas iniciales)

Ya que fue contemplada, dentro de la herramienta, la posibilidad de una inclusión de nuevas máquinas al sistema productivo de MEDIIMPLANTES, fue necesario establecer la manera en que serian asignados los productos si éstos cuentan con 3 o más alternativas para su procesamiento. Tal como en el caso de las dos rutas, el procedimiento descrito a continuación es de absoluto práctica interna del software. Se presenta un diagrama de flujo que representa este punto, ver Anexo S. La metodología general es la siguiente:

1. Se detecta la ruta más lenta con la que cuenta un producto para su fabricación.
2. Se computan internamente los Porcentajes de Reducción asociados a la pieza, teniendo en cuenta que hay que emparejar cada uno de los tiempos de operación

de las rutas restantes con el tiempo de la ruta encontrada en el paso anterior. Si hay n rutas de fabricación para un artículo entonces se calcularán n Porcentajes de Reducción, en donde $n-1$ porcentajes tendrán un valor diferente a cero y un porcentaje con valor nulo derivado de la comparación de la ruta más lenta consigo misma. Recordando se tiene que:

$$PR_{js} = 1 - \frac{(to_{ij})_s}{(to_{ij})_{largo}}$$

3. Se calcula la desviación estándar del artículo de la siguiente manera:

$$D_j = \sqrt{\frac{\sum_j (PR_j - \overline{PR_j})^2}{n}}$$

4. Se repiten los pasos anteriores para cada uno de los productos y de esta manera se tendrá un valor de desviación estándar para todos.
5. Se detecta el artículo que tiene una desviación mayor, teniendo en consideración los artículos que aún no han sido asignados. Se emplea la desviación para dar prioridad en la asignación de los artículos que tienen un mayor impacto en la reducción de sus tiempos de operación, en el momento de seleccionar su ruta de mecanizado (a mayor desviación mayor impacto).
6. Se asigna el artículo (o el lote respectivo) a la ruta de procesamiento en donde su mecanizado sea el más rápido de todos (aquella en donde presenta un mayor Porcentaje de Reducción) únicamente si no se ha llenado la disponibilidad marcada por el Porcentaje de Asignación Tope definido para la ruta. Enseguida se vuelve nuevamente al paso 5 para continuar con otra referencia. En el caso contrario, en donde la disponibilidad modificada por el tope de la ruta se encuentra en un grado tal que el tiempo requerido por el lote de artículos no permite que sea trabajado en ella, no se asigna el producto y se continua con el paso 5. Así,

sucesivamente hasta recorrer una a una, todas las referencias de artículos, recordando que parte de ellos serán asignados a su ruta de procesamiento más rápida y el grupo restante, contiene artículos que aún están en espera de ser asignados y con los que se realiza el paso 7. Este paso 6 es denominado como primera ronda de asignación.

7. Se repiten los pasos 5 y 6 para situar la pieza en su siguiente (segunda, tercera, etc.) ruta más rápida, si su Porcentaje de Reducción no fue suficiente para ubicarla en la alternativa donde su mecanizado es el subsiguiente (segunda, tercera, etc.) tiempo menor. Y así sucesivamente hasta recorrer para cada producto todas las alternativas (de mejor a peor) si es necesario y poder finalmente asignarlo a una de ellas. De dicha forma se van generando una segunda, tercera, etc. rondas de asignación hasta que todos los artículos (o su lote respectivo) queden asignados en una de las rutas con la que se cuenta para su procesamiento. Si existen productos que ni siquiera pudieron ser asignados teniendo varias rutas alternativas debido a la disponibilidad fijada por el Porcentaje Tope de Asignación, se continúa con el paso 8.
8. Se mira para todos y cada uno de los productos la ruta a la cual corresponde el mayor Porcentaje de Reducción y allí se asigna independientemente del Porcentaje Tope de Asignación asociado a la ruta, teniendo en cuenta que los recursos a los cuales se les sean asignados productos una vez estos han colmado éste porcentaje, es altamente probable que en la Fase 1 sean identificados como Recursos de Capacidad Limitada o Cuellos de Botella.

A modo de ilustrar el impacto en la reducción de los tiempos de operación de cada uno de los artículos, en el Anexo Z se muestra la lista de productos que actualmente pueden ser procesados en las dos rutas, con sus respectivos Porcentajes de Reducción.

3. Secuenciación de las operaciones dentro de cada ruta

Una vez resuelto el problema de asignación de Rutas, pues hasta éste punto cada una de ellas tiene su respectiva “lista” de piezas a elaborar, se procede a establecer una secuencia de ejecución de las operaciones. Como se dijo anteriormente, en MEDIIMPLANTES estos pasos son de obligatoria realización si se desean conocer los tiempos de preparación y realizar cálculos a partir de ellos, para dar a conocer las restricciones del sistema.

EVALUACIÓN PREVIA DE ALTERNATIVAS

Si se parte de un contexto en el cual no se manejan pedidos en firme de los clientes y en el que el esquema planteado y acorde con la política de la empresa es fabricar en el periodo actual lo que se consumirá durante el siguiente, las posibilidades para elegir y aplicar una norma prioritaria⁵⁵ se reducen considerablemente. Normas basadas en tiempos de entrega de para cada pedido o tarea, quedan descartadas para MEDIIMPLANTES al no existir como tal dicho tiempo, entre esas normas no aplicables para secuenciar las actividades se tienen: FCFS (first-come, first-served); LCFS (last-come, first served); Fecha de vencimiento (primero tarea con la fecha de vencimiento más temprana); Fecha de iniciación (ejecutar primero la tarea con fecha de iniciación mas temprana); STR (snack time remaining); CR (critical ratio); y QR (queue ratio). Las técnicas acabadas de comentar fueron compiladas por Chase, Aquilano y Jacobs⁵⁶.

De lo anterior las posibilidades se reducen a unas pocas tales como la norma SOT (Shortest operating time) o simplemente la designación de un “Orden aleatorio o caprichoso”. La primera de ellas propone que se debe ejecutar primero la tarea que tenga el tiempo de terminación más corto, a continuación el segundo más corto, después el tercero más corto, y así sucesivamente. En la segunda opción el jefe de producción e inclusive el mismo operario, eligen arbitrariamente entre las tareas, cualquiera que deseen ejecutar; resulta ser ésta norma de “Orden aleatorio o caprichoso” el modelo que en la

⁵⁵ Son aquellas utilizadas en obtención de una secuencia para ejecutar un número de tareas.

⁵⁶ CHASE, AQUILANO, JACOBS, Op. Cit., p. 685.

práctica refleja el actual modo de producción de la empresa. Aunque la norma SOT, puede entregar resultados cercanos a la optimalidad para el ordenamiento general y puede incluir dentro del tiempo de procesamiento de la tarea el tiempo requerido por concepto de su preparación, se reitera el mismo problema por el que se instauró la Fase 0: no hay un conocimiento previo de los tiempos de alistamiento, que en el caso dependen tanto de la secuencia como de la ruta que se establezca. De insistir en la aplicación de ésta norma, sería posible establecer de manera preliminar unos tiempos de preparación promedio o máximos para cada operación, pero significaría una sub o sobre valoración de los recursos y lo que es más, negar la posibilidad de darles un tratamiento diferente para encontrar un ordenamiento que permita obtener reducciones o bajos valores en dichos tiempos.

Antes de obtener el esbozo final (mostrado más adelante) de cómo ha de manejarse el ordenamiento dentro de la Ruta CNC compuesta por los dos recursos, se evaluó la posibilidad de aplicar la regla de Jonson para N pedidos y dos máquinas. Éste es un método heurístico que busca hacer mínimo el tiempo requerido para finalizar el total de un número de tareas, teniendo como base el tiempo de ejecución de cada una de ellas. De igual manera, persiste el problema de la falta de conocimiento de los tiempos de alistamiento además de que la heurística no favorece a la reducción de dichos tiempos.

Paralelamente existe otra particularidad que hace la situación algo más compleja y que no permite una aplicación directa de los métodos referenciados en los párrafos anteriores, se cree pertinente ilustrar en éste momento, aunque más adelante también sea retomado el tema. Los diagramas de operaciones de las piezas muestran como el mecanizado en la Ruta CNC de los productos y componentes, no solo equivale a efectuar una operación en cada una de las máquinas (Torno CNC y la Fresa CNC). Los casos incluyen las siguientes características: algunas piezas comienzan en el CMV y otros en el Torno, no hay una regla general en la que se señale que para todas el mecanizado se empieza únicamente en determinada máquina; existe otra opción en donde se realizan dos operaciones en una misma máquina además de operarse en la otra; otra posibilidad en la cual se opera una pieza, pasa a la otra máquina y regresa a la inicial; y un último caso en el que el producto solo es mecanizado en una máquina, ya sea con una, dos o más operaciones.

En fin, dentro de la programación operativa de MEDIIMPLANTES en lo concerniente al recorrido inicial por el que deben someterse los productos para su mecanizado, el establecimiento de una secuencia para el procesamiento de las piezas o la ejecución de sus respectivas operaciones, se lleva a cabo no con el objetivo de cumplir con fechas de entrega sino con el propósito de que los tiempos de alistamiento sean bajos, además de tener un conocimiento preliminar de ellos y emplearlos durante la programación. No se puede ignorar el impacto de los tiempos de preparación y más aún cuando son dependientes de la secuencia.

ESQUEMA DEFINITIVO

La norma prioritaria empleada para el secuenciamiento de las tareas, consiste en organizar las operaciones de manera que se ejecuten con el menor cambio de herramientas entre ellas, garantizando con ello, la disminución de los tiempos de preparación realizados entre operaciones. El objetivo principal de esta norma es disminuir el tiempo de inactividad de las máquinas pertenecientes a cada una de las dos rutas. Parcialmente, la estrategia seguida cuenta con aplicación del Problema del Agente Viajero (PAV), cuya explicación y aplicación al caso de MEDIIMPLANTES se mostrará más adelante.

Como primera medida, teniendo en cuenta que emplea un modelo que busca la optimización, es pertinente hacer una aclaración al respecto. De acuerdo al trabajo asignado a las rutas CNC y Suizo y a los alistamientos o cambios de herramientas derivados de dicho trabajo, ¿Por qué hacer óptimo el uso del tiempo en dichos recursos involucrados, si aún no han sido detectados como un Cuello de Botella? Porque:

- Existen otros productos de fabricación ocasional⁵⁷ que son el instrumental requerido para las cirugías, el cual necesita ser procesado exclusivamente en la Ruta CNC. Por ello, para garantizar que esta ruta tenga tiempo disponible para

⁵⁷ Se fabrican solo en caso de: que se necesite completar un KIT; que se renueven los implantes y con ellos el instrumental; que se creen nuevos productos; y que se necesite un KIT para otra ciudad.

dicho fin, se recurre a dos opciones: descargar o ceder trabajo ⁵⁸ de esta ruta al Torno Suizo y/o velar porque los tiempos de preparación sean lo menor posible para que el tiempo disponible de las máquinas sea empleado en producción tanto de los implantes como del instrumental.

- Si en algún momento futuro el Torno Suizo⁵⁹ se convierte en cuello de botella (según la experiencia se puede afirmar es la tercera opción), es necesario considerar el evento dentro de la herramienta software desde el momento de su realización, como posible ocurrencia futura. Esto es, optimizar el uso del tiempo de la restricción (Torno Suizo si es el caso), empleándolo en lo posible para fabricar los implantes y no en tiempos de preparación.
- En MEDIIMPLANTES se maneja aunque con cierta limitación, el esquema de operarios “multitarea” con algunos de los procesos. Con ello, el operario del Torno Suizo, puede apoyar el trabajo del recurso cuello de botella detectado, en la medida en que su tiempo y sus competencias se lo permitan. A mayor tiempo, mas ayuda.

Los tres aspectos acabados de exponer no son excluyentes, todos en conjunto, constituyen la razón por la que se impulsa el uso del PAV de forma permanente dentro de la herramienta, a pesar que desde la óptica del modelo teórico de manufactura seguido, Teoría de Restricciones, no se promueva el máximo aprovechamiento de los recursos que no son restricción; pero tal como se mostró, la situación particular de MEDIIMPLANTES da crédito al camino seguido, pues es necesario involucrar una solución de total aplicabilidad.

Durante en el capítulo de Estudio de Tiempos, se describió como los tiempos de preparación de las máquinas encargadas del mecanizado son denominados variables, ya que dependen de cual fue la operación precedente realizada. Todo esto debido a los cambios de herramienta, que de acuerdo a la pieza a procesar, pueden o no ser

⁵⁸ Mas adelante en la Fase 2 se explicará el objetivo y en que consiste el ceder o descargar trabajo de la ruta Suizo a la CNC.

⁵⁹ No se menciona el Torno CNC, ni la Fresa CNC como posibles, debido a la descarga de trabajo.

compartidas. En éste punto de la programación, es pertinente retomar cuales componentes del tiempo total de alistamiento, son críticos para la determinación de una secuencia. Estos son:

- Tiempo de desmontar herramienta anterior
- Tiempo de montar herramienta nueva
- Tiempo de compensar herramienta nueva

Hay que recordar que cada uno de los tiempos anteriores se da, con un diferente valor, tantas herramientas necesite la operación y deban ser cambiadas. Los demás tiempos de: llamar programa, ajustar cerro de pieza y compensar herramienta patrón siempre les corresponderá un mismo valor para la operación.

Para determinar los tiempos de preparación entre operaciones, sólo serán tenidos en cuenta los tiempos relacionados con el cambio de herramientas entre dos operaciones continuas. Considerando que cada máquina de mecanizado tiene un cabezal en donde se instala cierto número de herramientas y normalmente ese número no es superado por la cantidad de herramientas requeridas para la realizar cualquier operación, significa que siempre existirán unas herramientas que han sido anteriormente montadas en las operaciones previas a la última y que no se contemplarán en el cálculo del tiempo de preparación de la operación a realizar. Por ejemplo: la operación 1 necesita de las herramientas A, B y C; la Operación 2 de las herramientas B, C, D y E, y la operación 3 de las herramientas A, D y F; si el orden de ejecución es operación 1, operación 2 y operación 3, el tiempo de preparación crítico entre la O1 y O2 vienen determinado por el desmontaje de la herramienta A y el montaje y compensación de las herramientas D y E, de la misma manera, el tiempo de preparación crítico entre O2 y O3 estará fijado por el desmontaje de las herramientas B, C y E, más el montaje y compensación de las herramientas A y F.

El efecto que se tiene al tratar de simplificar el problema de ésta forma es que se obtenga un tiempo de preparación total superior al real, debido a que por no tenerse en cuenta las herramientas comunes entre operaciones no continuas, se pueden estar involucrando en

los cálculos de tiempos de alistamiento valores de desmontaje, montaje y compensación de herramientas que en la práctica no sería necesario efectuar.

CAMINO PARA OBTENER LA SECUENCIACIÓN DE LAS OPERACIONES

Aquí se expone el procedimiento que se sigue para dar cumplimiento al Paso Tres de la Fase 0 (Secuenciación de operaciones) en cada uno de los Centros de trabajo que pertenecen a las Rutas iniciales de mecanizado y que por lo tanto cuentan con tiempos totales de preparación variables.

Etapas 1. Ordenamiento inicial

En ésta etapa se busca dar un ordenamiento a las operaciones iniciales (O1) de todos los artículos en cada uno de los centros de mecanizado. Dadas las características de los tiempos de preparación y la intención de obtener la menor duración posible de ellos, se detectó la necesidad de dar una secuencia a las operaciones teniendo en cuenta los cambios de herramientas requeridos para pasar de una operación a otra, ya que éstos son los que determinan la variabilidad en los tiempos de preparación.

De acuerdo a ello Daniel Sipper comenta:

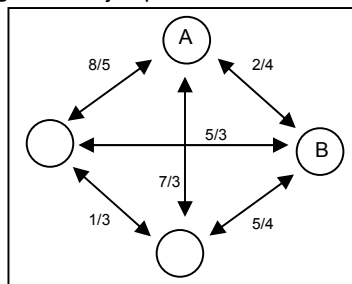
...[cuando se tiene] el caso con tiempos de preparación dependientes de la secuencia...éste problema es equivalente al tan citado Problema del Agente Viajero (PAV)...consiste en un vendedor que comienza en alguna ciudad y debe visitar cada ciudad de un grupo, una y sólo una vez, y después regresar a la ciudad original. Se tiene un costo de ir una ciudad a otra y se desea minimizar el costo total por visitar todas las ciudades. La solución se llama un paseo; es un ciclo y la ciudad inicial carece de importancia.⁶⁰

⁶⁰ SIPPER, Op. Cit., p 421.

Entonces, con lo anterior se concluye que el ordenamiento de las operaciones iniciales de fabricación es posible formularlo como el PAV.

El PAV se puede representar como un “grafo completo dirigido”⁶¹ cuyas aristas se les ha asignado un peso entre los vértices que representan las ciudades que debe visitar el agente viajero que pueden representar kilometraje, costo, tiempo o alguna otra cantidad que se quiera minimizar. El objetivo es encontrar la ruta mínima que pase por cada ciudad exactamente una vez y regrese a la ciudad inicial”⁶². La figura representa el tipo de grafo que se relaciona con el problema en particular y cada uno de los valores sobre las aristas representa el peso de ir de una ciudad A a una ciudad B y viceversa.

Figura 41. Ejemplo de un Grafo completo dirigido



Fuente: Autoras del Proyecto.

Analogía del PAV con el caso particular de MEDIIMPLANTES

Ciudades:

Las ciudades que tiene que recorrer el Agente Viajero es equivalente a los estados en los que se puede encontrar una ruta en un momento determinado. Un estado hace referencia a como se encuentra la ruta en un instante determinado respecto a:

- Producto: para cual(es) producto(s) se realizó la O1.

⁶¹ un grafo, G , es un par ordenado de V y A , donde V es el conjunto de vértices o nodos del grafo y A es un conjunto de pares de vértices (aristas). Un vértice puede tener 0 o más aristas, pero toda arista debe unir exactamente a dos vértices. Un grafo completo es aquel con una arista entre cada par de vértices. A un grafo dirigido se le puede definir como un grafo que contiene aristas dirigidas

⁶² http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/castaneda_r_cy/capitulo_1.html#

- Máquina: si estuvo ocupada o no, en cualquiera de los productos para los cuales le corresponde efectuar la O1 del producto.

Un estado se genera en el instante en que se finalice la O1 de cualquiera de los productos en cualquiera de los centros de mecanizado pertenecientes a la ruta. Se pueden presentar los siguientes casos:

1. El estado inicial que indica que no se ha realizado ninguna operación de los productos en ninguna de las máquinas. Este ocurre sólo una vez en cada paseo y es el punto de partida de éste.
2. Un estado que indica, en un momento determinado por ejemplo, que el Torno CNC acabó de realizar la O1 del producto A al mismo tiempo que el CMV estuvo sin actividad.
3. Un estado que indica que cada una de las máquinas pertenecientes a una misma ruta acabaron de finalizar la O1 del producto que le fue asignado.
4. Un estado que indica, por ejemplo, que en un instante determinado se finalizó la O1 del producto A en el Torno CNC, mientras que el CMV continúa trabajando en la O1 del Producto B.
5. El estado final que indica que se realizaron todas las operaciones de los productos en todas las máquinas. Este ocurre sólo una vez en cada paseo y es el punto final de éste.

Peso entre ciudades:

La distancia que tiene que recorrer el agente viajero para ir de una ciudad a otra, es semejante al conjunto de los tiempos de preparación y operación de pasar de un estado a otro. Por ejemplo, si se va a desde un estado representado por el caso 1 anteriormente comentado, a un estado representado por el caso 2, el peso entre estos dos estados está dado por el montaje y compensación de las herramientas empleadas en la O1, el tiempo por concepto de llamar programa, realizar cero de pieza, y el tiempo de operación relacionado con la operación inicial de todo el lote de producto.

Objetivo del PAV:

Minimizar, teniendo en cuenta las operaciones iniciales (O1), el tiempo de preparación total de una máquina proveniente del cambio de herramientas entre dichas operaciones.

Restricciones:

- Se deben visitar todas las ciudades en un sólo paseo o se debe garantizar que todas las operaciones iniciales (O1) de cada uno de los productos sean realizadas en la ruta en un mismo ciclo.
- Visitar cada ciudad sólo una vez, lo que significa que se debe realizar la O1 de un producto sólo una vez.
- No existe un estado en el cuál se realice un producto en una máquina a la que no le corresponde efectuar la operación inicial del producto.

Estrategia de Solución del PAV

Para el desarrollo de éste punto se contó con la participación del Estudiante de Ingeniería de Sistemas (UIS) Jason Fabián Becerra, quien tomó todas las condiciones y requerimientos planteados por las autoras del presente proyecto para dar tratamiento al problema relacionado con los tiempos de preparación variables, aplicando y adaptando al caso de MEDIIMPLANTES un trabajo de clase producto de la Asignatura Análisis Numérico, en donde él eligió un algoritmo que da solución al PAV y desarrolló el código de programación. La técnica abordada para resolver el PAV en el caso particular, es conocida como **Búsqueda Preferente por Profundidad** y se cataloga dentro de las estrategias de Búsqueda Exhaustiva para dar solución a problemas.

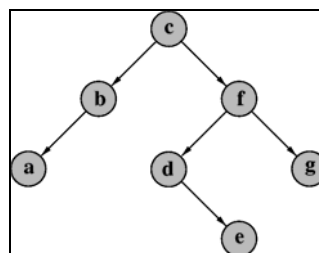
“La elección del estado que se desea expandir primero se realiza a través de una estrategia de búsqueda”⁶³. Las estrategias de búsqueda exhaustiva también son conocidas como ciegas, es decir, “no existe información acerca de la cantidad de pasos

⁶³ RUSSELL, Stuart. NORVIG, Peter. Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno. 1°ed. Naucalpan de Juárez: Prentice Hall, 1996. p. 76.

necesarios o sobre el costo de ruta para pasar del estado de un momento dado a la meta: lo único que permiten hacer es diferenciar entre un estado meta de otro que no lo es”⁶⁴.

Antes de dar una explicación a la Estrategia de Búsqueda Preferente por Profundidad, es necesario entender el concepto de un árbol de búsqueda, pues éste último facilita la comprensión y concibe el proceso de búsqueda como si fuera la construcción del mismo. En la figura se muestra un árbol de búsqueda. “La raíz del árbol de búsqueda es el nodo de búsqueda y corresponde al nodo inicial, los nodos hoja del árbol corresponden a estados que no tienen ningún sucesor en el árbol, ya sea porque todavía no se han expandido, o porque ya lo fueron pero generaron un conjunto vacío. En cada paso, el algoritmo de búsqueda escoge un árbol búsqueda y lo expande”⁶⁵

Figura 42. Ejemplo de un Árbol de Búsqueda



Fuente: Internet.

“En la Búsqueda Preferente por Profundidad siempre se expande uno de los nodos que se encuentran en lo más profundo del árbol. Sólo si la búsqueda conduce a un callejón sin salida (un nodo sin meta que no tiene extensión), se revierte la búsqueda y se expande en los nodos de nivel menos profundo”⁶⁶.

Como primera medida, el estudiante de Ingeniería de Sistemas optó emplear una estrategia de búsqueda exhaustiva y no heurística por contar un una mayor nivel de conocimiento y experiencia en la primera de ellas y porque haciendo uso de la misma, se pudo resolver el problema planteado. Posteriormente dentro de las Estrategias de

⁶⁴ Ibid., p. 79.

⁶⁵ Ibid., p76-77.

⁶⁶ Ibid., p 82.

búsqueda exhaustiva⁶⁷ optó por seleccionar la Búsqueda Preferente por Profundidad nombrada anteriormente, la cual genera, para el presente problema, una solución óptima con “pocos requisitos de memoria porque sólo necesita almacenar un camino desde la raíz a un nodo hoja, junto con los nodos hermanos no expandidos para cada nodo del camino”⁶⁸.

En el Anexo T se muestra el algoritmo empleado y aplicado en la Etapa 1, a manera de diagrama de flujo.

Se hace necesario comentar y explicar la razón por la que el esquema definitivo para el planteamiento del PAV y su solución en el ordenamiento solo se llevó a cabo para las operaciones iniciales (O1) y no para el total de operaciones que se realizan en cada una de las rutas. Las razones son las siguientes:

- Inicialmente se contempló y se materializó el involucrar todas las operaciones bajo el esquema de PAV, sin embargo, debido al gran número de estados generados (acrecentados por la inclusión de todas las operaciones), se requería una cantidad de memoria computacional, además del tiempo necesario para evaluar todos las posibles interacciones entre los estados, generándose tiempos sumamente elevados⁶⁹ para cada corrida del Software, razón por la cual se convertía en una herramienta no útil para programar la producción según el esquema planteado.
- Debido a lo anterior, fue necesario idear una alternativa que disminuyera los tiempos de corrida, y fue entonces cuando se obtuvo el resultado planteado en la Etapa 1, en donde se excluían las demás operaciones del PAV, sin embargo, dicha exclusión no es crítica si se tiene en cuenta que el mejor Centro de Mecanizado (Torno Suizo) solamente realiza una operación sobre cada uno de los artículos que le son asignados, es decir, sólo se requiere de la Etapa 1 para establecer la secuenciación de todas las operaciones. Solamente con la aplicación de la Etapa

⁶⁷ Las demás estrategias son: búsqueda preferente por amplitud, búsqueda de costo uniforme, búsqueda limitada por profundidad, búsqueda por profundización iterativa y búsqueda bidireccional, las cuales pueden ser consultadas en RUSSELL, Stuart. NORVIG, Peter. Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno. 1ªed. Naucalpan de Juárez: Prentice Hall, 79-87

⁶⁸ <http://www.di.ujen.es/asignaturas/ia/tema4.pdf>

⁶⁹ A partir de las corridas pruebas se obtuvieron tiempos por corrida del software de 5 días.

1, éste recurso además de encontrar un orden de ejecución de sus tareas, obtendrá el menor tiempo en sus actividades de preparación. Lo descrito en las líneas anteriores adquiere mayor importancia si se reconoce que el Torno Suizo realizará la mayoría de los artículos en la medida en que le sea posible.

Etapas 2. Ordenamiento posterior

Determinar cual es la siguiente operación a ejecutar una vez establecido el orden previo entre las operaciones iniciales (Etapas 1): se comparan los tiempos de preparación de pasar de la última operación realizada a una operación que se encuentre disponible en ese momento para su ejecución. Por ejemplo para el recurso CMV, si la última operación realizada fue la operación tres (O3) del Gancho Pedicular, las posibles operaciones a llevar a cabo o que están en espera de ser ejecutadas por dicho recurso, pueden ser:

- La operación subsiguiente de un producto cuya operación anterior fue realizada inmediatamente antes. Por ejemplo, la O4 del Gancho Pedicular está en espera en el momento (finalizada la O3 del Gancho Pedicular) para ser realizada.
- Cualquier operación de cualquier otro producto que se haya procesado en éste recurso, aclarando que se deben haber realizado las operaciones previas a ella, continuando con el ejemplo, si se tiene un lote de productos de Tornillos Monoaxiales al cual ya se realizó la O3 en el CMV, la O4 de éste mismo producto está en espera en el momento (finalizada la O3 del Gancho Pedicular) para ser realizada.
- Cualquier operación de cualquier otro producto cuya operación anterior se haya realizado en otro recurso de la misma ruta, por ejemplo: si se tiene un lote de productos de Tuercas al cual se realizó la O1 en el Torno CNC, la O2 de éste producto está en espera en el momento (finalizada la O3 del Gancho Pedicular) para ser realizada.

La elección de la operación a realizar se hace teniendo en cuenta el tiempo de preparación más corto, desmontaje de las herramientas relacionadas con la operación

anterior y montaje de las nuevas herramientas requeridas. Esto se lleva a cabo cada vez que se finaliza una operación y se debe dar comienzo a otra.

Ejemplo: Se finaliza la O3 del artículo 100-5-PL*40 en el CMV, a continuación se muestran las posibilidades para ocupar el CMV y que representan lotes en espera frente a este recurso. Los tiempos de preparación mostrados en la tabla sólo contemplan el pasar de la O3 del artículo 100-5-PL*40 a cada una de las operaciones disponibles que se indican.

Tabla 59. Tiempos de las actividades de Preparación para la referencia 100-5-PL*40 (ejemplo)

OPERACIÒN	Referencia	T desmontaje (min)	T montaje (min)	T compensación (min)	Tiempo crítico total (min)
O4	100-5-PL*40	3	5	11	19
O3	100-5-PL*45	0	0	0	0
O3	102-1-1	12	19	24	55

Fuente: Autoras del proyecto.

Una vez finalizada la O3 de la referencia 100-5-PL*40 y teniendo en cuenta los tiempos críticos de preparación la opción a tomar de manera inmediata es ejecutar la O3 de la referencia 100-5-PL*45 la cual no genera tiempos de preparación.

Las operaciones restantes y las que durante la ejecución de la operación lleguen a este recurso, quedarán en espera mientras se finaliza la O3 del último artículo en proceso; para una nueva asignación será necesario deducir los nuevos tiempos de preparación críticos para cada una de las operaciones en cola con respecto a la operación actual.

En el Anexo U se muestra el diagrama de flujo que ilustra el transcurso de ésta Etapa.

CONSIDERACIONES PARA EL ORDENAMIENTO EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Tal como se ha descrito, la Ruta CNC no equivale a una única máquina, pues está compuesta del Torno CNC y el CMV, diferente al caso del Torno Suizo solitario en su ruta. Por lo tanto, el algoritmo de solución del PAV para determinar las secuencia de ejecución

de las operaciones en toda la ruta, no es aplicable de manera directa, como si sucede en la Ruta Suizo cuyos tiempos de preparación son causados por una sola máquina. A continuación se da la descripción de cómo se maneja cada situación en particular, además de la alimentación de las dos rutas a los centros de trabajo posteriores.

Secuenciación en la Ruta Suizo

En el caso particular del Torno Suizo, en donde es el único recurso perteneciente a su ruta y el mecanizado de todos los productos se ejecuta como una única operación, solamente se da aplicación a la Etapa 1 definida anteriormente, es decir, se evalúan absolutamente todos los tiempos de preparación críticos⁷⁰ de cada una de las operaciones (únicas) de las piezas, eligiendo el recorrido que minimice el tiempo total de alistamiento para la máquina, según la mezcla de productos contemplada en el PMP y asignada de acuerdo a los Porcentajes de Reducción respectivos. La duración de un lote de un artículo en una que solo contiene una máquina de mecanizado es equivalente al tiempo de operación más el tiempo de preparación (deducido del orden establecido a través del PAV) que se le relaciona, luego ese mismo lote queda disponible para iniciar las operaciones de acabado superficial en el momento en que se finaliza su única operación.

Ejemplo:

Si un lote de 20 unidades del cuerpo poliaxial lumbar x 30 fue asignado a la Ruta Suizo, la duración de dicho lote dentro de ésta última es justo la suma del tiempo de operación para el lote más el tiempo de preparación que le corresponde y que fue deducido del ordenamiento encontrado en la Etapas 1. Con ello, si el tiempo de operación del lote es de 80 minutos y el tiempo de preparación es de 35 minutos, la duración del lote dentro de la Ruta es de 115 minutos.

⁷⁰ Tiempo de desmontar herramienta anterior, Tiempo de montar herramienta nueva y Tiempo de compensar herramienta nueva.

Secuenciación en la Ruta CNC

El Torno CNC y el CMV componen ésta ruta. Para un caso como éste en el que dos o más máquinas hacen parte de una ruta se da aplicación a los dos Etapas descritas anteriormente, en donde se tiene en cuenta la interacción existente entre los recursos que componen la ruta. La interacción depende de la cantidad y el orden en que deben procesarse las operaciones para un mismo producto en los diferentes centros de trabajo, los casos de interacción incluyen las siguientes características: algunas piezas comienzan en el CMV y otros en el Torno, no hay una regla general en la que se señale que para todas el mecanizado se empieza únicamente en determinada máquina; existe otra opción en donde se realizan dos operaciones en una misma máquina además de operarse en la otra; otra posibilidad en la cual se opera una pieza, pasa a la otra máquina y regresa a la inicial; y un último caso en el que el producto solo es mecanizado en una máquina, ya sea con una, dos o más operaciones.

Un lote de productos queda disponible para iniciar las operaciones de acabado superficial en el momento en que finaliza la última de sus operaciones, teniendo en cuenta que el tiempo que pasó dentro de la ruta no es únicamente la suma de los tiempos de sus operaciones más los tiempos de preparación asociados a cada uno de ellos, sino que éste tiempo también incluye la espera que el lote de productos pasa frente a los recursos para ser procesado, debido a que por la secuencia obtenida entre las operaciones con base en los tiempos de preparación, es posible que todas las operaciones de una misma referencia no se lleven a cabo de manera consecutiva sino que se vean interrumpidas por operaciones realizadas a otras referencias.

Ejemplo:

El mecanizado de un lote de 20 unidades del artículo cuerpo poliaxial lumbar x 30 (previamente asignado a la Ruta CNC) se obtiene de tres operaciones que son: O1 y O2 en el Torno CNC y O3 en el CMV. De la programación (que incluye otros artículos) se obtuvo que la operación uno se da comienzo a las 5:00 horas, si los tiempos de preparación y operación del lote productos son 20 y 180 min respectivamente, la O1 finalizará a las 8:20 horas; según el ordenamiento de las operaciones en éste centro de

trabajo, la O2 no puede empezarse inmediatamente sino que debe esperar a que se procesen otras operaciones de otras referencias cuya duración es de 7 horas 20 minutos, esto significa que la O2 podrá comenzarse a las 15:40 horas, si los tiempos de preparación y operación del lote de productos para ésta operación son de 10 y 30 minutos respectivamente, la O2 finalizará a las 16:20 horas; a continuación el lote debe transferirse al CMV para la realización de la O3 cuya duración es de 90 minutos y de acuerdo al ordenamiento en este centro de trabajo el tiempo de preparación es de 15 minutos, pero es posible iniciarla a las 17:00 horas porque en el momento en que el lote de productos sale del Torno CNC para el mecanizado en el CMV, éste no se encontraba disponible pues estaba procesando otros lotes de otras referencias, lo cual implica que tuvo que esperar frente a éste 40 minutos. Finalmente todo el mecanizado del lote de 20 unidades del cuerpo poliaxial lumbar x 30 estará disponible para iniciar el proceso de pulido a las 18:45 horas.

Se pretende con esto mostrar que para artículos como el cuerpo poliaxial lumbar x 30 la duración de un lote de productos, dentro de una ruta compuesta por dos o más máquinas y que adicionalmente requiere de más de una operación para su mecanizado, no está dada únicamente por la suma de 300 minutos de operación más 45 minutos de preparación, sino que además dicha duración se compone de tiempos de espera frente a los centros de trabajo que en éste caso equivalen a 480 minutos (8 horas). En total, la duración del lote dentro de la ruta fue de 825 minutos.

Secuenciación después de las Rutas iniciales

Aunque hasta este punto, finalmente, ya se conocen los tiempos de preparación de las máquinas para las cuales estos son variables, aún falta establecer como será el orden de ejecución de los lotes en los recursos posteriores a las rutas y que por lo tanto son alimentados desde éstas dos fuentes, por productos diferentes y en momentos diferentes. El resultado de éste paso es de importancia y de gran utilidad, especialmente si el recurso que se detecte como restricción del sistema se encuentra después o no hace parte de ninguna de dichas rutas.

Entonces los objetivos aquí son dos. El primero consiste en “fusionar” en una sola lista, todos los lotes de los diversos productos provenientes de las dos rutas. Como segunda medida, teniendo en cuenta que en el centro de trabajo de Pulido el trabajo es realizado por más de un operario⁷¹, el trabajo que salga de las rutas debe ser inmediatamente repartido entre ellos, quienes están en plena capacidad de ejecutar cada una de las operaciones que dentro de éste tipo deben hacerse a la pieza.

Para mostrar como se establece el orden subsecuente de procesamiento de los lotes en los centros de trabajo ubicados después de las rutas, se ejemplificará una situación sencilla⁷² y con pocos productos, que involucra todas las variables de las que se hace uso. Conforme con el ejemplo, la Tabla 60 muestra la información con la cual será posible empalmar las dos listas relacionadas con el Torno Suizo, el Torno CNC y el CMV y en la Tabla 61, se condensa la información del mismo tipo para el centro de trabajo de Pulido. Asumiendo que se toma como hora de inicio la hora 0.

Tabla 60. Información de las tareas asignadas a cada una de las rutas (ejemplo)

RUTA SUIZO					RUTA CNC				
Prioridad	Lote	Producto	Cantidad (unidades)	Hora de terminación	Prioridad	Lote	Producto	Cantidad (unidades)	Hora de terminación
1	A	Gancho Lateral	25	4:15	1	G	Barra Longitudinal *80	20	1:43
2	B	Cuerpo Poliaxial *40	27	7:24	2	H	Barra Longitudinal *90	16	2:36
3	C	Cuerpo Poliaxial *45	22	9:43	3	I	Ensamblador	66	8:28

⁷¹ Hasta la fecha son dos, pero se contemplan dentro de la herramienta la posibilidad de que se contraten más.

⁷² Los datos no son necesariamente los reales.

4	D	Cabeza Poliaxial Normal	30	11:47	4	J	Contratuerca	49	8:30
5	E	Cabeza Poliaxial de Red.	19	13:26					

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 61. Información de las tareas asignadas a Pulido (ejemplo)

Lote	Producto	Tiempo (minutos)			
		Alistamiento Básico	OP.Lm unitario	Alistamiento Básico	OP.Lj unitario
A	Gancho Lateral	1	1,80	1	6
B	Cuerpo Poliaxial *40	1	0,48	1	0,67
C	Cuerpo Poliaxial *45	1	0,59	1	0,82
D	Cabeza Poliaxial Normal	1	2	1	0,67
E	Cabeza Poliaxial de Red.	1	2,53	1	1,05
G	Barra Longitudinal *80	1	0	1	2
H	Barra Longitudinal *90	1	0	1	3,50
I	Ensamblador	1	0,50	1	0,67
J	Contratuerca	1	0	1	0,94

Fuente: Autoras del proyecto.

En la Tabla 60 se ve claramente cuales son los productos que han sido asignados a cada ruta y su orden respectivo de ejecución y con ello ya se conocen los diferentes tiempos de preparación críticos. Se aclara que el tiempo mostrado en la tabla es el tiempo de preparación total equivalente a la suma de 1. desmontaje, 2. montaje y 3. compensación de herramientas (hasta aquí tiempos críticos), 4. llamado del programa y 5. cero de pieza. En cuanto a los tiempos de operación unitarios, en la Ruta Suizo, corresponde directamente al tiempo de operación de la pieza en el Torno Suizo, mientras que en la Ruta CNC, para obtenerlo se debe sumar el tiempo de cada una de las operaciones que se realizan tanto en el Torno CNC como en la Fresa CNC.

Normalmente las sub-operaciones que componen el proceso de pulido de los artículos incluyen: Grata (OP.G), Lima (OP.Lm), Lija (OP.Lj), Trapo (OP.T), Lima manual (OP.Lmm)

y Hexágono (OP.H) pero para simplificar la explicación del ejemplo solo se tomaron en consideración dos de ellas, las cuales se muestran en la Tabla 61.

Fusión de los lotes de producto mecanizados

Con base en la tabla 1 que muestra la hora de terminación de cada lote de artículos en la ruta respectiva de mecanizado, se procede a intercalar los lotes de productos para determinar el momento en que cada uno llega al Banco de Pulido. Así: entre los dos primeros, el lote A (Ruta Suizo) y el G (Ruta CNC), el primero en finalizarse es el de las barras longitudinales*80 según lo confirma la hora de terminación (1:43 horas). El siguiente en estar listo es el lote H (2:36 min), el posterior a éste es el lote A (4:15 horas) y así sucesivamente. La lista final se recoge a continuación:

Tabla 62. Fusión de las tareas provenientes de las rutas (ejemplo)

Lote	Producto
G	Barra Longitudinal *80
H	Barra Longitudinal *90
A	Gancho Lateral
B	Cuerpo Poliaxial *40
I	Ensamblador
J	Contratuerca
C	Cuerpo Poliaxial *45
D	Cabeza Poliaxial Normal
E	Cabeza Poliaxial de Red.

Fuente: Autoras del proyecto.

Asignación de los lotes de producto mecanizados a Pulido

Ahora, para redistribuir esta lista entre los operarios encargados de las operaciones de Pulido, se debe tener en cuenta adicional a dicho orden de llegada, los tiempos de operación unitarios y de alistamiento contemplados en la Tabla 61. Como parte del ejemplo, se asume la situación actual en la que hay disponible dos operarios para realizar

el Pulido de las piezas, pues el manejo es el mismo para cuando se tienen 3, 4 o más operarios.

Para el caso expuesto se continuará con la lista de la Tabla 62. De la misma forma que con las rutas, se calcula un tiempo total de procesamiento de todo el lote por operación, que consiste en multiplicar el tiempo de operación total unitario (incluye operaciones de Lija y de Lima) por la cantidad a procesar, más su respectivo tiempo de preparación (que también incluye el correspondiente a las operaciones de Lija y de Lima); así por ejemplo, el tiempo de trabajo de pulido del lote A, Gancho Lateral, es: $25 \cdot (1.8 + 6) + (1 + 1)$, igual a 197 minutos. La siguiente tabla muestra el total para cada referencia tratada.

Tabla 63. Tiempo de las operaciones de pulido (ejemplo)

		Tiempo del Lote (min)	
Lote	Producto	Lima	Lija
A	Gancho Lateral	46	151
B	Cuerpo Poliaxial *40	14	19
C	Cuerpo Poliaxial *45	14	19
D	Cabeza Poliaxial Normal	61	21
E	Cabeza Poliaxial de Red.	49	21
G	Barra Longitudinal *80	0	41
H	Barra Longitudinal *90	0	57
I	Ensamblador	34	45
J	Contratuerca	0	47

Fuente: Autoras del proyecto.

Los pulidores se denominarán como Operario 1 y Operario 2, a quienes se les reparte el trabajo del lote completo con todo lo que implica, es decir, comparten el procesamiento de un mismo lote (se dividen las cantidades entre los operarios disponibles) y además, cada uno de ellos debe realizar todas las operaciones (grata, lija, trapo, lima, etc.) relacionadas con el producto, de principio a fin. Así, se debe tener en cuenta la duración de transformación de todo el lote (Tabla 63) y con ello, cada vez que exista un trabajo que ésta en cola según la lista unificada proveniente de mecanizado (Tabla 62), los dos operarios darán comienzo al pulido del mismo lote. Continuando con el ejercicio, el primer

lote disponible para que pulido lo procese es el G, el cual es repartido equitativamente (de ser posible) a los Operarios 1 y 2 para realizar en él su única operación de pulido: Lija. Al ser finalizada la tarea, se continúa con el procesamiento del siguiente lote, H, también con una única operación de Lija. Enseguida se toma el lote A, quien si cuenta con las dos operaciones de lima y lija, entonces los operarios dan pie a la primera de ellas y una vez finalizado el lote continúan con la siguiente operación de Lija; al no existir más operaciones para efectuar sobre el lote A, enseguida se procede de la misma manera con el siguiente lote en cola, el B; así sucesivamente hasta que todos los lotes de producto queden repartidos entre los operarios presentes. Para el ejemplo la asignación finalmente queda de la siguiente manera:

Tabla 64. Información de las tareas asignadas a los operarios de Pulido (ejemplo)

Lote	Operación	OPERARIO 1							OPERARIO 2						
		Cantidad asignada (unid)	Tiempo del Lote (min)	Hora de Terminación operación anterior (min)	Hora de Inicio Operación (min)	Hora de Terminación (min)	Espera previa lote (min)	Espera previa operario (min)	Cantidad asignada (unid)	Tiempo del Lote (min)	Hora de Terminación operación anterior (min)	Hora de Inicio Operación (min)	Hora de Terminación (min)	Espera previa Lote (min)	Espera previa operario
G	Lima	10	21	1:43	1:43	2:04	0	0	10	21	1:43	1:43	2:04	0	0
H	Lima	8	29	2:36	2:36	3:05	0	32	8	29	2:36	2:36	3:05	0	32
A	Lima	13	24	4:15	4:15	4:39	0	70	12	23	4:15	4:15	4:38	0	70
A	Lija	13	79	4:39	4:39	5:58	0	0	12	73	4:38	4:38	5:51	0	1
B	Lima	14	8	7:24	7:24	7:32	0	86	13	7	7:24	7:24	7:31	0	93
B	Lija	14	10	7:32	7:32	7:42	0	0	13	10	7:32	7:32	7:42	0	1
I	Lima	33	18	8:28	8:28	8:46	0	46	33	18	8:28	8:28	8:46	0	46
I	Lija	33	23	8:46	8:46	9:09	0	0	33	23	8:46	8:46	9:09	0	0
J	Lima	25	25	8:30	9:09	9:34	39	0	24	24	8:30	9:09	9:33	39	0
C	Lima	22	14	9:43	9:43	9:57	0	9	22	14	9:43	9:43	9:57	0	10
C	Lija	22	19	9:57	9:57	10:16	0	0	22	19	9:57	9:57	10:16	0	0
D	Lima	15	31	11:47	11:47	12:18	0	91	15	31	11:47	11:47	12:18	0	91
D	Lija	15	11	12:18	12:18	12:29	0	0	15	11	12:18	12:18	12:29	0	0
E	Lima	10	26	13:26	13:26	13:52	0	57	9	24	13:26	13:26	13:52	0	59
E	Lija	10	12	13:52	13:52	14:04	0	0	9	10	13:52	13:52	14:02	0	0

Fuente: Autoras del proyecto.

El tiempo total de trabajo del lote está compuesto del tiempo de preparación (alistamiento básico) y el tiempo de operación del lote mostrados en la Tabla 2; la hora de terminación de la operación anterior hace referencia al instante en el que se finaliza la operación precedente y que puede provenir de las rutas o de pulido mismo si ya se ha hecho una operación previa en éste centro de trabajo; la hora de inicio de operación muestra el momento en que se inicia la operación de pulido, para el ejemplo, en la mayoría de los casos, coincide con la hora de terminación de la operación anterior porque en el momento en que llegaba un lote, los dos operarios se encontraban disponibles lo que significa que los lotes de productos no tenían tiempos de espera, sin embargo, en el momento en que el Lote J llegó de las rutas de mecanizado para ser realizada la operación de Lima, los operarios se encontraban ocupados en la operación Lija del lote I, generándose así un tiempo de espera para el lote J; la hora de terminación indica el momento en que finaliza la operación mencionada en cada una de las filas de la tabla; la espera previa del operario es el tiempo que el operario estuvo disponible y sin labor antes de que llegue un lote de productos proveniente de las operaciones de mecanizado o de pulido mismo; la espera previa del lote es el tiempo que el lote de productos pasa en cola debido a que los operarios están ocupados en el pulido de otros lotes y/o que hayan otros lotes que llegaron a formar parte de la cola antes de él.

Hasta este punto, se expuso como se asignan las tareas hasta el centro de trabajo de Pulido. A partir de allí, en caso de ser necesario, el tratamiento es el mismo para las estaciones posteriores a éste: los centros de Limpieza, Galvanizado (Anodizado) y Marcado, es decir, los lotes provenientes de los dos operarios de Pulido al finalizarse deben ser fusionados en una nueva lista que tomará el único recurso existente para llevar a cabo el proceso posterior, en caso de existir dos recursos para éste proceso, la asignación de los lotes se hace de la misma manera que con los dos operarios de Pulido.

En este momento se va a mencionar un tratamiento especial que se dio al Centro de trabajo de limpieza, debido a que el proceso que se lleva a cabo en éste recurso se puede efectuar para un gran número de piezas de manera simultánea, sin contar con un número fijo de piezas que deben ser procesadas en cada ciclo de operación. Entonces, por ser un tiempo insignificante y por no trabajarse los lotes de manera independiente sino como una mezcla de lotes de productos en un mismo ciclo, se optó por establecer que su ejecución

se de periódicamente cada vez que exista un número suficiente de piezas (varios lotes) que justifique la limpieza. Con base a la observación realizada a todo el proceso productivo, dicho periodo se fijó inicialmente cada 2 días, por supuesto es susceptible a los cambios que tanto la demanda como del flujo de producción requieran. Dentro de la Herramienta Software no se involucra de manera directa éste proceso sino que se incluye un parámetro denominado **Retardo Inicial**, el cual afecta directamente al Centro de Trabajo de Galvanizado quien sigue en la secuencia al proceso de limpieza. Debido a que se debe acumular un gran número de piezas para la limpieza, Galvanizado no recibirá los lotes uno a uno en diferentes momentos del tiempo, sino que los recibirá todos de manera conjunta y en un mismo instante, que según el retardo inicial será cada dos días, es decir, en el periodo de producción los primeros lotes que en galvanizado se procesen comenzarán en las primeras horas del día tercero una vez se haya finalizado el proceso de limpieza considerando que éste último se realiza para dos días acumulados de trabajo proveniente de pulido.

Como se comentó al comienzo de este apartado, la fusión de las listas provenientes de las rutas y la distribución de ésta a Pulido, es de gran utilidad cuando se revele que el recurso restricción del sistema, se encuentra en un punto después de las rutas iniciales. De ésta forma podrá establecerse cual es el orden del trabajo que la restricción debe efectuar (ya que el PMP no lo contempla) y finalmente poder liberar la materia prima, garantizando no sólo dicho orden fijado, sino también que el recurso pueda trabajar sin pausa o interrupción. Con ello, durante la Fase 3: Programación y control con DBR, se citará y empleará lo descrito anteriormente.

LOTE DE PROCESO Y LOTE DE TRANSFERENCIA EN MEDIIMPLANTES

El lote de proceso es la cantidad de un producto trabajado (procesado) en un recurso, antes de cambiar ese recurso para producir un producto diferente; el lote de transferencia es la cantidad de unidades que se mueven al mismo tiempo de un recurso al siguiente⁷³.

⁷³ UMBLE, Op. cit., p. 108.

Se ha planteado que el lote de proceso para cada artículo equivale a los requerimientos totales que el PMP estableció para él, debido a que:

- Los Centros de Trabajo encargados del mecanizado requieren tiempos de preparación considerables con respecto a los demás recursos por motivo de los cambios de herramientas entre las operaciones que se realizan en ellos. Teniendo en cuenta que deben ser programados con anterioridad para conocer la duración de los tiempos de alistamiento, como se comentó a comienzos de la Fase 0, se debe velar desde éste momento por que el tiempo invertido en sus preparaciones sea bajo para evitar que más adelante sea detectado como una restricción que a su vez hay que programar de tal manera que la mayor parte de su tiempo sea ocupado en actividades de obtención de piezas y no en tiempos de inactividad y/o alistamiento. Lo anterior conlleva a trabajar los requerimientos del PMP en un sólo lote de proceso para cada artículo.
- Por otra parte, considerando que el esquema adecuado para MEDIIMPLANTES es el de producir para inventariar (se fabrica en éste mes lo que se demandará en el siguiente), todos los productos y todas las cantidades requeridas de ellos son igualmente esperadas a final del periodo productivo, es decir, hay poca utilidad en segmentar los requerimientos de cada artículo en lotes pequeños puesto que todos cuentan con el mismo plazo de entrega. De la misma manera, éste esquema hace innecesario obtener en lapsos menores una mezcla que contenga diferentes productos provenientes de fabricar en lotes pequeños ya que tienen igual plazo para su finalización.

Manufactura Sincrónica sugiere que “el lote de transferencia no tiene que ser ni debería ser igual al lote de proceso”. Está demostrado que el emplear un lote de transferencia con una dimensión menor que el lote de proceso, disminuirá el tiempo de producción de un producto, sin embargo hay ciertas particularidades en el sistema productivo de MEDIIMPLANTES que hace que éste efecto positivo no genere los beneficios esperados de él. Dichas particularidades son:

- Una vez mas, el esquema de producción para inventariar condiciona la manera de producir, en éste caso, en lo referente al tamaño del lote de transferencia del cual se ha concluido que no se obtiene un impacto considerable, ya que si se consiguen tiempos

menores en el flujo del producto al disminuir el tamaño de dichos lotes, en definitiva, el lote de producto tendrá que esperar hasta que se termine el periodo productivo para comenzar su venta. Es decir, en el caso contrario, en donde se manejan pedidos de clientes, la reducción en los tiempos productivos debido a un lote pequeño de transferencia hacen que los tiempos de entrega sean menores y se pueda atender al cliente con más prontitud, pero como se comentó a comienzos del Capítulo dedicado al PMP, para MEDIIMPLANTES éste último esquema no es conveniente y es justamente en un caso como él en el que se obtienen los beneficios que se buscan al implantar lotes de transferencia pequeños. En fin, el conseguir una duración menor del tiempo de flujo se ve contrarestanda al tener que inventariar los productos puesto que todos los productos son esperados al final de un periodo.

- Limpieza es un Centro de Trabajo cuya operación es posible realizarla de manera simultanea a varios lotes de diferentes productos, esto hace a que tenga una capacidad elevada con respecto a los demás centros de trabajo y su forma de operar hace necesario que se acumule un cierto número de lotes antes de que realice la operación, repitiéndose el mismo fenómeno comentado en el punto anterior, tanto en éste recurso como al finalizar el recorrido total del lote de producto.

En conclusión, en MEDIIMPLANTES se dará paso a manejar lotes de proceso iguales a los lotes de transferencia.

8.5.2 FASE 1: restricciones

OBJETIVO: Identificar las restricciones físicas del sistema productivo de MEDIMPLANTES para un periodo determinado.

Finalmente, conocidos los tiempos de preparación de todos los centros de trabajo, se procede en ésta fase a determinar cuales de ellos se comportan como una limitación para el sistema, dando pie al primero de los pasos contemplados dentro del método de Teoría de Restricciones. Evidentemente, en el caso que ninguno de los centros de trabajo se constituya como una, el mercado es considerado como posibilidad.

Para dicho fin, se opta por el tratamiento de la información relacionada con demanda de los productos, sus respectivos tiempos de operación y alistamiento, y el tiempo disponible de los centros de trabajo. Por supuesto los cálculos están acotados dentro de un periodo de tiempo en donde cada una de esas variables toma cierto valor. Entonces la detección de la restricción consiste en comparar, para cada uno de los recursos, si la carga impuesta por la demanda es mayor que la disponibilidad laborable con la que cuente el centro de trabajo.

Como primera medida, del PMP se extrae el periodo t y su duración, que es el intervalo durante el cual se realizará la producción y durante el cual se presenta una demanda, teniendo en cuenta que se maneja el esquema de fabricar en éste periodo para atender la demanda del siguiente. Dicho espacio puede ser un trimestre, un mes e inclusive una semana aseverando que la herramienta software no presenta ninguna limitación en el manejo del periodo t y la extensión que éste pueda asumir.

En MEDIIMPLANTES, Para cada centro de trabajo con respecto a la capacidad disponible se tiene:

$$D_{i,t-1} = tl_{i,t-1} + te_{prefijado} + te_{i,t-1} - otros$$

$D_{i,t-1}$ = disponibilidad del recurso i en el periodo $t-1$. Donde $i = 1, \dots, a$. (Horas/Periodo)

tl_{t-1} = total de tiempo laborable básico en el periodo $t-1$. (Horas/Periodo)

$te_{prefijado}$ = tiempo laborable extra previamente fijado en el periodo $t-1$. (Horas/Periodo)

$te_{i,t-1}$ = tiempo laborable extra demandado en el periodo $t-1$. (Horas/Periodo)

$otros$ = tiempo requerido y previsto dentro del periodo t para destinar en actividades como: limpieza y mantenimiento de los centros de trabajo, capacitaciones, reuniones, etc. (Horas/Periodo)

Y la capacidad requerida es:

$$C_{i,t-1} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (to_{ij} \times RNP_{jt} + tp_{kj})$$

$C_{i,t-1}$ = carga impuesta al recurso i en el periodo $t-1$. (Horas/Periodo)

to_{ij} = tiempo total de operación unitario del artículo j en el recurso i . Donde $j = 1, \dots, b$.
(Horas/Periodo)

$$to_{ij} = \sum_{k=1}^c to_{ijk}$$

k = es cada una de las operaciones que han de efectuarse para el artículo j en el recurso i . $k = 1, \dots, c$.

to_{ijk} = tiempo unitario para realizar la operación k del artículo j en el recurso i .
(Horas/Periodo)

tp_{ijk} = tiempo de preparación para realizar la operación k del artículo j en el recurso i
(Horas/Periodo). (Horas/Periodo)

RNP_{jt} = Requerimientos netos de producción del artículo j en el periodo t
(Unidades/Periodo)

Recordando lo planteado del Capítulo de PMP, se tiene que:

$$j = m + n$$

m = artículo de demanda independiente

n = artículo de demanda dependiente

$$RNP_{mt} = F_{mt} + SS_{mt} \pm PE_{mt} - II_{m,t-1}$$

$$RNP_{nt} = r * RNP_{mt}$$

r = cantidad que relaciona al artículo independiente m con un artículo dependiente n (si no existe relación r es nulo o igual a cero)

Se comenta un poco más sobre el valor tl_{t-1} . Este valor tiene en consideración (descontando tiempo) que un recurso de acuerdo a su ubicación dentro de la cadena productiva no podrá empezar su trabajo en los primeros momentos del periodo destinado para la producción o no podrá finalizar sus últimas tareas en los últimos instantes del periodo, estas limitaciones se presentan por el hecho de que toda la producción debe ser finalizada dentro del periodo t (como se ha planteado, éste periodo equivale a un mes). Por ejemplo, el centro de Trabajo de Marcación se encuentra al final de la línea de producción lo que implica que las primeras horas del periodo de fabricación, tendrá que esperar a que los recursos anteriores a él le suministren trabajo, esto quiere decir, que la disponibilidad de éste recursos no está dada por todas las horas que componen el periodo productivo, sino por un número menor a éste.

El valor del tiempo a descontar se determina realizando una corrida de prueba en el Software, en donde es posible estimar el tiempo que un recurso tiene que esperar para dar comienzo a la primera tarea asignada y/o el tiempo en que un recurso debe finalizar sus labores para garantizar que el último recurso podrá finalizar las actividades dentro del periodo establecido.

Dentro de la programación operativa de la producción de MEDIIMPLANTES, comparando los valores resultantes de las dos grandes expresiones anteriores para la disponibilidad y la carga de un recurso, se contemplan los siguientes eventos:

CASO 1. Presencia de Cuello(s) de Botella. Si la carga del recurso es superior o igual a la disponibilidad del mismo.

CASO 2. Presencia de Recurso(s) con Capacidad Limitada. Si la carga del recurso es inferior que la disponibilidad del mismo, pero esta cerca de ella o de no poder cumplir con la demanda que se le impone. Que tan cerca? La respuesta se comentará en breve.

CASO 3. Identificación del Mercado como restricción. Si la carga del recurso es inferior a la disponibilidad del mismo.

Recordando, se tiene que "...un Cuello de Botella se define como un recurso que no tiene la capacidad de satisfacer la demanda [y]...un recurso con Capacidad Limitada es aquel que trabaja cerca de la capacidad pero, en promedio, tiene unas aptitudes adecuadas mientras no se programe incorrectamente".⁷⁴

En el caso 2, cuando se dice que la carga del recurso está "cerca" de su disponibilidad, es porque se encuentran dentro de unos límites que se han establecido y que definen un intervalo a partir del cual el recurso comienza a ser crítico o se convierte en un recurso con capacidad limitada, dicho intervalo ha sido llamado **Intervalo de Holgura**. Por ejemplo, si se tiene un Intervalo de Holgura de 500 minutos para un centro de trabajo cuya capacidad disponible es 9000 minutos en el mes, y se calculó que la carga impuesta sobre éste es de 8800 minutos en el mes, entonces el centro de trabajo es considerado un Recurso de Capacidad Limitada ya que la carga está dentro de los límites (8500 – 9000 min) que se han definido y dentro de los cuales un recurso es de Capacidad Limitada. El intervalo es fijado internamente en el Software por un parámetro que consiste en un porcentaje llamado **Porcentaje de Recurso de Capacidad Limitada**, y es aplicado a la disponibilidad que tiene cada uno de los recursos en un periodo determinado; con ello, si la disponibilidad de un recurso es de 9000 minutos y el porcentaje es del 85%, significa que los límites del Intervalo de Holgura van desde 7650 (9000×0.85) hasta 9000 (no incluido) minutos; si la carga del recurso toma un valor que se incluye dentro de éstos límites, será un Recurso de Capacidad Limitada.

⁷⁴ CHASE, AQUILANO, JACOBS, Op. cit., p. 804.

La determinación del Porcentaje de Recurso de Capacidad Limitada se debe dar para cada uno de los recursos de manera independiente y se basa en el conocimiento que se tenga sobre el desempeño real de los mismos, es decir, de acuerdo a aspectos tales como el estado de los equipos, la intervención del operario en la fabricación, el grado de interrupciones, entre otros, al que se vea sometido el centro de trabajo, habrá un mayor riesgo de incumplimiento y por ello es útil generar una alerta que empiece a identificar los recursos como de Capacidad Limitada. A mayor grado de incumplimiento menor Porcentaje de Recurso de Capacidad Limitada y mayor longitud del Intervalo de Holgura, por lo tanto, el recurso va a quedar catalogado mas fácilmente como el tipo de recurso mencionado, lo cual requiere ejercer un control sobre él para prevenir que se convierta en Cuello de Botella.

Se presenta un diagrama de flujo que representa el proceder de esta fase, ver Anexo V. En general, para los dos primeros casos en donde la restricción es uno de los recursos del sistema, la información concerniente a cada uno es presentada a manera de resumen tal como se muestra en la Tabla 65 y se constituye como una salida de la herramienta que guiará decisiones posteriores. En cualquiera, CASO 1 o CASO 2, puede existir uno, dos o más, recursos de éste tipo por consiguiente se presentan una lista que los contiene aún cuando no todos sean críticos para programar la producción.

Tabla 65. Esquema de presentación de los Recursos Restricción

RECURSO	TIPO	DISPONIBILIDAD (min)	CARGA (min)	DÉFICIT (min) ⁷⁵
Pulido	R. Cuello de Botella	9000	9450	450
Galvanizado	R. con Capacidad Limitada	9000	8960	0

Fuente: Autoras del proyecto.

Por otra parte, si para absolutamente ningún recurso su carga ha superado su disponibilidad ni tampoco ha caído dentro de su Intervalo de Holgura, entonces se tiene el CASO 3, en donde la restricción la constituye el Mercado como tal. Teniendo en cuenta el objetivo de ésta Fase 1, la herramienta software dará el anuncio de este hecho

⁷⁵ Durante el periodo t .

“publicando” un mensaje que expone brevemente dicha la restricción y cual es la forma conveniente para que MEDIIMPLANTES ataque estratégicamente el problema. En el Anexo 1 se muestra el mensaje arrojado por el software en caso de que la limitación del sistema la constituya el mercado.

8.5.3 FASE 2: modificaciones

OBJETIVO: De acuerdo con el periodo vigente, en esta fase se persiguen tres objetivos y son los siguientes:

- Favorecer el desempeño del sistema incrementando la capacidad de su(s) restricción(es)
- Reajustar el PMP
- Manipular el trabajo asignado a las Rutas Suizo y CNC

Una vez detectadas las restricciones del sistema productivo de MEDIIMPLANTES, se pretende que todas las decisiones y acciones se enfoquen y se den en torno a ellas, para beneficiar de ésta manera la Meta global. En la Fase anterior se mencionó que las restricciones identificadas pueden ser los Recursos Cuello de Botella, los Recursos con Capacidad Limitada o el Mercado como tal. En los dos primeros casos dichas decisiones y acciones claves se contemplan dentro del primer y el segundo objetivo de los planteados en ésta Fase 2, resaltando que el Reajuste del PMP solo se dará si el objetivo inicial es insuficiente. En el caso de ser el Mercado la restricción, las acciones tienen un impacto tal que requieren un tiempo de realización relativamente mucho más largo pues tiene que ver con aspectos de la ventaja competitiva.

Con respecto al tercero de los objetivos de ésta fase, la manipulación de las rutas, es un suceso de ocurrencia periódica, dejando claro que en cada ocasión que se pretenda programar la producción se llevará a cabo si es conveniente, presentándose una diferencia con respecto a los dos primeros objetivos que solo se materializarán si se detecta una restricción que se les relacione. También se destaca que aún cuando el objetivo de la manipulación de las rutas fue enunciado en el tercer lugar (último), es el

primero en ejecutarse (dentro de la Fase 2); los dos restantes tendrán una realización posterior, pero fueron enumerados inicialmente por ser de mayor importancia dado que impactan positiva y directamente sobre la consecución de la Meta.

Debido a la naturaleza de esta fase, en donde se gira en torno a cambios y reformas realizadas sobre unos factores preliminares que más adelante dan pie a lograr una programación definitiva y que, dichas reformas se derivan del proceder del encargado de la programación, la mejor manera de sustentar si una modificación es aceptable y que aporte en términos de la Meta, es por medio del uso de indicadores. Operativamente hablando, existe un juego de indicadores que permiten evaluarlo y han sido extraídos de la corriente teórica por la que se ciñe este proyecto, son: Throughput, Inventarios y Gastos de Operación. Como es debido, para cada una de las modificaciones efectuadas se calcularán éstos tres valores que serán la guía para decidir cual alternativa es la conveniente. Sobre éste tema se dará profundidad en el Capítulo 9. Se presenta un diagrama de flujo que representa toda la fase, ver Anexo W.

1. MANIPULACIÓN DEL TRABAJO ASIGNADO A LAS RUTAS SUIZO Y CNC

Partiendo del trabajo (operaciones de los productos) que en la Fase 0 fue asignado a cada uno de los recorridos iniciales denominados como Rutas CNC y Suizo, la manipulación a la que se hace referencia consiste básicamente, en ceder trabajo de la Ruta Suizo a la Ruta CNC o viceversa.

Como se dijo, estas acciones se ejecutan cada vez que se decida, independientemente de las mejoras o movimientos relacionados con las restricciones. No obstante, si se da el evento donde la restricción es uno de los recursos que componen las rutas (Torno CNC, Fresa CNC y Torno Suizo) éste paso resulta siendo el mismo que el objetivo 1 y en últimas se llevará a cabo solo un objetivo en toda la Fase 2, si el Reajuste del PMP no es necesario.

Las razones por las que se establece la posibilidad de manipular el trabajo previamente ordenado a las rutas, **si ninguno de sus centros de trabajo es restricción**, son las siguientes:

- Puede requerirse tiempo para la elaboración del instrumental. Anteriormente se mencionó que estos artículos son de fabricación ocasional⁷⁶ y que necesitan ser procesados exclusivamente en la Ruta CNC. Por ello, para contar con tiempo para dicho fin se recurre a ceder parte del trabajo de los implantes al Torno Suizo, e incrementar su tiempo disponible de trabajo. Además, existe la alternativa de garantizar que los tiempos de preparación en ésta Ruta CNC sean bajos, pero ya ha sido tenida en cuenta de manera implícita, pues ocurre siempre.
- Puede requerirse tiempo para la fabricación de prototipos. Dada la etapa en la que se encuentra MEDIIMPLANTES, el frecuente diseño y desarrollo de productos obliga a elaborar pruebas tanto de programas como de productos nuevos.
- Pueden darse cualquier otro tipo de decisiones que aunque no contribuyan directamente a la consecución de la meta, por conveniencia o experiencia, el jefe de producción resuelva realizar.

Con todo, la manipulación de las rutas no se hace de forma enteramente arbitraria. Se basa en la utilización de los criterios establecidos en la Fase 0, esto es: el Porcentaje de Reducción y el ordenamiento de las operaciones en cada una de las rutas que fue fijado por en las Etapas 1 (PAV) y 2 que buscan unos bajos tiempos de preparación. El ciclo es el siguiente:

1. Realizar una revisión de los tiempos de operación de las rutas entre las cuales se desea ceder trabajo, y con ello decidir que productos serán foco para ser despedidos de la ruta a la que fueron asignados inicialmente. (U)
2. Trasladar los productos de la Ruta Suizo a la Ruta CNC o viceversa. (U)

⁷⁶ Se fabrican solo en caso de: que se necesite completar un KIT; que se renueven los implantes y con ellos el instrumental; que se creen nuevos productos; y que se necesite un KIT para otra ciudad.

3. Materializar, una vez más, la Fase 0 pero únicamente el paso relacionado con la aplicación de las Etapas 1 y 2, ya que han ingresado nuevos productos a las rutas y deben ser ordenados según sus tiempos de preparación. (S)
4. Recalcular la Fase 1 para identificar las restricciones físicas del sistema. (S)
5. Regresar al paso 1 si el encargado considera conveniente realizar más cambios o si debido a los movimientos anteriores se propició que una de las máquinas pertenecientes a las rutas sea ahora una restricción, de modo que hay que eliminarla. (U)

Los puntos señalados con una (S) indican que son de manejo interno o de proceder automático de la herramienta software, mientras que los indicados con una (U), son debidos a la maniobra del usuario encargado.

¿Que tanto ceder? Lo suficiente como para que los indicadores operativos no sufran las consecuencias de las modificaciones de manera grave.

2. DECISIONES Y ACCIONES RELACIONADAS CON LA(S) RESTRICCIÓN(ES)

- Favorecimiento del desempeño del sistema debido al incremento de la capacidad de su(s) Restricción(es)
- Reajuste del PMP
- Incremento en la demanda de los productos

Favorecimiento del desempeño del sistema debido al incremento de la capacidad de su(s) Restricción(es)

En el totalmente posible acontecimiento de que en MEDIIMPLANTES se revele que alguno(s) de sus centros de trabajo sea(n) Recurso Cuello de Botella o Recurso de

Capacidad Limitada⁷⁷, “la solución integral para mejorar el desempeño en las empresas restringidas por su producción, incluye tanto la implantación de un flujo sincronizado del producto como un aumento en el rendimiento específico de la planta”⁷⁸

Basándose en las explicaciones dadas en el texto de Manufactura Sincrónica⁷⁹ se extrae y se aplican las siguientes ideas, la sincronización del flujo se persigue mediante la implantación del sistema DBR, el cual está relacionado con la siguiente Fase 3, mientras que el aumento del rendimiento específico de la planta (Throughput) se logra mediante: la eliminación de los intervalos de tiempo ocioso, la reducción del tiempo de preparación y de trabajo por unidad, las mejoras en el control de la calidad, la reducción en la carga de trabajo con aquellos productos para los cuales no existe demanda, la contratación de tiempo extra y la compra de capacidad adicional; cada una de éstas últimas alternativas queda clasificada dentro de las categorías de explotación o elevación de la restricción y ya fueron profundizadas para el caso de MEDIIMPLANTES en el Capítulo 5 apartado 2. Teoría de Restricciones propone que para beneficiar la capacidad de la restricción el orden coherente y conveniente es explotarla antes que elevarla.

En conclusión, dentro de las oportunidades que brinda el contexto, las opciones que se contemplan en esta Fase 2 son aquellas que puedan ser realizables de manera periódica o cada vez que se pretenda programar la producción y al igual que en la modificación de las rutas, estos son: ceder trabajo a otros recursos que realicen su mismo tipo de labor (explotar) y asignar horas extras (elevar), esto último solo ocurrirá si el ceder carga es insuficiente o no es posible. Por supuesto las otras mejoras o alternativas tales como reducir los tiempos de operación y preparación y comprar capacidad, son tomadas en consideración, pero no como parte de la Fase 2 sino como un cambio en los parámetros del software después de haberse llevado a cabo la mejora..

⁷⁷ Casos 1 y 2 de los contemplados en la Fase 1.

⁷⁸ UMBLE, Op. cit., p. 169.

⁷⁹ Ibid., p. 169-174.

1. Ceder Trabajo

Actualmente los centros de trabajo con los que es posible materializar el primer paso (ceder trabajo) son 3: Torno Suizo, Torno CNC y CMV (cobijadas por la Ruta CNC) pero esto no significa que en un futuro puedan existir otros recursos con ésta característica, luego es una eventualidad que ha sido contemplada. Esta operación, teniendo en cuenta las máquinas con las que es posible, se lleva a cabo de la misma forma que el ciclo expuesto en el punto anterior para la manipulación del trabajo asignado.

2. Contratación de horas extras

Por otro lado, si se trata de un recurso restrictivo que no cuente con la anterior opción o si una vez realizado lo antepuesto el recurso sigue contemplándose como una limitación, el paso a seguir es la asignación de horas extras a éste centro de trabajo. Si se trata de un Recurso con Capacidad Limitada, bajo un enfoque conservador, también se puede dar paso para que éste recurso deje de serlo. El tratamiento que se da está basado en la información suministrada en la Fase 1 en donde además de revelar cuales de los recursos son Cuello de Botella y cuales son Restrictivos de Capacidad, se muestra información como la que aparece en la Tabla 66. Aquí, el valor del Déficit es el que guía sobre cuanto tiempo adicional será necesario para que el recurso en cuestión deje de ser una restricción.

Tabla 66. Información presentada para Recursos Restricción

RECURSO	TIPO	DISPONIBILIDAD (min)	CARGA (min)	DÉFICIT (min) ⁸⁰
Pulido	R. Cuello de Botella	1200	1300	100
Galvanizado	R. con Capacidad Limitada	1200	1150	0

Fuente: Autoras del proyecto.

Por ejemplo, si el Déficit para un recurso Cuello de Botella es de 100 horas en el mes, el responsable puede decidir:

⁸⁰ Durante el periodo *t*.

- No asignar horas: no se tiene que asumir éste gasto adicional pero no es posible cumplir con la demanda. En esta elección se debe modificar el PMP pues de lo contrario la capacidad del Centro de Trabajo es insuficiente.
- Asignar justo las 100 horas: se asumen los gastos de las horas extras apenas necesarias pero existe el riesgo de incumplir con la demanda. Esta opción es la que el Software contempla directamente como primera alternativa.
- Asignar 120 horas: puede que el recurso se catalogue como uno con Capacidad Limitada y aunque existe menor riesgo de incumplimiento en relación con la opción anterior, los gastos son mayores. Si se decide llevar a cabo esta alternativa, es necesario acudir al parámetro Tiempo extra prefijado, $te_{prefijado}$, y modificarlo aumentando el valor pertinente.
- Asignar 200 horas: se tiene la plena seguridad de satisfacer totalmente la demanda pero asumiendo los gastos de las horas asignadas. Su incremento funciona de igual manera que en el caso inmediatamente anterior.

Para cada una de las modificaciones efectuadas se generaran un trío de indicadores: Throughput, Inventarios y Gastos de Operación. Es de esperarse que se opte por la alternativa que de acuerdo con los indicadores vistos en conjunto, sea mejor. Con ello, el encargado de la programación es quien en últimas decide que tanto tiempo asignar pero debe ser coherente con los planteamientos hechos.

En el escenario en el que conjuntamente existan dos o más Cuellos de Botella y/o Recursos con Capacidad Limitada, el manejo es el mismo, tomando decisiones para cada uno de los recursos. El objetivo es en lo posible, que las limitaciones detectadas dejen de serlo.

Finalmente se manifiesta que se estableció todo un manejo para fijar horario adicional que ha de ser tenido en cuenta dentro de la programación periódica, no sin antes percatarse de que su materialización es posible para MEDIIMPLANTES. Si las horas extras necesarias son altas o sobrepasan la tolerancia del trabajador (alrededor de 10 a 12 horas al día) debe considerarse la contratación de turno adicional independiente; de lo contrario,

si las horas requeridas son pocas, los empleados están dispuestos a laborarlas. Actualmente existe flexibilidad en ese sentido.

Reajuste del PMP

Durante el establecimiento del PMP el objetivo perseguido es equilibrar la demanda del mercado con la capacidad del sistema productivo, de modo que se obtenga un PMP totalmente factible. Como se ha mostrado, para la empresa resulta ser de mayor importancia brindar un alto nivel de servicio a sus clientes, con lo que, como primera medida se intenta modificar su capacidad productiva para abastecer totalmente su demanda. Pero, aún con todas las alteraciones contempladas en etapas anteriores para favorecer al sistema, puede resultar siendo insuficiente la capacidad disponible, es en éste caso que la última alternativa es satisfacer la demanda parcialmente.

Por ello, se debe decidir que productos y en que cantidades serán disminuidos del PMP preliminar. Por supuesto, ésta no debe ser una decisión arbitraria, pues se deben evaluar una serie de asuntos alrededor de cada uno de los artículos, teniendo en cuenta que existen algunas acciones en torno a ellos, con mayor impacto que otras. Los aspectos que han de evaluarse son tales como:

- El aporte de Throughput de cada producto al sistema, éste es calculado, considerando que los productos o pueden ser el resultado de un ensamble de partes o componentes. Ha de esperarse que se retiren del PMP los artículos que generen menos Throughput.
- La variabilidad de la demanda de un producto. Ha de esperarse que sea menos riesgoso retirar del PMP cantidades de los productos que tienen una variabilidad (histórica) menor.
- El tiempo consumido en la restricción por parte de cada uno de los productos. Ha de esperarse disminuir del PMP aquellos productos cuyos tiempos de operación y preparación en el recurso restrictivo son mayores, pues de esta forma se logra liberar la carga de dicho recurso sacrificando menos cantidades de diferentes tipos de productos.

Estos aspectos deben ser valorados de manera conjunta por el Jefe de producción, para finalmente encontrar cuales son los productos del PMP que van a ser afectados. Debido a que es importante mantener la mezcla de productos que han sido establecidos como demanda, es lógico que inicialmente se opte por disminuir las cantidades de salvaguardia representadas por el Stock de Seguridad.

Dado que la demanda puede tomar un comportamiento regular, en cuanto a que se mantiene la proporción de demanda de cada uno de los productos dentro total, es posible que se reincida una y otra vez en la misma restricción a través de cada uno de los periodos transcurridos. Indudablemente, a largo plazo, lo aconsejable es elevar la restricción comprando capacidad adicional, pero mientras ello ocurre y para dar solución en el momento de realizar la programación de la producción, existe esta alternativa de reajustar el PMP. Siendo así, se contempla como una acción de “subordinar” todo a la limitación encontrada.

Incremento en la demanda de los productos

A corto o a largo plazo, MEDIIMPLANTES se puede detectar como una empresa cuya restricción sea el mercado⁸¹, condición que no permite que el exceso de capacidad que posee se convierta en Throughput. “La estrategia para las empresas restringidas por el mercado, es aumentar la demanda de sus productos. Esto se consigue con la potenciación de sus factores de ventaja competitiva: producir artículos de alta calidad, ofrecer un desempeño superior en el aspecto de las entregas y producir a bajo costo”⁸²

Dentro de la programación operativa de la producción y del software como tal, el resultado de éstas estrategias es tenido en cuenta en el instante que se provee la información de entrada como PMP. Es decir que en la Fase 2, en donde se procede a funcionar de acuerdo con las restricciones, no se toma en consideración cuando la limitación es el Mercado, ya que sus acciones requieren un tiempo de ejecución mucho mayor que el gastado para programar la producción a nivel operativo y en el momento en que se haya

⁸¹ Caso 3 de los contemplados en la Fase 1.

⁸² UMBLE, Op. cit., p. 168.

logrado incrementar la demanda de los productos, serán en su defecto también acrecentados cada una de las variables que componen el PMP de entrada.

8.5.4 FASE 3: programación y control con DBR

OBJETIVO: De acuerdo con el periodo vigente, en ésta fase se persiguen dos objetivos y son los siguientes:

- Establecer el programa detallado de trabajo para el Recurso Restricción
- Establecer el programa detallado de Liberación de Materiales

Como se comentó en la anterior fase, la solución integral para mejorar el desempeño en las empresas restringidas por su producción, contempla tanto la implantación de un flujo sincronizado como un aumento en Throughput de la planta. Esta última iniciativa ya fue descrita, en éste punto se da pie a tratar la sincronización del flujo del producto a través de la planta.

Las restricciones detectadas en la Fase 1, con la aplicación de la Fase 2, pueden haber perdurado hasta éste punto, haber disminuido su nivel crítico o haber desaparecido definitivamente. En cualquiera de estas situaciones o en aquella en la que no hay restricciones como tal, es el recurso mas lento o con menor capacidad quien determina la programación de todo el sistema. Se presenta un diagrama de flujo que representa toda esta fase, ver Anexo X.

El sistema logístico DBR tiene en cuenta éste recurso para lograr un flujo de producto sincronizado, siendo el foco perfecto de control, que permite generar un comportamiento predecible y manejable del sistema. En el libro de Manufactura Sincrónica se comenta:

La esencia del concepto DBR se puede resumir como sigue:

1. Establecer el PMP de modo que sea congruente con las restricciones del sistema. (Tambor).

2. Proteger el rendimiento específico [Throughput] del sistema contra las inevitables pequeñas fluctuaciones, con el empleo de amortiguadores de tiempo en unos pocos puntos más o menos críticos del sistema. (Amortiguador).
3. Ligar la producción en cada recurso con el toque del tambor (Cuerda).⁸³

ANALOGÍA DEL TAMBOR (Drum)

Tal como Goldratt⁸⁴ expone, el Tambor es el punto de control y equivale al Recurso Restricción, pues su tasa de producción marca el ritmo de todo el sistema. El toque de Tambor es el PMP que éste recurso puede ejecutar y por ende el PMP que habrá de elaborar la planta.

El recurso que será catalogado como Tambor en MEDIIMPLANTES, es encontrado durante la Fase 1 y de acuerdo con lo planteado es el foco para programar la producción de toda la planta. Este, a largo plazo después de repetidas programaciones, puede reiterarse como uno mismo sólo hasta el momento en que se decida elevar la restricción, comprando capacidad adicional que incremente su rendimiento; también es posible que existan dos o mas recursos con un nivel crítico similar, a tal punto de que se alternen entre un periodo y otro el papel de Tambor. En última instancia, es la herramienta quien determina cual es el Tambor en cada uno de los periodos para los que se pretenda programar.

En lo relacionado con el toque correspondiente al Tambor encontrado, el caso de aplicación es coherente con los aspectos teóricos relacionados, valiéndose del esquema que dicho toque es el PMP, modificado si es necesario, que la restricción esté en capacidad de procesar. En el Capítulo 7 en donde se especificaron todos los aspectos concernientes al PMP y en éste mismo capítulo, se describe como después de obtener las cifras de los componentes del PMP (proyección, stock de seguridad y previsiones extras), se procede a llevar a cabo ciertas modificaciones que se contemplan dentro de las Fases

⁸³ Ibid., p. 129-130.

⁸⁴ GOLDRATT, Op. cit.,

1 y 2 del proceso de programación. De ésta forma, en la última de estas fases el PMP adquiere su forma definitiva, la cual es congruente con los requisitos y capacidades de la planta y que equivale a realizar una adaptación del PMP acorde con la restricción en cuestión. A manera de recopilación, los ajustes que sufre el PMP, después de determinar sus componentes, son los siguientes:

- Arreglo durante la Fase 0. En éste punto se determina la secuencia preliminar en la que se debe procesar los productos y componentes.
- Ajuste durante la Fase 2.
 1. Manipulación del trabajo asignado a las Rutas Suizo y CNC. Al redistribuir los productos entre éstas máquinas, se calcula nuevamente un orden como han de ejecutarse las operaciones respectivas. Aunque este tipo de modificaciones no se relaciona directamente con la restricción encontrada si ésta última no pertenece a ninguna de las rutas, de cualquier manera se ve afectado el trabajo que dicho recurso limitación pueda procesar.
 2. Decisiones y acciones relacionadas con la(s) restricción(es)
 - o Favorecimiento del desempeño del sistema debido al incremento de la capacidad de su(s) Restricción(es). Teniendo en cuenta que las posibilidades son ceder trabajo y asignar horas extras, solo la primera de ellas puede influir a manera de cambio en el PMP, en lo concerniente al orden de las operaciones.
 - o Reajuste del PMP. Si después de las etapas anteriores aún se sigue dando la situación en que la carga de un recurso excede su disponibilidad, el PMP se modifica eliminando parcial o totalmente la demanda de algunos productos.

- o Incremento en la demanda de los productos. No aplica, como se dijo es una estrategia de aplicación a largo plazo y no tiene que ver con las modificaciones que sufre el PMP durante el periodo relacionado.

Finalmente, después de todas las etapas a las que se ve sometido el PMP, se obtiene el **Programa detallado de trabajo para el Recurso Restricción**. Es ésta la salida u objetivo principal buscado con la programación de las operaciones y en él se condensa toda la información relacionada con los productos que se han de procesar en la restricción, sus operaciones respectivas, la cantidad o el tamaño de lote a tratar para cada uno de los tipos de piezas, el orden y tiempo de procesamiento y con ello, la duración de cada la tarea. La Figura 68 da un ejemplo de cómo es mostrada la información.

ANALOGIA DEL AMORTIGUADOR (Buffer)

Goldratt⁸⁵ expone que el Amortiguador está relacionado con el inventario que protege al Tambor desde la salida de materia prima hasta él. En caso de que “Murphy” (fluctuaciones estadísticas) pegue en alguna parte antes del Tambor, el amortiguador lo resguarda para que éste no quede temporalmente sin trabajo que procesar, ya que es éste recurso el que determina el rendimiento de todo el sistema productivo. Así se contempla principalmente el esquema del amortiguador, sin embargo, existe otro tipo colchón con un objetivo diferente, razón por la cual se muestran las definiciones concretas y la aplicación para cada uno de ellos.

Amortiguadores de tiempo

“Destinados a proteger al Throughput total del sistema, contra las discontinuidades internas que ocurren en forma continua en las empresas manufactureras”⁸⁶.

El tamaño del amortiguador de tiempo varia de acuerdo a cual es el Tambor y cual es su ubicación dentro del sistema productivo, entonces para MEDIIMPLANTES es un valor que

⁸⁵ Ibid.,

⁸⁶ UMBLE, Op. cit., p. 137.

puede variar dependiendo de que tan similarmente críticos sean sus recursos. Como su nombre lo indica, el tamaño de este amortiguador está dado en unidades de tiempo, significa que si se asigna un amortiguador de tiempo de 32 horas para el recurso restrictivo, se espera que en cualquier momento se tenga frente a él como fila de espera, 32 horas de trabajo del que ha sido programado; el primer recurso debe dar comienzo a su trabajo 32 horas antes del tiempo que debería comenzar para que el elemento restricción tenga disponibles los lotes de producto cuando han sido planeados para que él los procese.

En MEDIIMPLANTES se estableció inicialmente un amortiguador para los centros de trabajo de la siguiente manera: si el cuello de botella es el Torno CNC o el Torno Suizo no es necesario un amortiguador de tiempo ya que estos recursos son los primeros por los que debe pasar un producto en su proceso productivo, es decir, teniendo en cuenta el objetivo de este amortiguador, no existe la necesidad de proteger a los recursos restrictivos de las fluctuaciones estadísticas que afecten a los recursos anteriores a ellos porque éstos últimos no existen. Para el centro de trabajo CMV se estableció un amortiguador de un día. Si el cuello de botella o recurso de Capacidad Limitada es Pulido, Anodizado o Marcado, se estableció un amortiguador de tres días.

La duración inicial del amortiguador de tiempo se determinó por consenso del jefe de producción y las autoras del presente proyecto. Por el conocimiento que se tiene por parte de las personas anteriormente nombradas en relación al proceso productivo, se consideró que el tiempo establecido es suficiente para garantizar la oportuna disponibilidad del material o de los productos frente al recurso cuello de botella, sin embargo, mensualmente se evaluará la efectividad de dicho amortiguador, si este no es suficiente para garantizar la protección del sistema se aumentará el tiempo del amortiguador; de lo contrario, si el rendimiento nunca se ve amenazado por las discontinuidades y el recurso que se determinó cuello de botella siempre tiene productos en que trabajar, se evaluará que tan posible es llevar a cabo una disminución en el tiempo del amortiguador ya que un exceso en éste genera inventario innecesarios en el proceso productivo.

El continuo mejoramiento del amortiguador de tiempo será responsabilidad del Ingeniero de Producción de MEDIIMPLANTES, el cual a través del tiempo, con la evaluación y la experiencia deberá establecer el tamaño adecuado de este.

Amortiguadores de existencias

“Destinados a mejorar la capacidad de respuesta de la operación a la demanda del mercado. Para ello se tienen existencias de producto terminado o parcialmente terminado en la previsión de la futura demanda del mercado. Esto permite surtir los pedidos en un tiempo menor que el normal para la producción”⁸⁷

En el capítulo dedicado al tema del PMP, se describió como es el tratamiento que se persigue dar a la fabricación de los productos con relación a la demanda que hay de ellos. Sobre ese contenido se cita en éste punto, que el esquema planteado es “producir durante éste periodo la demanda que se presentará durante el siguiente periodo de tiempo”, significa que al comienzo de cualquier periodo ya se tendrá disponibilidad, como inventario de producto terminado, de toda la demanda prevista para dicho intervalo de tiempo y la cual, a partir de ese momento empezará a consumir las unidades existentes.

Estos inventarios son los Amortiguadores de existencias, pues han sido establecidos para que MEDIIMPLANTES brinde un tiempo de respuesta a sus clientes, prácticamente inmediato, dada la naturaleza y objeto de sus productos. Con ello, el cliente no se ve obligado a esperar a que las unidades que requiera sean procesadas.

ANALOGÍA DE LA CUERDA (Rope)

Es una especie de “señal” o comunicación entre el Tambor y el punto de despacho de materia prima, que actúa sólo enviando la cantidad requerida que ha de procesar el Tambor y en el momento en que lo precisa, para armonizar la entrada de materiales en el

⁸⁷ Ibid., p. 137.

proceso productivo con las necesidades del elemento restrictivo. El beneficio principal es conseguir que ningún centro de trabajo tenga cabida a procesar más piezas que las que hacen falta en cada instante, permitiendo los momentos de inactividad, pues no importan los máximos rendimientos individuales. Tal como se describe, es el manejo que se dará a MEDIIMPLANTES por medio de la programación operativa de su producción, y la manera como se da garantía de que ello ocurra, es por medio del Programa de Liberación de Materiales. Ésta es la segunda salida más importante que se da en la programación realizada periódicamente.

Programa de Liberación de Materiales

Éste programa contempla el momento (con respecto al programa de trabajo para la restricción) en que se debe dar comienzo a la primera operación (O1) de cada uno de los productos o componentes derivados del PMP definitivo. El Programa de Liberación de Materiales es un listado que compila información sobre: la referencia y nombre del artículo, el centro de trabajo en el cual se ejecuta su operación inicial, la hora de inicio de la misma y la cantidad de unidades o tamaño de lote a procesar. Como se comentó es una salida de la programación de la producción y tal como es presentada por la herramienta software se visualiza en la Figura 68.

Una vez establecido el Programa del Recuso Restricción, determinado en la Fase 2 pero oficialmente publicado a comienzo de ésta fase, se puede dar comienzo a la comúnmente llamada “programación hacia atrás” y así conocer el cronograma que especifica cómo debe ser liberado el material. La idea esencial es que el tiempo de inicio de un trabajo en un recurso restricción, determina la fecha de entrega para la operación precedente inmediata a él. Dada la particularidad del sistema productivo de MEDIIMPLANTES, para determinar en que momento los recursos iniciales deben empezar las operaciones, se tienen las siguientes tres situaciones:

- Situación 1: Si el elemento restrictivo no pertenece a ninguna de las rutas iniciales
- Situación 2: Si el elemento restrictivo pertenece a una de las rutas iniciales
- Situación 3: Si la restricción es el Mercado

Situación 1: Si el elemento restrictivo no pertenece a ninguna de las rutas iniciales

Culminando la Fase 0 se describe como, después de establecer la ruta inicial a la que se someterán los productos y el orden de ejecución de sus operaciones, se procede a “fusionar” en una sola, las listas provenientes de las rutas. Entonces, si el recurso en cuestión se encuentra en una ubicación posterior a aquel punto de convergencia, el método para establecer el Programa de liberación de Materiales es semejante a lo mencionado (programación hacia adelante), pero en dirección contraria. El punto de partida para dicho retroceso, es la lista unificada (con una modificación adicional que se explicará más adelante) proveniente de las rutas llevada hasta el recurso restrictivo y contiene todos los productos y componentes ordenados, cada uno de los cuales tiene asociado a él un tiempo de terminación de lote respectivo, en cada centro de trabajo.

Sin embargo, aún cuando la dinámica de los cálculos es similar a la descrita en el apartado final de la Fase 0 en donde se programa hacia adelante, hay dos aspectos adicionales que se han de tomar en consideración en ésta etapa. El primero de ellos se refiere al máximo aprovechamiento del elemento restricción y el segundo a la programación de los recursos anteriores a él hasta llegar al programa de materiales.

Para dar paso a la programación hacia atrás se hará empleo de la lista que muestra la secuencia que debe ejecutar el recurso encontrado como Recurso de Capacidad Limitada o Cuello de Botella. Dicha lista y su obtención fueron explicadas en la Fase 0 por medio de un ejemplo que ahora se retoma para describir éste punto.

Por ejemplo, ahora se retoma el ejemplo planteado durante la Fase 0, pero con un número menor de datos y teniendo en cuenta solo un operario ya que el manejo es el mismo para ambos, la lista hacía adelante encontrada se muestra de manera modificada en la Tabla 68.

Inicialmente, antes de comenzar la programación hacia atrás teniendo en cuenta el Recurso Limitado, los lotes provenientes de las rutas de mecanizado tenían que ser finalizados a las horas mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 67. Información de las tareas asignadas a cada una de las rutas (ejemplo)

RUTA SUIZO					RUTA CNC				
Prioridad	Lote	Producto	Cantidad (unidad)	Hora de terminación	Prioridad	Lote	Producto	Cantidad (unidad)	Hora de terminación
1	A	Gancho Lateral	25	4:15	1	G	Barra Longitudinal *80	20	1:43
2	B	Cuerpo Poliaxial *40	27	7:24	2	H	Barra Longitudinal *90	16	2:36

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 68. Información de las tareas asignadas a Pulido (ejemplo)

Lote	Operación	Cantidad asignada (unid)	Tiempo del Lote (min)	Hora de Terminación operación anterior (min)	Hora de Inicio Operación (min)	Hora de Terminación (min)	Espera previa lote (min)	Espera previa operario (min)
G	Lima	10	21	1:43	1:43	2:04	0	0
H	Lima	8	29	2:36	2:36	3:05	0	32
A	Lima	13	24	4:15	4:15	4:39	0	70
A	Lija	13	79	4:39	4:39	5:58	0	0
B	Lima	14	8	7:24	7:24	7:32	0	86
B	Lija	14	10	7:32	7:32	7:42	0	0

Fuente: Autoras del proyecto.

Considerando la situación que se presenta en MEDIIMPLANTES, en donde existen dos rutas para realizar el mecanizado inicial de las piezas y máquinas con tiempos de preparación variables, no era posible determinar la carga de los recursos pertenecientes a dicha ruta al no conocer previamente los tiempos de operación y de preparación, entre otros motivos descritos a comienzos del Capítulo 8, hicieron que fuera necesaria (casi obligatoria) la programación inicial de dichos recursos antes de conocer si eran una

restricción para el sistema. Entonces, los recursos posteriores se ven afectados por el orden y los tiempos de terminación impuestos por los recursos de mecanizado, esto se muestra en la Tabla 68, en donde se generan esperas en un recurso posteriormente detectado como restricción, situación que es poco aceptable, partiendo del principio que explica que “una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema”, por lo tanto, se debe velar por el aprovechamiento máximo de dicho recurso, garantizando el alcance de la meta global de la Empresa.

Por ello se hace necesario modificar el orden de llegada de los lotes al recurso restrictivo para eliminar los tiempos de espera en él y por lo tanto se requiere que los recursos precedentes adapten su cronograma para garantizar que el recurso restrictivo trabaje de corrido y sin recesos. La forma de apoyar una conveniente programación del recurso restrictivo se da estableciendo el Programa de Liberación de Materiales

Retomando el ejemplo, se procede a eliminar los tiempos de espera del recurso encargado de pulido (Operarios). En la Tabla 69 se muestran las nuevas horas en que se debe dar inicio a las operaciones de pulido para cada uno de los lotes, teniendo en consideración que ahora el recurso debe trabajar sin pausa; con ello, a diferencia de la información contenida en la Tabla 68, aquí la hora de inicio de una operación de un lote es equivalente a la hora de terminación su operación precedente, ya sea proveniente de los centros de mecanizado o de pulido mismo.

Tabla 69. Cronograma modificado para Pulido (ejemplo)

Lote	Operación	Cantidad asignada (unid)	Tiempo del Lote (min)	Hora de Terminación operación anterior (min)	Hora de Inicio Operación (min)	Hora de Terminación (min)	Espera previa lote (min)	Espera previa operario (min)
G	Lima	10	21	1:43	1:43	2:04	0	0
H	Lima	8	29	2:04	2:04	2:33	0	0
A	Lima	13	24	2:33	2:33	2:57	0	0
A	Lija	13	79	2:57	2:57	3:16	0	0
B	Lima	14	8	3:16	3:16	3:24	0	0
B	Lija	14	10	3:24	3:24	3:34	0	0

Fuente: Autoras del proyecto.

Para conocer el momento en que se debe suministrar la materia prima a los recursos encargados de realizar la primera operación del total requeridas para procesar completamente un producto, además de contar con la información que dice en que instante la restricción requiere procesar un lote, de igual manera se debe conocer la duración de procesamiento del lote en cada uno de los centros de trabajo que preceden a dicha restricción.

Recalculando la hora a la que deben ser finalizados cada uno de los lotes en los recursos pertenecientes a las Rutas Suizo y CNC, se tiene:

Tabla 70. Cronograma de terminación modificado para las rutas (ejemplo)

Ruta Suizo						Ruta CNC					
Prioridad	Lote	Producto	Cantidad (unidad)	Hora de terminación	Tiempo del Lote (min)	Prioridad	Lote	Producto	Cantidad (unidad)	Hora de terminación	Tiempo del Lote (min)
1	A	Gancho Lateral	25	2:33	255	1	G	Barra Longitudinal *80	20	1:43	103
2	B	Cuerpo Poliaxial *40	27	3:16	189	2	H	Barra Longitudinal *90	16	2:04	53

Fuente: Autoras del proyecto.

Finalmente, el Programa de Liberación de Materiales necesario para apoyar y favorecer al recurso restricción y a su programación, es el siguiente:

Tabla 71. Programa de Liberación de Materiales (ejemplo)

Lote	Referencia	Cantidad	Centro de Trabajo	Hora de Inicio de la Operación 1
A	Gancho lateral	25	Torno Suizo	-4:08 (-1:42)
G	Barra longitudinal *80	20	Torno CNC	-0:32 (1:43)
B	Cuerpo poliaxial * 40	27	Torno Suizo	0:07
H	Barra Longitudinal * 90	16	Torno CNC	1:11

Fuente: Autoras del proyecto.

Es posible que ahora, con el retroceso, se generen intervalos de tiempo de inactividad en los recursos anteriores a la limitación, pero no hay de que preocuparse porque éstos últimos cuentan con una capacidad suficiente para apoyar a la verdadera restricción incluso con pausas en su trabajo.

Situación 2: Si el elemento restrictivo pertenece a una de las rutas iniciales

El tratamiento para determinar el Programa de Liberación de Materiales a partir de un recurso restrictivo como el Torno Suizo, el CMV, el Torno CNC, o en general, cualquier máquina de mecanizado es diferente a lo expuesto anteriormente. La particularidad de ésta situación se debe a que estos recursos están encargados de realizar la primera operación, del total, que se debe llevar a cabo en la fabricación de un artículo y además cuentan con tiempos de preparación variables o dependientes de la secuencia.

En el caso anterior, Situación 1 en donde el RRC no pertenece a ninguna de las rutas, el proceso consistía en encontrar una lista ordenada de diferentes referencias de artículos (con su lote respectivo) provenientes de las rutas en donde previamente, durante las Etapas 1 y 2 del paso 3 de la Fase 0, ya se había determinado una secuencia para ellos. Esto conducía a que al hacer llegar dicha lista hasta el recurso detectado como restricción, posiblemente habrían espacios de tiempo de inactividad para él, razón por la cual era necesario comprimir éstos espacios y retornar hacia atrás para establecer el Programa de Liberación de Materiales coherente con la limitación.

Pero si el RRC resulta ser uno de los recursos componentes de cualquiera de las rutas iniciales, sencillamente no hay que hacer llegar ninguna lista ordenada hasta ellos y ni programar hacia atrás, ya que estas máquinas son las que imponen la secuencia y no hay recursos precedentes a ellas. El orden establecido durante las Etapas 1 y 2 que buscan bajos tiempos de preparación, será el definitivo.

En el caso del Torno Suizo, solitario en su ruta, no existirán tiempos de inactividad pues allí se realiza una única operación en un único recurso para cualquier producto. En el caso de contar con dos o más máquinas dentro de la ruta, tal como el CMV y el Torno CNC, aunque es probable que existan espacios de espera por la interacción de las máquinas en cuanto a que deben realizar más de una operación (intercaladamente) en cada uno de los productos, el programa fijado para ellas en las Etapas 1 y 2 es el que en conjunto, dadas las características, se determino como mejor; cualquier intento por eliminar los intervalos de inactividad afectaría el orden fijado por el manejo de los tiempos de preparación.

En conclusión, para cualquiera de los dos casos el Programa de Recurso Restrictivo termina siendo prácticamente el mismo que el Programa de Liberación de Materiales.

Por otro lado, aún si el Torno Suizo resulta ser la restricción y como es debido se establece el programa de liberación para él, se proporcionará también para la Ruta CNC (ruta paralela) un programa de liberación de materiales que muestre en que momento se dará comienzo a las operaciones iniciales de los productos manipulados por ella, y viceversa.

Situación 3: Si la restricción es el Mercado

Significa que no hay limitaciones (ni Cuellos de Botella, ni Recursos de Capacidad Limitada) presentes en el sistema productivo. Sin embargo, se continúa proporcionando un Programa de Liberación de Materiales con respecto al recurso más lento, pero en esta ocasión antes de efectuar la “programación hacia atrás” que da obtención a dicho programa, no se lleva a cabo la eliminación de espacios de tiempo inactivo que se puedan

presentar en el recurso en cuestión, no se considera necesario debido a que “una hora ahorrada en un recurso no restrictivo es un espejismo”⁸⁸.

PUNTOS DE CONTROL

El problema básico del control es el de tener certeza de que todos los centros de trabajo efectúan las tareas adecuadas en la secuencia adecuada, pero, en un sistema tan interconectado y complejo como una planta manufacturera, no es factible un control estricto por medio del manejo meticuloso de todos los detalles; en casi todos los procesos, el control de unos pocos puntos en donde se requiere información del programa elimina la necesidad de controlar en forma rigurosa los demás puntos en el flujo, porque no hay oportunidad para el sobreempleo. Estos puntos de control son llamados Puntos de Liberación del Programa que hace referencia a “cualquier punto del flujo que requiera un programa detallado para mantener el control sobre el flujo del producto”⁸⁹. En MEDIIMPLANTES se han establecido los siguientes:

- Puntos de entrega de material: como se comentó anteriormente, la herramienta software provee el Programa de Liberación de Materiales el cual muestra el momento en que se debe tener disponible el material para que se de comienzo a todas las operaciones iniciales de los artículos. La disponibilidad del material es la clave para controlar la elaboración del producto planeado; y es, en gran parte, una función de la cantidad de material integrada al sistema en los puntos de entrega de material, por lo tanto, los puntos de entrega de material de la planta se deben controlar en forma estricta
- Restricción: ya es sabido que las limitaciones del sistema productivo son un punto crítico sobre el que hay que ejercer un control estricto, por ello se provee un programa para él cuya función es garantizar que dicha restricción opere de la mejor manera.
- Puntos de ensamble: el ensamble es una operación que no es función del área de producción ya que es un proceso simple y de corta duración⁹⁰ que no requiere ni el personal ni los equipos especializados para su realización, por ésta razón fue posible

⁸⁸ GOLDRATT, Op. cit., p. 277.

⁸⁹ UMBLE, Op. cit., p. 154-155.

⁹⁰ 20.084 segundos, Ver Anexo 2.

asignarlo al Jefe de Inventarios, quien es el encargado de recibir todas las piezas terminadas procedentes de los últimos procesos de acabado superficial, para realizar el ensamble de las piezas que así lo requieran y finalmente ser almacenados.

Aunque dicha operación no se realice en el Área de Producción y no todos los productos en MEDIIMPLANTES resultan del ensamble de partes o componentes⁹¹, es necesario contar con la información detallada acerca de la tipología de las piezas en donde se especifique cuales y en que cantidades deben ser acopladas entre sí, por ello se proveerá a la persona encargada el PMP de donde es fácilmente deducible dicha información, lo cual evitará la ocurrencia de errores en el momento de realizar el ensamble.

8.6 INTERFAZ

Cómo Ingresar Información al Software?

A continuación se detalla la manera de ingresar la información relacionada con los productos, Centros de trabajo, Rutas e Indicadores.

PRODUCTOS

Sistemas

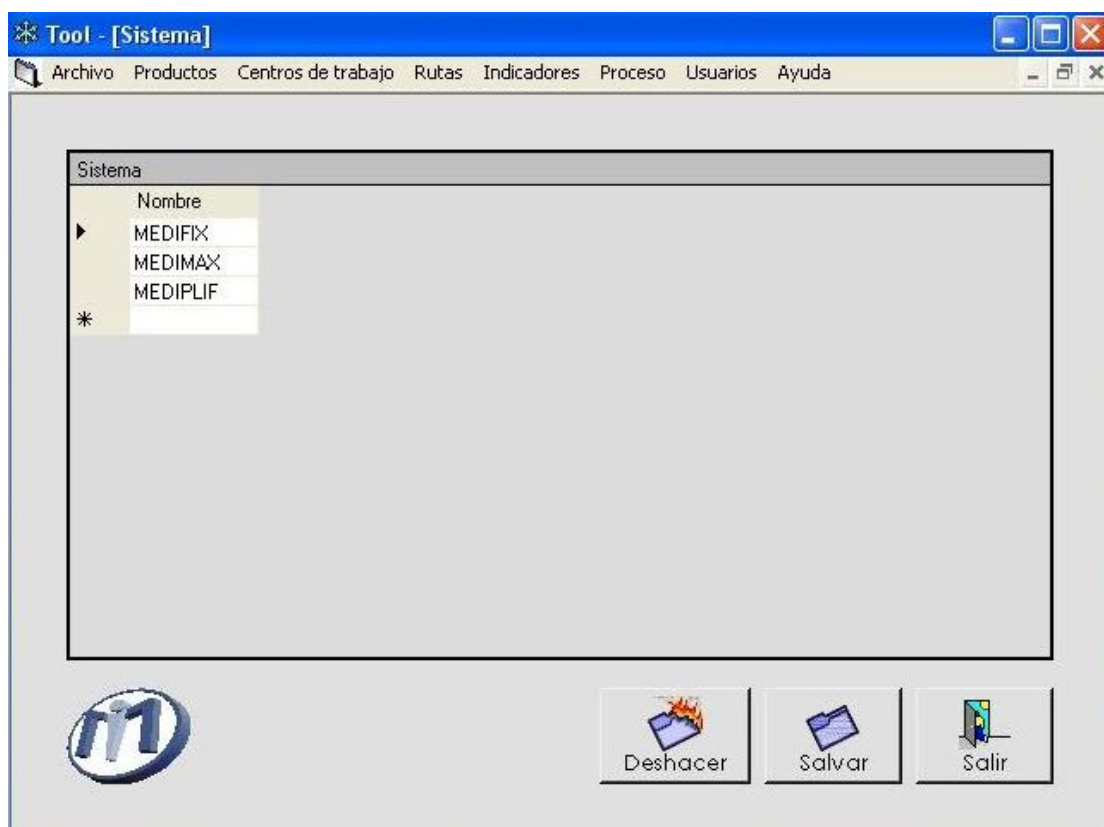
- a. En el Menú Productos, selecciona la opción *Sistemas*.
- b. Ingresa el nombre del sistema, si son varios, ingresa cada uno en una casilla diferente.
- c. Presiona el botón Salvar, si se presenta un error en el ingreso de algún dato, da clic en el botón deshacer y reescribe el nombre del sistema.

Ejemplo:

- Sistemas: Medifix, Medimax, Mediplif

⁹¹ Actualmente sólo los Tornillos Poliaxiales

Figura 43. Ventana Ingreso de Sistemas.



Fuente: Software "Tool".

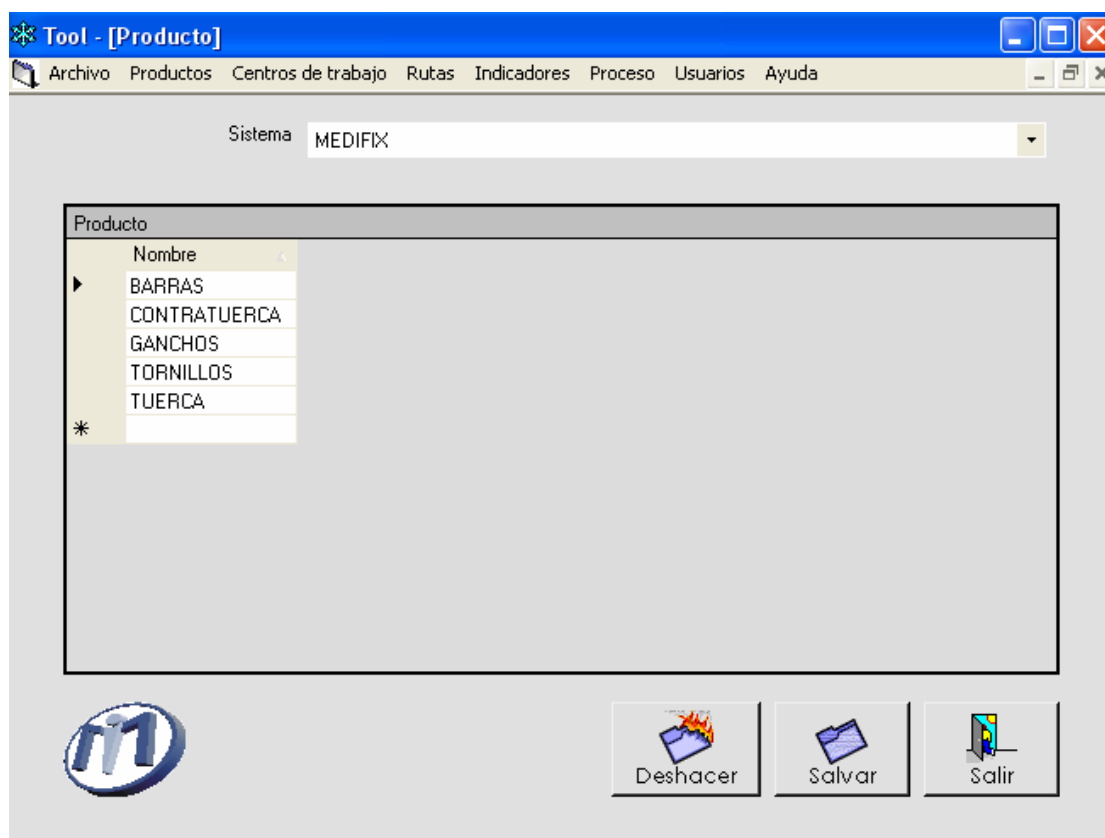
Productos

- En el Menú Productos, Selecciona la opción *Producto*.
- En la lista desplegable "Sistema" selecciona el Sistema.
- Ingresa en cada casilla el nombre del (los) producto(s) que forman parte de un sistema.
- Presiona el botón salvar.
- Repite los pasos b, c y d para ingresar los datos de un nuevo sistema.

Ejemplo:

- Sistema: Medifix
- Productos: Barras, Contratuerca, Ganchos, Tornillos, Tuerca.

Figura 44. Ventana Ingreso de Productos.



Fuente: Software "Tool".

Grupos

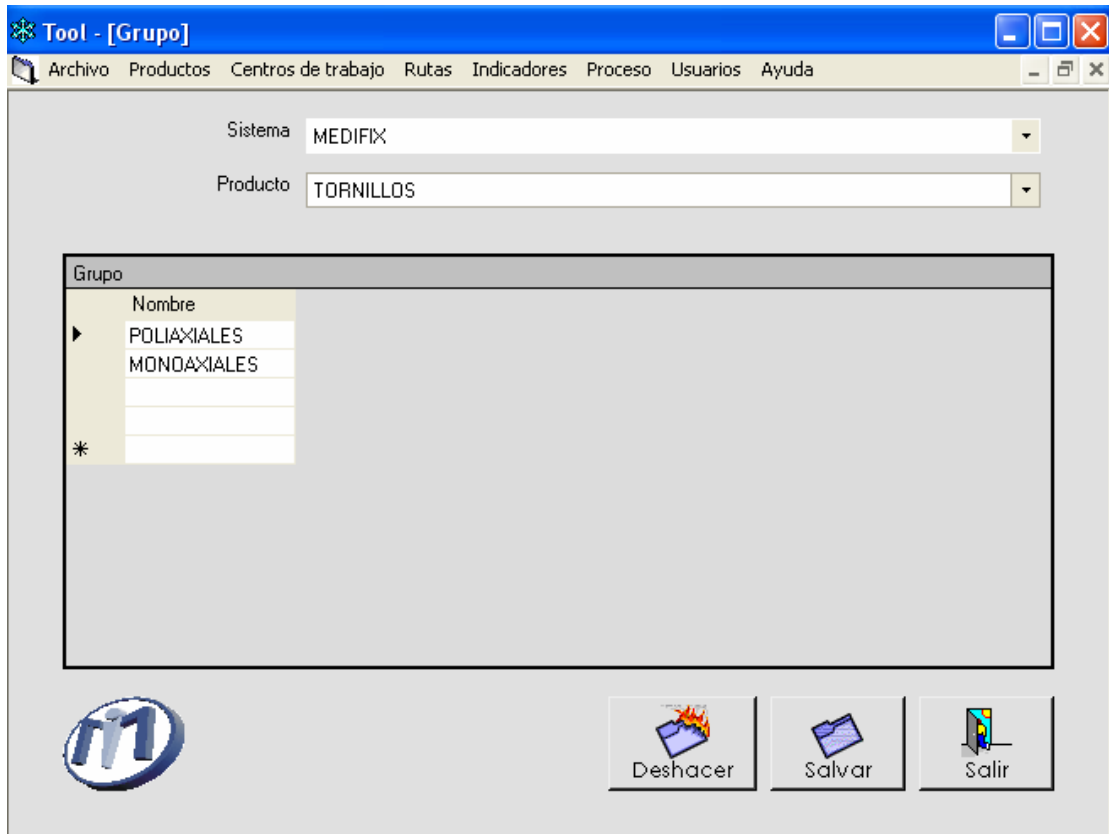
- En el menú Productos, selecciona la opción *Grupos*.
- En la lista desplegable "Sistema" selecciona el sistema.
- En la lista desplegable "Producto" selecciona el producto.
- Ingresa en cada casilla el nombre de los grupos que forman parte de un producto.
- Presiona el botón Salvar.
- Repite los pasos c, d y e para ingresar los datos de un nuevo producto.
- Repite los pasos b, c, d y e para ingresar los datos de un nuevo sistema.

Ejemplo:

- Sistema: Medifix
- Producto: Tornillos

- Grupos: Monoaxiales
Poliaxiales

Figura 45. Ventana Ingreso de Grupos, para productos con clasificación.

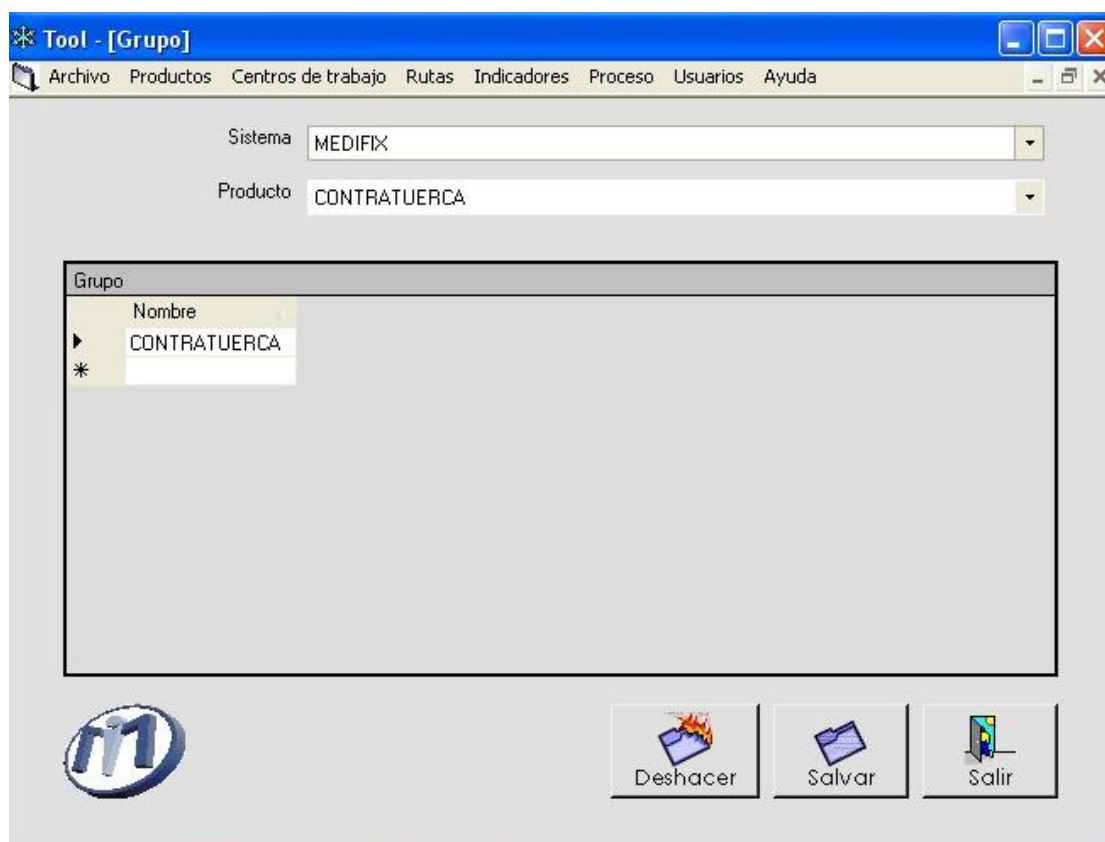


Fuente: Software "Tool".

Para los productos que no tienen clasificación *Grupo*, ingresa nuevamente el nombre del producto en la casilla correspondiente a grupos, ejemplo:

- Sistema: Medifix
- Producto: Contratuerca
- Grupos: Contratuerca

Figura 46. Ventana Ingreso de Productos, para productos sin clasificación.



Fuente: Software "Tool".

Componentes

- En el menú Productos, selecciona la opción *Componentes*
- En la lista desplegable "Sistema" selecciona el sistema.
- En la lista desplegable "Producto" selecciona el producto.
- En la lista desplegable "Grupo" selecciona el grupo de producto para el cual se van a ingresar los componentes.
- Ingresa en cada casilla los componentes que forman parte del grupo de producto.
- Presiona el botón Salvar.
- Repite los pasos d, e y f para ingresar los datos de un nuevo grupo de producto.
- Repite los pasos c, d, e y f para ingresar los datos correspondientes a un nuevo producto.
- Repite los pasos b, c, d, e y f para ingresar los datos de un nuevo sistema.

Ejemplo:

- Sistema: Medifix
- Producto: Tornillos
- Grupos: Poliaxiales
- Componentes: Cabeza
Cuerpo
Ensamblador

Figura 47. Ventana Ingreso de Componentes, para productos en los que aplica.

Componente	
Nombre	
CABEZAS	
CUERPOS	
ENSAMBLADOR	*

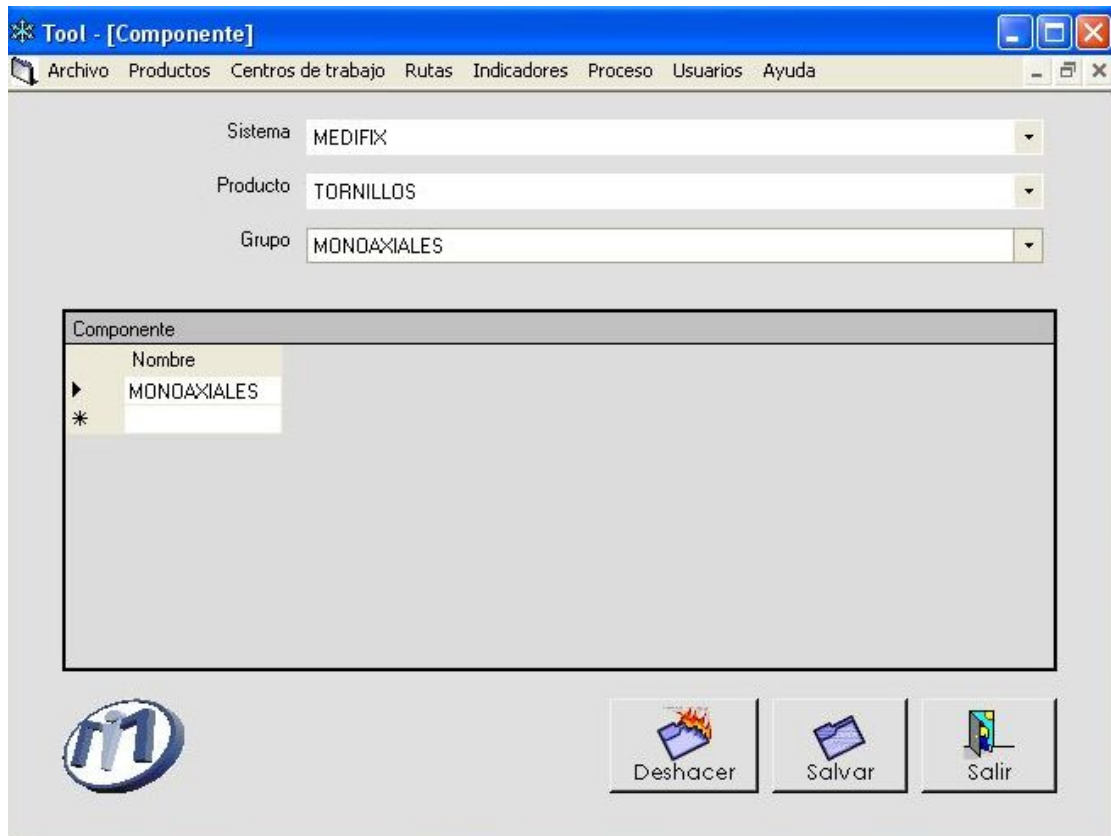
Fuente: Software "Tool".

Para los grupos de productos que no tienen componentes, en la casilla correspondiente se ingresa nuevamente el nombre del grupo (si existe) o del producto, por ejemplo:

- Sistema: Medifix

- Producto: Tornillos
- Grupos: Monoaxiales
- Componentes: Monoaxiales

Figura 48. Ventana Ingreso de Productos, para productos en los que no aplica.



Fuente: Software "Tool".

Referencias

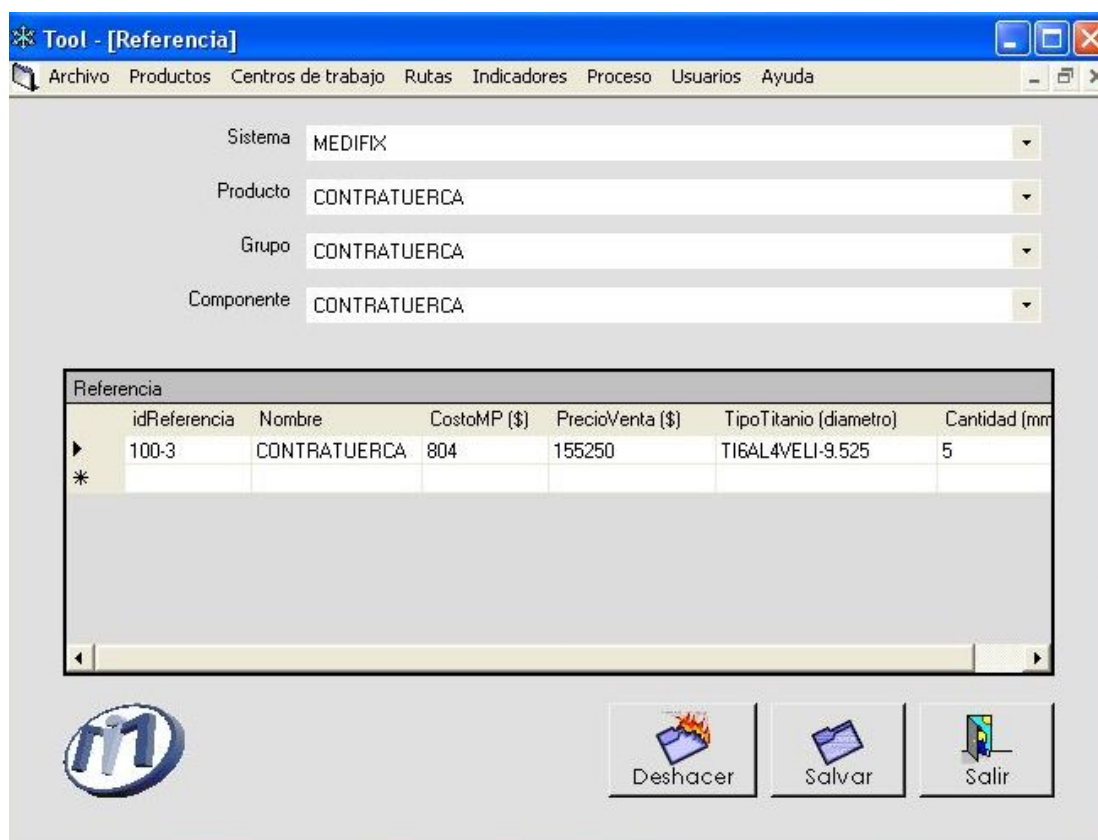
- En el menú Productos, selecciona la opción *Componentes*.
- En la lista desplegable "Sistema" selecciona el sistema.
- En la lista desplegable "Producto" selecciona el producto.
- En la lista desplegable "Grupo" selecciona el grupo de productos.
- En la lista desplegable "componentes" selecciona el componente para el cual se van a ingresar las referencias.

- f. Ingresa la información relacionada con la(s) referencia(s) para el componente seleccionado así:
- Referencia
 - Nombre de cada referencia
 - Costo de materia prima
 - Precio de venta
 - Tipo de titanio (diámetro)
 - Cantidad de materia prima requerida (milímetros).
- g. Presiona el botón Salvar.
- h. Repite los pasos e, f y g para ingresar las referencias de un nuevo componente.
- i. Repite los pasos d, e, f y g para ingresar los datos correspondientes a un nuevo grupo de producto.
- j. Repite los pasos c, d, e, f y g para ingresar los datos de un nuevo producto.
- k. Repite los pasos b, c, d, e, f y g para ingresar los datos de un nuevo sistema.

Ejemplo:

- Sistema: Medifix
- Producto: Contratuerca
- Grupos: Contratuerca
- Componentes: Contratuerca
- Referencia: 100-3

Figura 49. Ventana Ingreso de información de las referencias.



Tool - [Referencia]

Archivo Productos Centros de trabajo Rutas Indicadores Proceso Usuarios Ayuda

Sistema MEDIFIX

Producto CONTRATUERCA

Grupo CONTRATUERCA

Componente CONTRATUERCA

Referencia	idReferencia	Nombre	CostoMP (\$)	PrecioVenta (\$)	TipoTitanio (diámetro)	Cantidad (mm)
▶	100-3	CONTRATUERCA	804	155250	TI6AL4VELI-9.525	5
*						

m

Deshacer Salvar Salir

Fuente: Software "Tool".

Dependientes

- En el menú Productos, elige la opción *Dependientes*
- En la lista desplegable "Sistema" selecciona el sistema.
- En la lista desplegable "Producto" selecciona el producto
- En la lista desplegable "Grupo" selecciona el grupo de productos
- En la lista desplegable "Componentes" selecciona el componente
- En la lista desplegable "Referencias" selecciona la referencia.
- Ingresa los productos o componentes dependientes por cada referencia (si existe dependencia). El ingreso de datos se hace introduciendo en una casilla la referencia del producto o componente dependiente y en la casilla del frente el número de productos o componentes dependientes por cada producto independiente.
- Presiona el botón Salvar.

- i. Repite los pasos f, g y h para ingresar los datos correspondientes a una nueva referencia.
- j. Repite los pasos e, f, g y h para ingresar los datos correspondientes a un nuevo componente.
- k. Repite los pasos d, e, f, g y h para ingresar los datos correspondientes a un nuevo grupo.
- l. Repite los pasos c, d, e, f, g y h para ingresar los datos correspondientes a un nuevo producto.
- m. Repite los pasos b, c, d, e, f, g y h para ingresar los datos correspondientes a un nuevo sistema.

Ejemplo:

- Sistema: Medifix
- Producto: Tornillos
- Grupos: Poliaxiales
- Componentes: Cuerpo
- Referencia: Tornillo Monoaxial Torácico x 30
- Dependientes:

Referencia	Cantidad
100-6	1
100-3	1
100-5-P-CP	1
100-5-P-EP	1

Figura 50. Ventana Ingreso de artículos dependientes.

Tool - [Dependiente]

Archivo Productos Centros de trabajo Rutas Indicadores Proceso Usuarios Ayuda

Sistema: MEDIFIX

Producto: TORNILLOS

Grupo: POLIAXIALES

Componente: CUERPOS

Referencia: TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO X 30

Dependiente	
idRefDependiente	Cantidad (Unid)
100-3	1
100-6	1
100-5-P-CP	1
100-5-P-EP	1
*	

Deshacer Salvar Salir

Fuente: Software "Tool".

CENTROS DE TRABAJO

Centros de trabajo

- En el Menú Centros de trabajo, se selecciona la opción *Centros de trabajo*.
- Introduce información relacionada con cada centro de trabajo así:
 - Nombre del centro de trabajo
 - Cantidades de centros de trabajos de un mismo tipo
 - Tiempo base: hace referencia al tiempo en horas, disponible para el periodo de tiempo establecido.
 - Sueldo básico del operario responsable del centro de trabajo.
 - Valor de la hora extra del operario asignado al centro de trabajo

- Retardo inicio: valor que hace que un Centro de Trabajo empiece de forma retardada su primera actividad.
 - Porcentaje de asignación tope: es un porcentaje sobre el tiempo base que determina el tiempo de carga máximo de asignación para el centro de trabajo.
 - Porcentaje Recurso de Capacidad Limitada: Porcentaje que genera el intervalo a partir del cual el recurso puede ser catalogado como Recurso de Capacidad Limitada.
- c. Una vez introducidos los datos relacionados con cada centro de trabajo se presiona el botón Salvar.

Figura 51. Ventana Ingreso de información de los Centros de Trabajo.

Nombre	N. Centros de	TiempoBase (h)	SueldoBasico	HoraExtra	ValorHoraExtr	RetardoInicio	PorcentajeAsi	PorcentajeRec
TORNO CONVENCIONAL	1	192	3158	0	2109	0	100	90
TORNO CNC	1	192	5053	0	3375	0	100	90
CENTRO DE MECANIZADO CNC	1	192	5053	0	3375	0	100	90
TORNO SUIZO	1	192	5053	0	3375	0	50	90
PULIDO	2	192	3158	0	2109	0	100	90
LIMPIEZA	1	192	2408	0	1609	0	100	90
GALVANOPLASTIA	1	192	2408	0	1609	0	100	90
MARCACION	1	192	2408	0	1609	0	100	90
PRENSA MANUAL	1	192	2408	0	1609	0	100	90

*

Desahcer Salvar Salir

Fuente: Software "Tool".

Herramientas por Centro de Trabajo

- En el menú Centros de trabajo, se elige la opción *Herramientas*.
- En la lista desplegable “Centro de Trabajo” selecciona el Centro de trabajo para el cual se van a introducir las herramientas.
- Ingresa la información relacionada con cada herramienta que es utilizada en el centro de trabajo así:
 - Nombre de la herramienta
 - Tiempo de montaje
 - Tiempo de desmontaje
 - Tiempo de compensación
- Una vez introducidas la información para un Centro de trabajo se presiona Salvar.
- Repite los pasos b, c y d para ingresar la información de nuevo centro de trabajo.

Figura 52. Ventana Ingreso de las Herramientas.

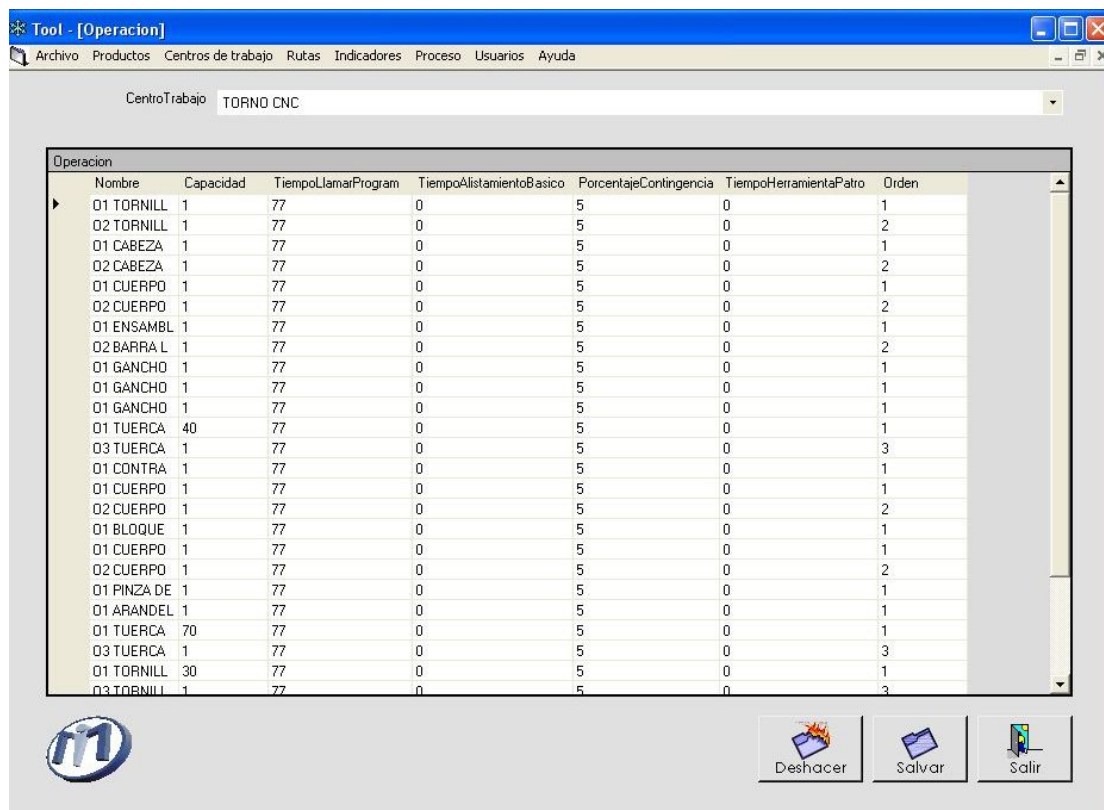
Herramienta	Nombre	TMontaje	TDesmontaje	TCompensacion
▶	DNMG432MG	139	130	49
	NT2RK	139	130	49
	NR3047RK	139	130	49
	A4G0305M03	139	130	49
	VNGP331K	139	130	49
	CDT120022R	139	130	49
	BC #4	139	130	49
	B6 MM	139	130	49
	KHSS32800	139	130	49
	NR3041RK	139	130	49
	NGD3062RK	139	130	49
	CDHB12061	139	130	49
	B6.5 MM	139	130	49
	H3.5 MM	139	130	49
	MI #1	139	130	49
	B3.5 MM	139	130	49
	BC #3	139	130	49
	B3.6 MM	139	130	49
	NT3R	139	130	49
	BC #2	139	130	49
	B5.1 MM	139	130	49
	B11 MM	139	130	49
	B13.5 MM	139	130	49
	B2.8 MM	139	130	49
	B6.5 CONICA	139	130	49

Fuente: Software “Tool”.

Operaciones por Centro de Trabajo

- a. En el menú Centros de trabajo selecciona la opción *Operaciones*.
- b. En la lista desplegable “Centro de Trabajo” selecciona el Centro de trabajo para el cual se van a ingresar las operaciones.
- c. Para el Centro de Trabajo seleccionado ingresa la información relacionada con:
 - Nombre de la operación: se escribe el nombre de la operación (O1) seguido del producto para el cual se realiza (Tuerca).
 - Capacidad: hace referencia al número de productos o componentes que se obtienen durante un ciclo de operación.
 - Tiempo de alistamiento básico
 - Porcentaje por contingencia
 - Tiempo de Herramienta Patrón
- d. Una vez introducidas todas las operaciones que se realizan en un Centro de Trabajo, presiona el botón Salvar.
- e. Repite los pasos b, c y d para ingresar la información de un nuevo Centro de Trabajo.

Figura 53. Ventana Ingreso de información de las operaciones.



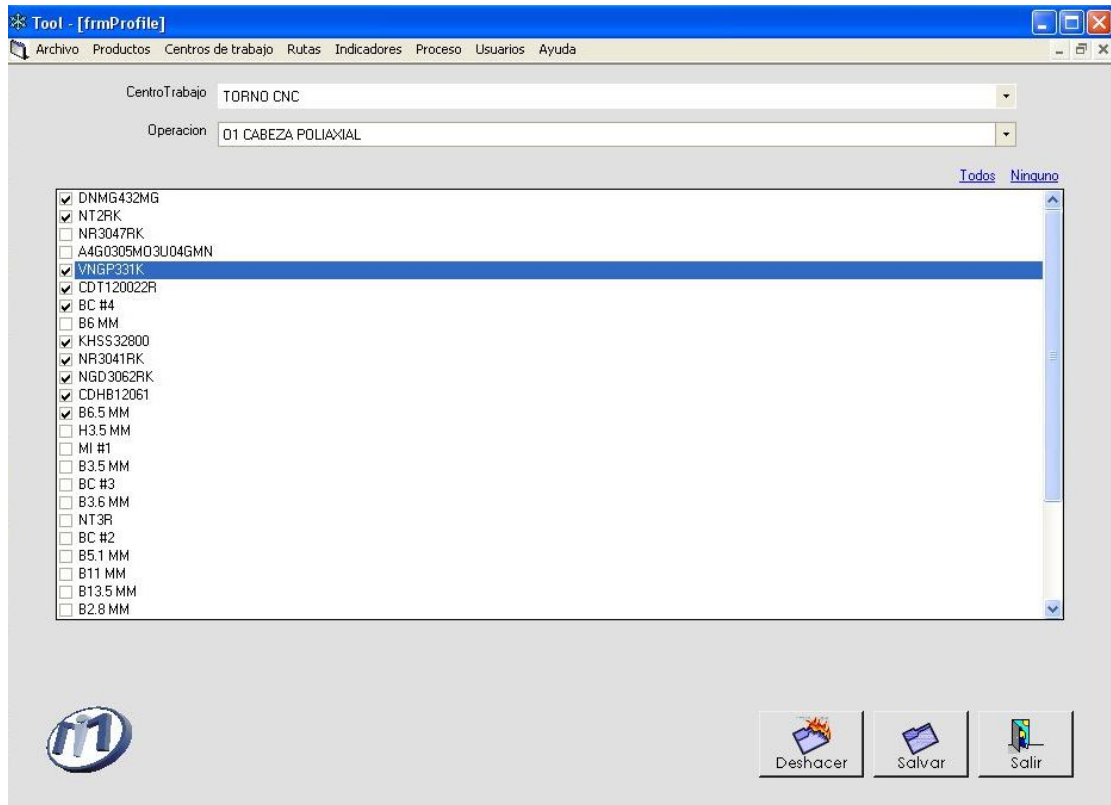
Fuente: Software "Tool".

Herramientas por operación

- En el menú Centros de Trabajo, selecciona la opción *Operaciones* y en seguida la opción *Herramientas*.
- En la lista desplegable "Centro de Trabajo" selecciona el Centro de trabajo.
- En la lista desplegable "Operación" selecciona la operación a la cual se van a asignar las herramientas.
- De la lista de herramientas asignadas al Centro de trabajo, selecciona las herramientas requeridas para la realización de la operación dando clic en el cuadro ubicado a la izquierda de cada una de ellas.
- Una vez seleccionadas todas las herramientas presiona el botón Salvar.
- Repite los pasos c, d y e para asignar las herramientas de una nueva operación.

- d. Repite la operación b, c, d y e para asignar las herramientas a las operaciones de un nuevo centro de trabajo.

Figura 54. Ventana Selección de Herramientas por operación.



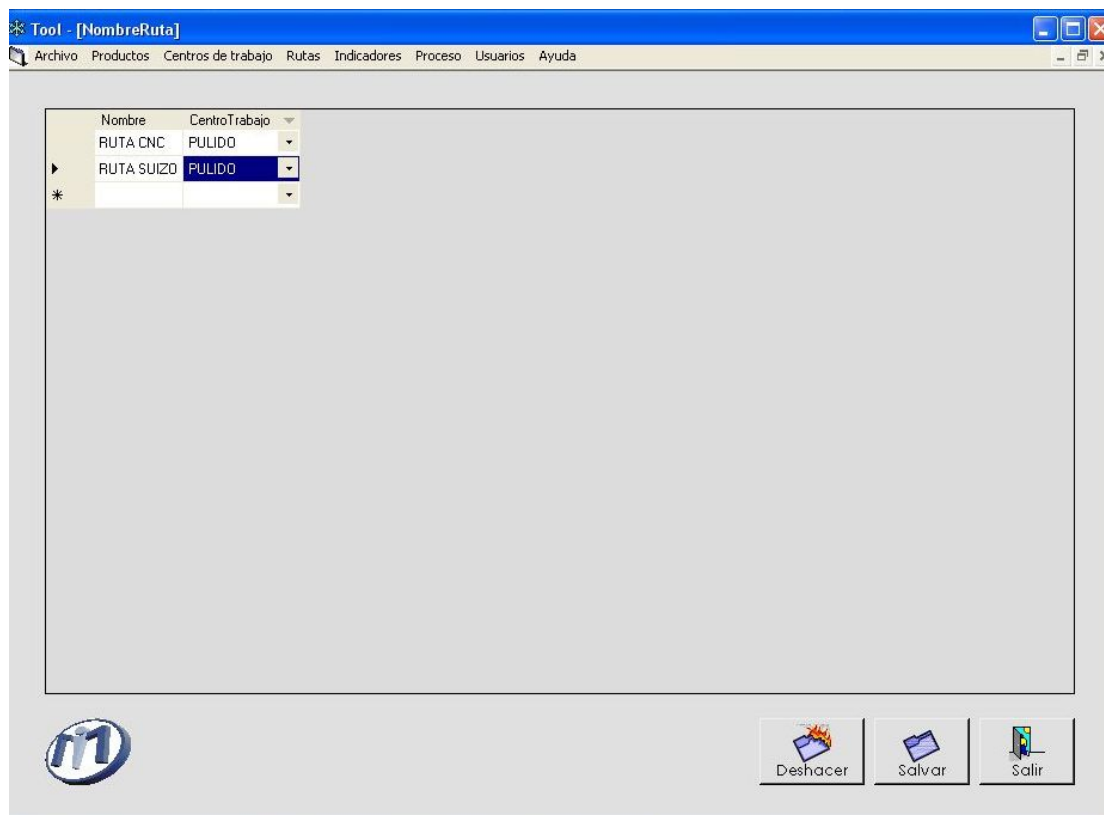
Fuente: Software "Tool".

RUTAS

Definición de Rutas

- En el menú Rutas, selecciona la opción *Rutas*.
- Ingresa las rutas existentes y en la columna a la derecha, selecciona el Centro de Trabajo hasta el cual, estas rutas difieren en sus operaciones.
- Presiona el botón Salvar.

Figura 55. Ventana Definición de Rutas.

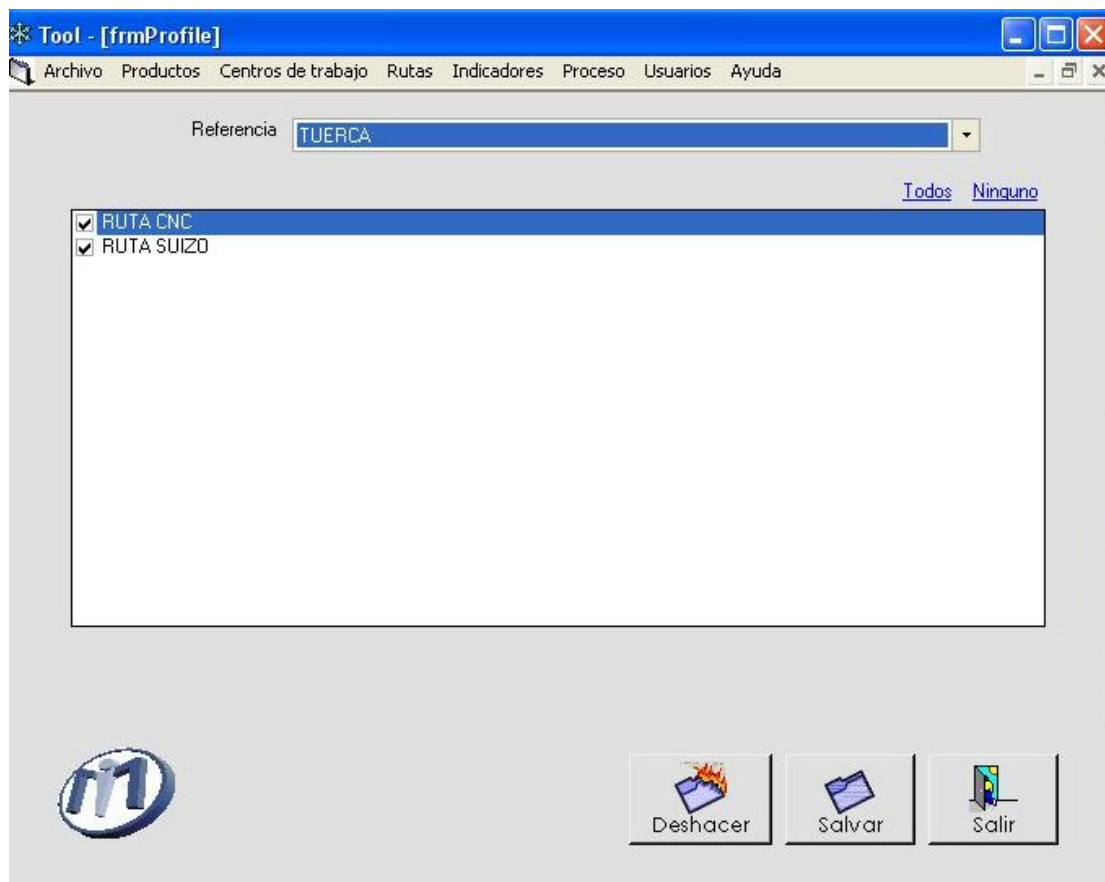


Fuente: Software "Tool".

Rutas por Producto

- d. En el menú Rutas, selecciona la opción *Por Producto*.
- e. En la lista desplegable "Referencia" selecciona la referencia.
- f. Selecciona las rutas posibles a través de las cuales se puede realizar el mecanizado de la referencia seleccionada, dando clic en el cuadro ubicado a la izquierda de cada ruta.
- g. Presiona el botón Salvar.
- h. Repite los pasos b, c y d para asignar las rutas a una nueva referencia.

Figura 56. Ventana Definición de Rutas por Productos.



Fuente: Software "Tool".

Ordenamiento de los Centros de trabajo en cada Ruta, para cada una de las Referencias

- En el menú Rutas, selecciona la Opción *Centros de Trabajo*.
- En la lista desplegable "Referencia" selecciona la referencia.
- En la lista desplegable "Ruta" selecciona la ruta.
- En el cuadro ubicado a la izquierda de la ventana, aparecen todos los centros de trabajo existentes, se selecciona cada centro de trabajo requerido para la fabricación del producto en la secuencia establecida y se presiona el botón , apareciendo así el centro escogido en el cuadro ubicado a la derecha de la ventana. Para la

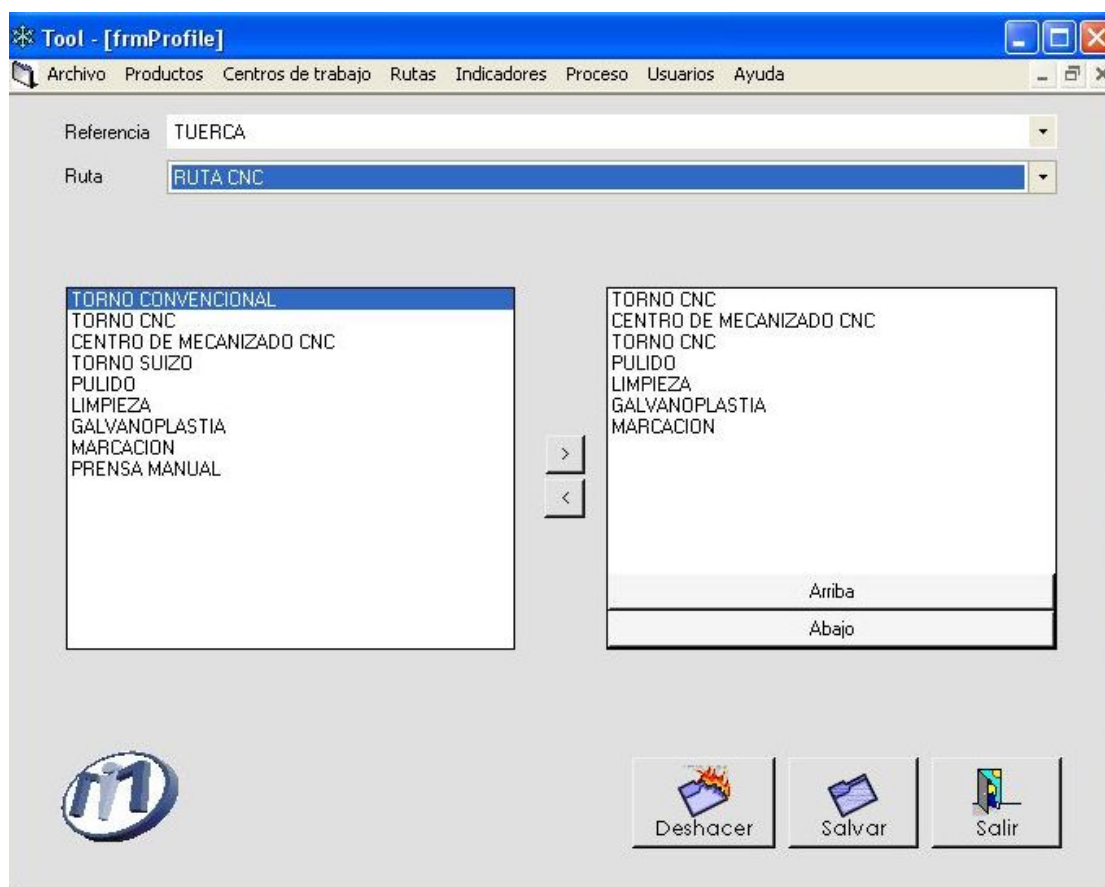
selección y el traspaso de los centros de trabajo es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las operaciones requeridas para la fabricación del producto y la secuencia entre las mismas, determinarán los centros de trabajo y la secuencia entre ellos.
- Si se realizan dos operaciones seguidas en un mismo centro de trabajo solo se traspasa el centro de trabajo del cuadro izquierdo al derecho una vez.
- Si se realizan dos operaciones en un mismo centro de trabajo pero interrumpidas por otra operación en otro centro de trabajo el traspaso será, por ejemplo: Centro de trabajo 1 – Centro de Trabajo 2 – Centro de trabajo 1.

Si se selecciona un centro de trabajo que no interviene en la fabricación de la pieza, se devuelve al cuadro ubicado a la derecha de la ventana haciendo uso del botón 

- e. Si en el momento de la selección y el traspaso de los centros de trabajo, se tuvo en cuenta la secuencia correcta entre los centros de trabajo, se presiona el botón Salvar, de lo contrario, los botones “Arriba” y “abajo” ubicados en la parte inferior del cuadro ubicado a la derecha, sirven para cambiar el orden entre los centros de trabajo, señalando aquel cuya posición se va modificar y dando clic en el botón “Arriba” o “Abajo” tantas veces como sea necesario para ubicarlo en la posición deseada., finalmente presiona el botón Salvar.
- f. Si existe otra ruta posible para el mecanizado de la referencia seleccionada repite los pasos c, d, e y f.
- g. Repite los pasos b, c, d, e y f para asignar los centros de trabajo a una nueva referencia.

Figura 57. Ventana Ordenamiento de los Centros de Trabajo.



Fuente: Software "Tool".

Operaciones realizadas para cada referencia en cada centro de trabajo

- En el menú Rutas selecciona la opción *Operaciones*.
- En la lista desplegable "Referencia" selecciona la referencia.
- En la lista desplegable "Ruta" selecciona la ruta.
- En la lista desplegable "Centro de Trabajo" selecciona los centros de trabajo requeridos para la fabricación del producto en la ruta escogida.
- Se seleccionan las operaciones que se llevan a cabo el centro de trabajo escogido en el paso anterior dando clic en el cuadro ubicado a la izquierda de cada operación.
- Presiona el botón Salvar.
- Repite los paso d, e y f para ingresar los datos de un nuevo centro de trabajo.
- Repite los pasos c, d, e y f para ingresar los datos a otra ruta posible de fabricación.

- i. Se repiten los pasos b, c, d, e y f para ingresar los datos de una nueva referencia.

Figura 58. Ventana Definición de Operaciones por Centro de Trabajo.

Tool - [frmProfile]

Archivo Productos Centros de trabajo Rutas Indicadores Proceso Usuarios Ayuda

Referencia: CONTRATUERCA

Ruta: RUTA CNC

CentroTrabajo: TORNO CNC

Todos Ninguno

- ☐ 01 CUERPO INTERVERTEBRAL
- ☐ 01 CABEZA POLIAXIAL
- ☐ 01 CUERPO POLIAXIAL LUMBAR Y SACRO
- ☐ 01 ENSAMBLADOR POLIAXIAL
- ☐ 01 GANCHO LAMINAR
- ☐ 01 GANCHO PEDICULAR
- ☐ 01 GANCHO TORAXICO
- ☐ 01 TUERCA
- ☐ 01 TORNILLO MONOAXIAL LUMBAR Y SACRO
- ☒ 01 CONTRATUERCA
- ☐ 01 CUERPO POLIAXIAL TORAXICO
- ☐ 01 BLOQUEADOR
- ☐ 01 TORNILLO FIJADOR DE ROTULA
- ☐ 01 PINZA DE ROTULA
- ☐ 01 ARANDELA DE ROTULA
- ☐ 01 TORNILLO MONOAXIAL TORAXICO
- ☐ 01 TUERCA DE ROTULA

M

Deshacer Salvar Salir

Fuente: Software "Tool".

Tiempos de Operación

- a. En el menú Rutas selecciona la opción *Herramientas*.
- b. En la lista desplegable "Referencia" selecciona la referencia.
- c. En la lista desplegable "Ruta" selecciona la Ruta.
- d. En la lista desplegable "Centro de Trabajo" selecciona los centros de trabajo requeridos para la fabricación del producto en la ruta escogida.
- e. En la lista desplegable "Operación" seleccionan las operaciones llevadas a cabo en cada centro de trabajo para la fabricación del producto.
- f. Se introducen los datos referentes a:

- Tiempo de cero de pieza
 - Tiempo Máquina
 - Tiempo Máquina Operario
 - Tiempo Operario
- g. Presiona el botón Salvar.
- h. Repite los pasos e, f y g para ingresar los datos de una nueva operación.
- i. Repite los pasos d, e, f y g para ingresar la información de un nuevo centro de trabajo.
- j. Repite los pasos c, d, e, f y g para ingresar la información de una nueva Ruta posible de mecanizado para la misma referencia.
- k. Repite los pasos b, c, d, e f, y g para ingresar la información de una nueva referencia.

Figura 59. Ventana Inclusión de Tiempos de operación.

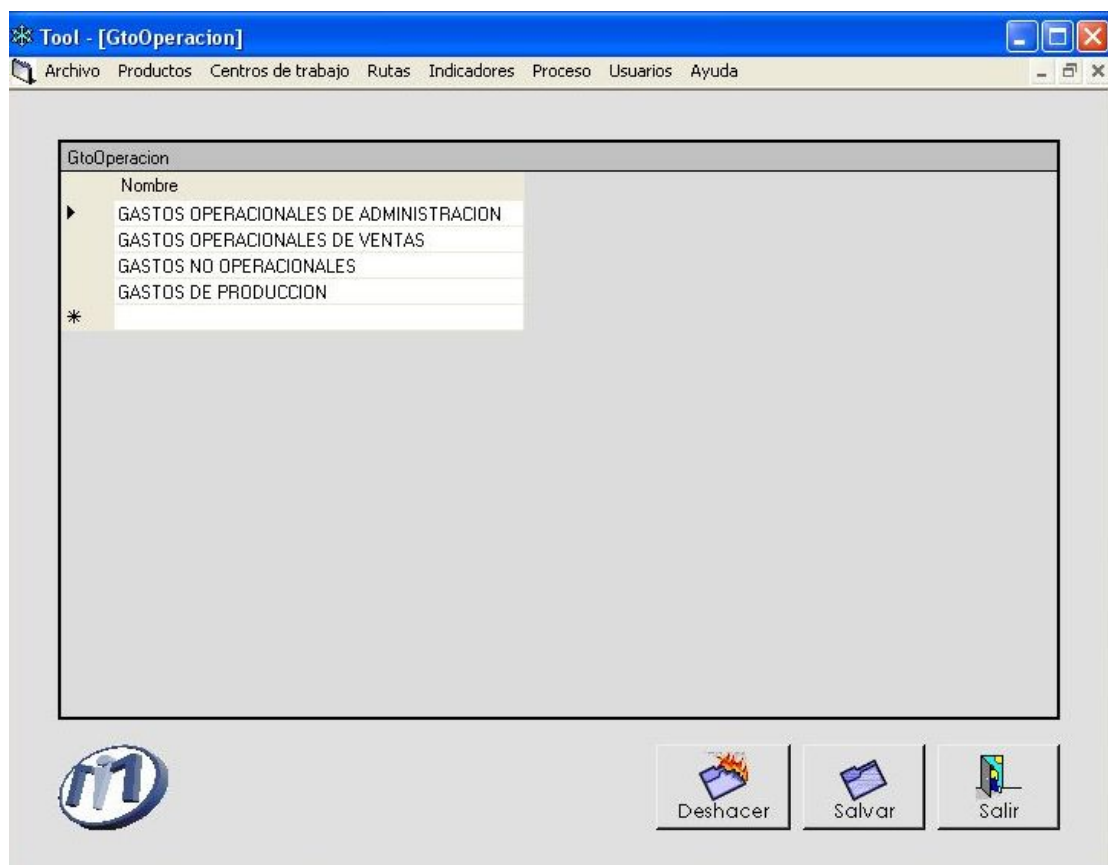
Fuente: Software "Tool".

INDICADORES

Gastos de Operación

- a. En el menú Indicadores selecciona Gastos de Operación y en seguida la opción *Gastos de Operación*.
- b. Introduce los tipos de gastos de operación los cuales pueden ser:
 - Gastos operacionales de administración
 - Gastos operacionales de ventas
 - Gastos no operacionales
 - Gastos de producción
- c. Presiona el botón Salvar.

Figura 60. Ventana Inclusión de Gastos de operación, del software.



Fuente: Software "Tool".

- d. En el menú Indicadores selecciona Gastos de Operación y en seguida la opción *Detalle*.
- e. En la lista desplegable “Gastos de operación” selecciona los tipos de Gastos de Operación ingresados en el paso b.
- f. Se ingresan los rubros de gastos correspondientes a cada tipo de Gastos de Operación de la siguiente manera:
 - Fila: indica el número de cuenta correspondiente a cada rubro.
 - Columna: hace referencia a cómo se determina el valor del rubro, obtenido del informe contable, el cual servirá de guía al usuario del software para el ingreso de la información en cada periodo de tiempo.
 - Descripción del rubro.
 - Valor del rubro.

El valor del rubro debe ser actualizado para cada periodo debido a que estos valores la mayoría de las veces no son constantes.
- g. Presiona el botón Salvar.
- h. Repite los pasos e, f y g para ingresar los rubros a un nuevo tipo de Gastos de Operación.

Figura 61. Ventana Ingreso de información de los Gastos de operación.

Fila	Columna	Descripcion	Valor
5105	DEBE-HABE	GASTOS DE PERSONAL	0
5110	DEBE-HABE	HONORARIOS	1771603
5115	DEBE-HABE	IMPUESTOS	0
5120	DEBE-HABE	ARRENDAMIENTOS	660000
5125	DEBE-HABE	CONTRIBUCIONES Y AFILIACIONES	0
5130	DEBE-HABE	SEGUROS	0
5135	DEBE-HABE	SERVICIOS	2269698
5140	DEBE-HABE	GASTOS LEGALES	0
5145	DEBE-HABE	MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	575360
5150	DEBE-HABE	ADECUACIÓN E INSTALACIÓN	50400
5155	DEBE-HABE	GASTOS DE VIAJE	0
5195	DEBE-HABE	DIVERSOS	1558522

Fuente: Software "Tool".

Inventarios

- En el menú Indicadores selecciona la opción *Inventarios*.
- Ingresa la información relacionada con los rubros que forman parte del inventario así:
 - Fila: indica el número de cuenta correspondiente a cada rubro.
 - Columna: hace referencia a cómo se determina el valor del rubro obtenido del informe contable, el cual servirá de guía al usuario del software para el ingreso de la información en cada periodo.
 - Descripción del rubro
 - Valor del rubro
- Presiona el botón Salvar una vez se han ingresado todos los rubros relacionados con el Inventario.

Figura 62. Ventana Ingreso de información de los Inventarios.

Fila	Columna	Descripción	Valor
0	NUEVO SAL	PRODUCTO TERMINADO	54513846
1455	NUEVO SAL	MATERIALES Y REPUESTOS (MATE	0
140505005	NUEVO SAL	ENTRADAS	60842258
140505010	NUEVO SAL	SALIDAS	6328412
1520	NUEVO SAL	MAQUINARIA Y EQUIPO	63320414
1524	NUEVO SAL	EQUIPO DE OFICINA	30159421
1528	NUEVO SAL	EQUIPO DE COMP Y COMUNICACIÓ	31864448
1532	NUEVO SAL	EQUIPO MÉDICO - CIENTÍFICO	20390185
1540	NUEVO SAL	FLOTA Y EQUIPO DE TRANSPORTE	3985350
1592	NUEVO SAL	DEPRECIACIÓN ACUMULADA	-40409729

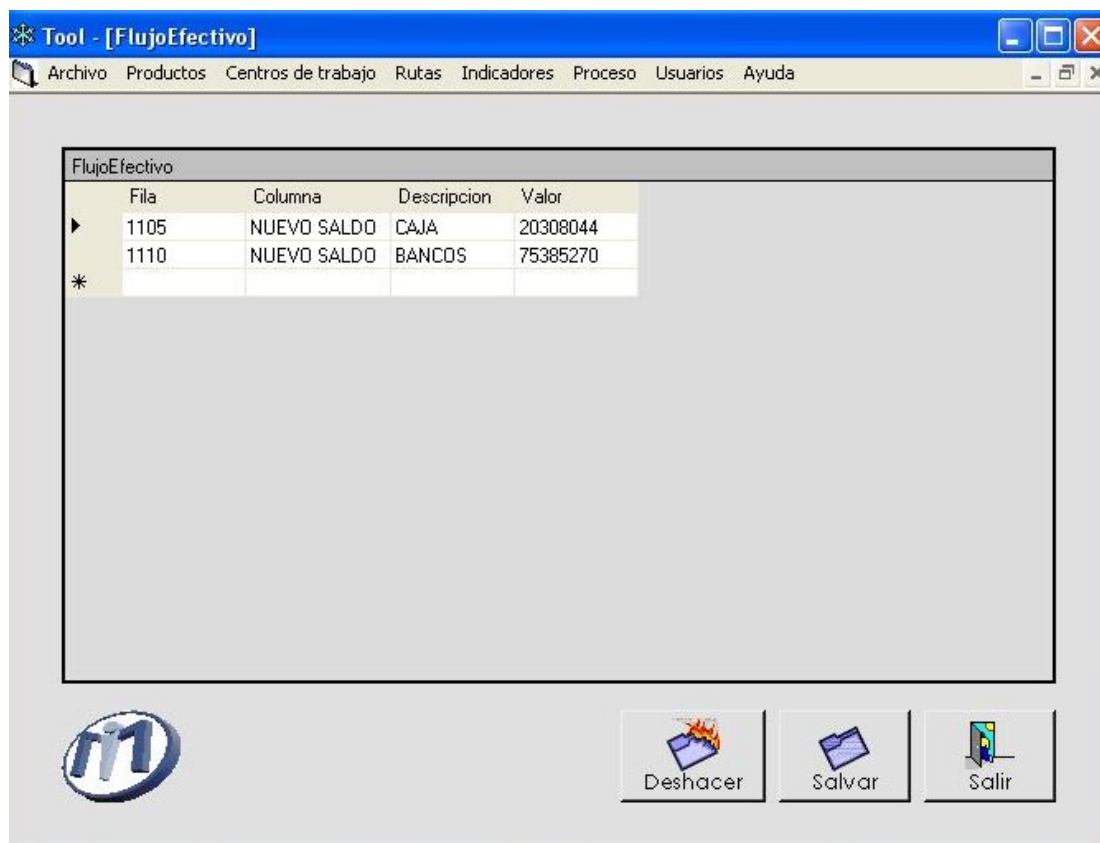
Fuente: Software "Tool".

Flujo de caja

- En el menú Indicadores selecciona la opción *Flujo de caja*.
- Ingresa la información relacionada con los rubros que forman parte del flujo de caja así:
 - Fila: indica el número de cuenta correspondiente a cada rubro.
 - Columna: hace referencia a cómo se determina el valor del rubro obtenido del informe contable, el cual servirá de guía al usuario del software para el ingreso de la información en cada periodo.
 - Descripción del rubro.
 - Valor del rubro.

- c. Presiona el botón Salvar una vez se han ingresado todos los rubros relacionados con el Flujo de Caja.

Figura 63. Ventana Ingreso de información del Flujo de Efectivo.



Fuente: Software "Tool".

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Para acceder al espacio dentro del Software en donde se lleva a cabo la programación de la producción, en el menú Procesos selecciona la opción "Programación de la producción". Inmediatamente se comienza el proceso que está delimitado en cuatro pasos: Entrada del PMP, Determinación de las Restricciones, Cronograma e Indicadores y Modificaciones de las Rutas; el nombre de cada uno de ellos es mostrado, junto con un pequeño icono que cambia para señalar si no se ha realizado el paso, si se está en él o si ya fue realizado.

Entrada del PMP

- Se ingresan al software las cantidades asociadas a cada uno de los componentes del PMP, en los campos mostrados y dispuestos para ello. Para cargar totalmente los espacios mostrados para cada uno de los artículos que componen la lista, hay dos opciones:
 - Llenar uno a uno los campos basándose en la información del PMP.
 - Guardar el resultado del PMP (de la Herramienta en Excel) como un archivo de texto delimitado por tabulaciones y emplear el botón “Cargar” que está ubicado en la parte inferior derecha de la actual ventana, desde donde se abrirá el archivo en cuestión y se cargarán los espacios automáticamente.
- Presiona el botón “siguiente”. En ese momento el software carga la información ingresada, ésta operación puede tardar algunos minutos.

Figura 64. Ventana Entrada del PMP.

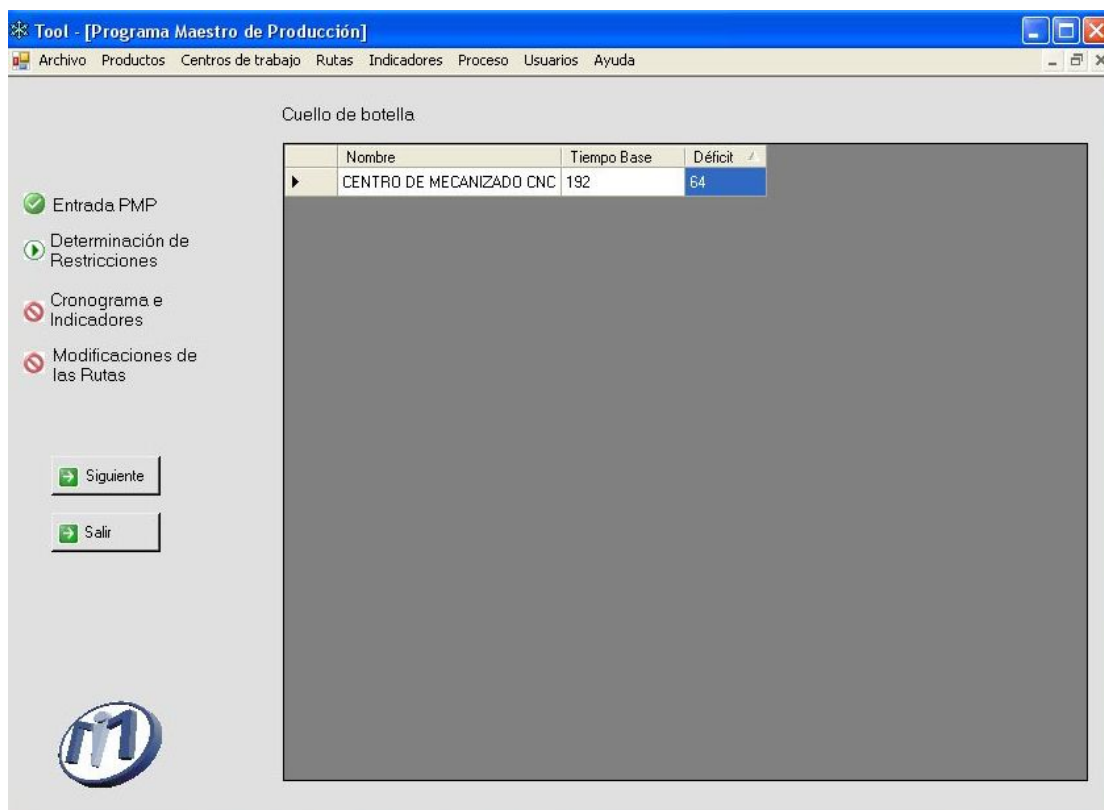
idReferencia	Nombre	Proyeccion	Stock	Previsiones	InventarioInicial
100-4-3M	GANCHO LAMINAR MEDIANO	0	0	0	0
100-4-3MR	GANCHO LAMINAR MEDIANO DE REDUCCION	0	0	0	0
100-4-4	GANCHO PEDICULAR	0	0	0	0
100-4-4R	GANCHO PEDICULAR DE REDUCCION	0	0	0	0
100-4-5	GANCHO TORAXICO	0	0	0	0
100-4-5R	GANCHO TORAXICO DE REDUCCION	0	0	0	0
100-2-3-60	BARRA TRANSVERSA X 60	0	0	0	0
100-2-3-80	BARRA TRANSVERSA X 80	0	0	0	0
100-2-3-100	BARRA TRANSVERSA X 100	0	0	0	0
100-2-1-50	BARRA LONGITUDINAL X 50	0	0	0	0
100-2-1-60	BARRA LONGITUDINAL X 60	0	0	0	0
100-2-1-70	BARRA LONGITUDINAL X 70	0	0	0	0
100-2-1-80	BARRA LONGITUDINAL X 80	0	0	0	0
100-2-1-90	BARRA LONGITUDINAL X 90	0	0	0	0
100-2-1-110	BARRA LONGITUDINAL X 110	0	0	0	0
100-2-1-130	BARRA LONGITUDINAL X 130	0	0	0	0
100-2-1-150	BARRA LONGITUDINAL X 150	0	0	0	0
100-2-1-180	BARRA LONGITUDINAL X 180	0	0	0	0
100-2-1-210	BARRA LONGITUDINAL X 210	0	0	0	0
100-2-1-300	BARRA LONGITUDINAL X 300	0	0	0	0
100-2-1-480	BARRA LONGITUDINAL X 480	0	0	0	0
100-5-PT-30	TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO X 30	0	0	0	0
100-5-PT-35	TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO X 35	0	0	0	0
100-5-PT-40	TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO X 40	0	0	0	0
100-5-PTR-30	TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO DE REDUCCION X 30	0	0	0	0
100-5-PTR-35	TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO DE REDUCCION X 35	0	0	0	0
100-5-PTR-40	TORNILLO POLIAXIAL TORAXICO DE REDUCCION X 40	0	0	0	0
100-5-PL-30	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 30	0	0	0	0
100-5-PL-35	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 35	0	0	0	0
100-5-PL-40	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 40	0	0	0	0

Fuente: Software “Tool”.

Determinación de las Restricciones

- a. Aquí el usuario no tiene que intervenir. Después de esperar algunos minutos empleados por el Software para realizar los cálculos internos, se muestra en caso de existir Cuellos de Botella el nombre del Centro de Trabajo y el déficit que lo convierte en uno de ellos, como se ilustra en la figura.

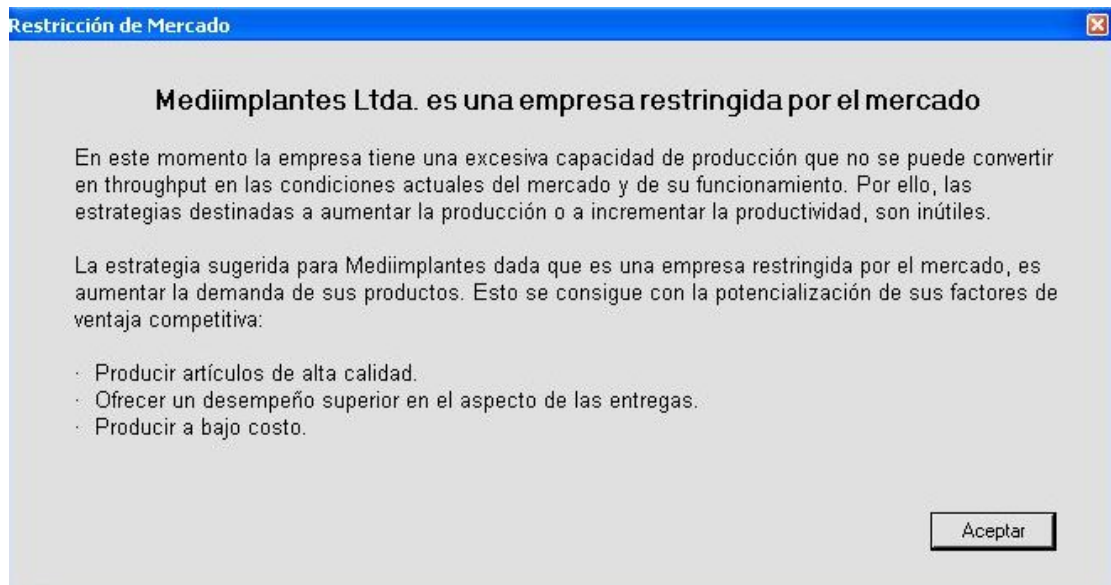
Figura 65. Ventana Anuncio de la Restricción, si es un centro de trabajo.



Fuente: Software "Tool".

En caso contrario se muestra el mensaje que anuncia al Mercado como restricción y las acciones recomendadas para un caso de estos.

Figura 66. Ventana Anuncio de la Restricción, si es el mercado.



Fuente: Software "Tool".

- b. Una vez revisada la información se presiona el botón "Siguiete" o "Aceptar" según sea el caso, para continuar.

Cronograma e Indicadores

De nuevo en éste punto no es necesaria la intervención del usuario pues es el momento en el que se muestran las principales salidas del software., estas son:

- Programa del Recurso Restricción: suministra la información relacionada con la programación del Recurso Restricción, indicando tiempo de iniciación de las actividades, el centro de trabajo identificado como recurso restricción o recurso mas lento, y la operación que está realizando en determinado momento.
- Programa de Liberación de Materiales: arroja el momento exacto en que debe iniciarse la operación inicial para cada uno de los artículos a producir, indicando además, el centro de trabajo se lleva a cabo dicha operación.
- Cronograma General: muestra la programación de todos los centros de trabajo indicado inicialmente la hora de trabajo, seguido por cada uno de los centros de trabajo y las operaciones que se están realizando en cada uno de ellos en determinado momento.

- Indicadores operativos y financieros: suministra el valor de cada uno de los indicadores obtenidos para cada una de las alternativas evaluadas.
- Requerimientos netos de producción: muestra, para cada uno de los artículos, el valor total a producir en el periodo de tiempo específico.

A continuación se muestra a través de la imagen la las ventanas para cada una de las salidas anteriormente nombradas.

Figura 67. Zoom de la ventana Cronograma de la Restricción.

Indicadores Financieros Cronograma General Programación del Recurso Restringido Liberación de Materiales R ◀ ▶				
	Tiempo(hh:mm:ss)	CENTRO DE MECANIZADO CNC	Operación	
▶	00:24:15	102-1-5	02 TORNILLO FI...	
	14:06:47	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	16:05:07	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	18:04:48	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	18:33:58	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	19:34:55	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	20:16:55	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	22:09:12	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	24:39:42	102-1-2	02 PINZA DE R...	
	24:39:43	102-1-2	02 PINZA DE R...	

Fuente: Software "Tool".

Figura 68. Zoom de la ventana Programa de Liberación de Materiales.

Indicadores Financieros Cronograma General Programación del Recurso Restringido Liberación de Materiales R ◀ ▶				
	Tiempo	Producto	Centro Trabajo	Operacion
▶	00:00:00	102-1-5	TORNO CNC	01 TORNILLO FI...
	00:00:00	102-2-T	TORNO CONVE...	01.8 PIN DE SC...
	00:00:00	100-6	TORNO SUIZO	01 TUERCA DE ...
	00:24:15	102-1-1	TORNO CNC	01 CUERPO DE ...
	00:24:15	102-2-T	TORNO CONVE...	01.8 PIN DE SC...
	00:24:15	100-6	TORNO SUIZO	01 TUERCA DE ...
	01:12:37	102-1-1	TORNO CNC	01 CUERPO DE ...
	01:12:37	102-2-T	TORNO CONVE...	01.8 PIN DE SC...
	01:12:37	100-6	TORNO SUIZO	01 TUERCA DE ...
	03:29:10	102-1-1	TORNO CNC	01 CUERPO DE ...

Fuente: Software "Tool".

Figura 69. Zoom de la ventana Cronograma General.

Indicadores Financieros Cronograma General Programación del Recurso Restringido Liberación de Materiales R ◀ ▶						
	Tiempo(hh:mm:ss)	TORNO CNC	TORNO CNC : Operación	CENTRO DE MECANIZADO CNC	CENTRO DE MECANIZADO CNC : Operación	PUL
▶	00:00:00	102-1-5	01 TORNILLO FI...			
	00:24:15	102-1-1	01 CUERPO DE ...	102-1-5	02 TORNILLO FI...	
	01:12:37	102-1-1	01 CUERPO DE ...			
	03:29:10	102-1-1	01 CUERPO DE ...			
	04:13:26	102-1-1	01 CUERPO DE ...			
	05:55:35	102-1-1	01 CUERPO DE ...			
	05:55:36	102-1-1	01 CUERPO DE ...			
	05:55:37	102-1-1	01 CUERPO DE ...			
	06:38:27	102-1-1	01 CUERPO DE ...			102-

Fuente: Software "Tool".

Figura 70. Zoom de la ventana Indicadores Financieros.

Total flujo efectivo	95693314
Utilidad Neta	196178404
Rendimiento sobre la inversión	84.9276995018996

Fuente: Software "Tool".

Figura 71. Zoom de la ventana Indicadores operativos - Throughput.

Indicadores Operativos Indicadores Financieros Cronograma General Programación del Recurso Restringido Lit ◀ ▶			
Throughput Inventarios Gastos de Operación			
	idReferencia	Nombre	Throughput
▶	100-4-3M	GANCHO LAMINAR MEDIANO	
	100-4-3MR	GANCHO LAMINAR MEDIANO DE REDUCCION	
	100-4-4	GANCHO PEDICULAR	32644550
	100-4-4R	GANCHO PEDICULAR DE REDUCCION	
	100-4-5	GANCHO TORAXICO	
	100-4-5R	GANCHO TORAXICO DE REDUCCION	19241640
	100-2-3-5R	BARRA TRANSVERSA Y EN	

Fuente: Software "Tool".

Figura 72. Zoom de la ventana Indicadores operativos - Inventarios.

Indicadores Operativos Indicadores Financieros Cronograma General Programación del Recurso Restringido Lit			
Throughput Inventarios Gastos de Operación			
	Descripcion	Valor	
	PRODUCTO TERMINADO ...	54513846	
	MATERIALES Y REPUESTOS (MATERIA ...	0	
	ENTRADAS	60842258	
	SALIDAS	6328412	
	MAQUINARIA Y EQUIPO	63320414	
▶	EQUIPO DE OFICINA/EQUIPO DE OFICIN...	30159421	
	EQUIPO DE COMP Y COMUNICACIÓN ...	31864448	

Fuente: Software "Tool".

Figura 73. Zoom de la ventana Indicadores operativos – Gastos de Operación.

Indicadores Operativos Indicadores Financieros Cronograma General Programación del Recurso Restringido Lit			
Throughput Inventarios Gastos de Operación			
	Nombre	Descripcion	Valor
▶	GASTOS OPER...	GASTOS DE PE...	62575
	GASTOS NO OP...	FINANCIEROS (I...	20205527
	GASTOS DE PR...	HONORARIOS	160000
	GASTOS OPER...	GASTOS DE PE...	0
	GASTOS OPER...	HONORARIOS	1771603
	GASTOS OPER...	IMPUESTOS	0
	GASTOS OPER...	ARRENDAMEN...	660000
	GASTOS OPER...	CONTRIBUCION...	0

Fuente: Software "Tool".

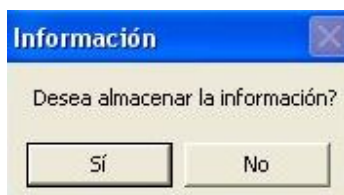
Figura 74. Zoom de la ventana Requerimientos netos de producción.

Programación del Recurso Restringido Liberación de Materiales Requerimientos netos de producción Lit				
	idReferencia	Nombre	Proyeccion	Stock
	100-5-PL-35	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 35	18	0
	100-5-PL-40	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 40	0	0
⚙	100-5-PL-45	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 45	30	0
	100-5-PL-50	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR X 50	0	0
	100-5-PLR-30	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR DE REDUCCION X 30	0	0
	100-5-PLR-35	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR DE REDUCCION X 35	0	0
	100-5-PLR-40	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR DE REDUCCION X 40	15	0
	100-5-PLR-45	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR DE REDUCCION X 45	0	0
	100-5-PLR-50	TORNILLO POLIAXIAL LUMBAR DE REDUCCION X 50	0	0

Fuente: Software "Tool".

Después de revisar y analizar la información se da clic en el botón “Siguiente” para continuar. En ese momento aparece una ventana en donde se da la opción de guardar la información anteriormente suministrada.

Figura 75. Mensaje Almacenar la información.



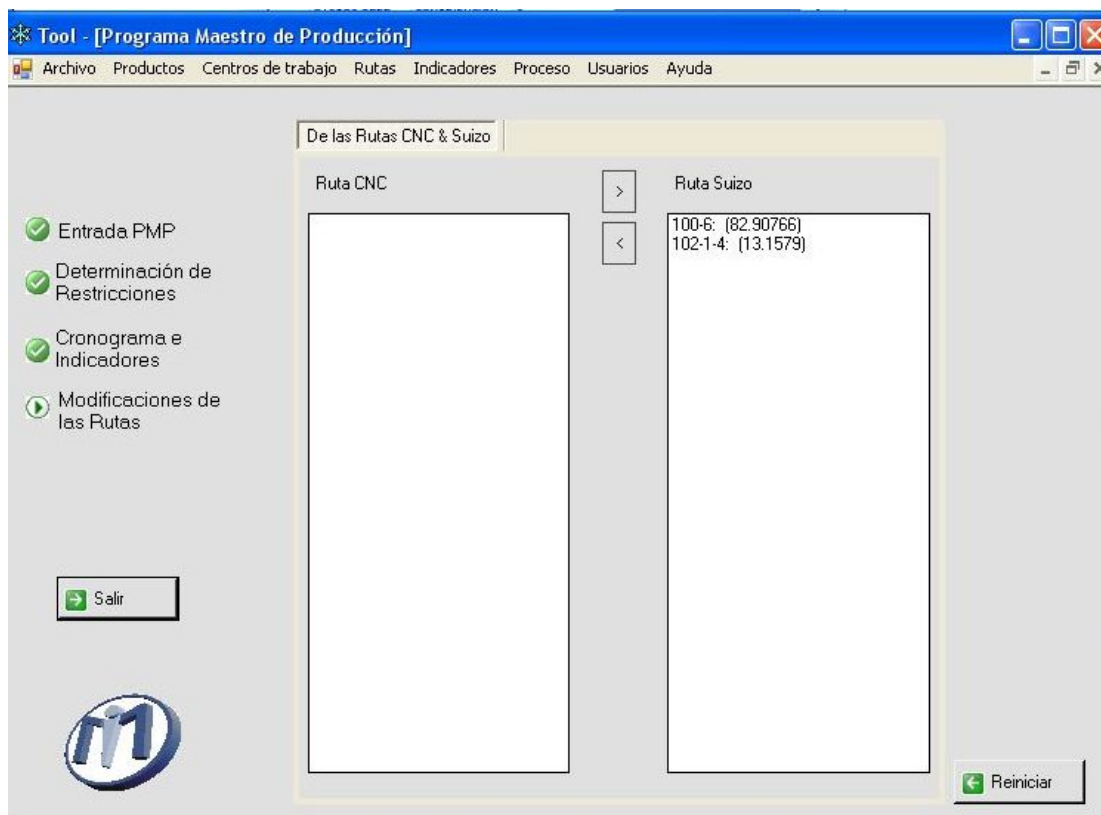
Fuente: Software "Tool".

Se selecciona la opción deseada y continua con la siguiente actividad.

Modificaciones de las Rutas

Inicialmente se da la opción de modificar los trabajos asignados a las diferentes rutas de mecanizado como se muestra en la Figura 76 a continuación:

Figura 76. Ventana Modificaciones de las Rutas.



Fuente: Software "Tool".

Si se desean hacer modificaciones se escoge el producto a modificar y se da clic en el botón o según sea el caso. Cuando se hayan hechos las modificaciones pertinentes se da clic el botón Reiniciar para cargar nuevamente la información.

A continuación aparece una ventana en donde se pregunta si se quiere modificar el Programa Maestro de Producción.

Figura 77. Mensaje Modificar PMP.



Fuente: Software "Tool".

Si se desea modificar aparece nuevamente la ventana inicial de PMP (Figura 64) para que se hagan las modificaciones pertinentes y se corra nuevamente el programa, de lo contrario, aparece nuevamente la ventana que indica la restricción encontrada.

Una vez se han hecho las modificaciones deseadas, se determina nuevamente la Restricción del sistema, los cronogramas e Indicadores.

9. INDICADORES

El propósito de establecer, guiar y controlar la gestión de producción por medio de indicadores es verificar que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenido, y además, conocer si cada una de las decisiones que se tomen acercan a La Meta global.

Para medir de manera adecuada el desempeño de MEDIIMPLANTES, deben emplearse dos grupos de mediciones: el primero desde el punto de vista de las operaciones y el segundo, desde el punto de vista financiero.

9.1 INDICADORES OPERATIVOS

La mayoría de las empresas evalúan cada área de la organización en forma individual, esto conlleva a que el personal se preocupe por aumentar las eficiencias en su área sin importar lo que suceda en el resto de la organización, es decir, poco o nada importan los resultados, que puedan generar sus acciones, en el resto de la organización.

El enfoque de Manufactura Sincrónica desarrolla tres medidas operativas que permiten evaluar en efecto de las acciones de manufactura en la productividad y la rentabilidad de todo el sistema.

Estos indicadores serán adaptados a MEDIIMPLANTES para permitir la medir el efecto de las acciones tomadas a nivel operativo, o en el sistema productivo, sobre toda la organización.

A continuación se describe el significado de cada uno de los indicadores:

- Throughput: “es la cantidad de dinero generado por la empresa a través de las ventas en un tiempo especificado” ⁹², no se incluye el producto terminado, porque éste no genera dinero hasta que no se realiza su venta.

$$T = pvu - cmpu^{93}$$

T = Throughput de una pieza ya sea de demanda independiente T_m o de demanda dependiente T_n

pvu = precio de venta unitario del artículo

$cmpu$ = costo unitario de materia prima empleada en la elaboración del artículo (costo de titanio por pieza)

- Inventario (I): “cantidad de dinero invertido en materiales que la empresa pretende vender”⁹⁴, incluye el valor de la materia prima del producto en proceso o producto terminado, inversión en maquinaria, herramientas, equipos de oficina, vehículos, etc., es decir, está es la cantidad de dinero invertido en materiales que la empresa puede vender en determinado momento.

El valor de la maquinaria, equipo de oficina, equipos de cómputo, vehículos y muebles de MEDIIMPLANTES, se determina con el valor invertido en ellos menos la depreciación acumulada desde que se adquirió hasta la fecha.

Algunas máquinas como Torno Suizo, Torno CNC y Centro de Mecanizado (Fresa CNC) son adquiridas mediante Contrato de Leasing, por lo tanto el valor de estas máquinas no forman parte del inventario de la empresa ya que el monto que se paga por ellas es considerado como un pago por arrendamiento. En el Anexo 3 se hace una descripción detallada de los rubros que componen el valor de Inventarios en MEDIIMPLANTES.

⁹² UMBLE, Op. cit., p. 28.

⁹³ Ibid., p. 31.

⁹⁴ Ibid., p. 28.

- Gastos de operación (GO): “cantidad de dinero gastada por la empresa para convertir las existencias en Rendimiento Específico [Throughput] o producción total en un tiempo determinado”⁹⁵.

Dentro de éstos gastos se encuentran los gastos de personal, arrendamientos, comisiones, honorarios, entre otras. En el Anexo 4 se hace una descripción detallada de los gastos en los cuales incurre mensualmente MEDIIMPLANTES.

Para discernir si una acción tomada en el área de producción contribuirá o no a acercar a la empresa a la meta global, es necesario evaluar la repercusión de dicha acción en los indicadores anteriormente descritos. En una situación ideal una acción deberá favorecer los tres indicadores positivamente, es decir, deberá contribuir a aumentar el Throughput de la empresa, disminuir los Gastos de Operación y disminuir los Inventarios. Aunque no siempre se da una buena marcha de los tres indicadores simultáneamente, es importante que las decisiones tomadas no vayan en contra de alguno de los tres indicadores, es decir, que afecte positivamente a uno de los indicadores, pero desfavorezca el comportamiento de uno o de los otros dos indicadores, ya que una situación de estas iría en contra del objetivo global de la organización.

El manejo de estos indicadores, no solo permitirá evaluar continuamente los efectos de cualquier decisión tomada en el área de producción, sino que establecerá una conexión con los Indicadores Financieros que normalmente manejan la mayoría de empresas.

9.2 INDICADORES FINANCIEROS

Son indicadores de gestión que permiten analizar el grado de acercamiento de la empresa a su meta, sin embargo, son muy generales para ayudar a la toma de decisiones en los niveles operativos de la empresa, de ahí la importancia de los indicadores operativos descritos anteriormente.

⁹⁵ Ibid., p. 28.

Con respecto a los indicadores financieros, del texto de Manufactura Sincrónica, se tienen los siguientes:

- Utilidad Neta (UN): es una medida absoluta de si la empresa está o no ganando dinero.

$$UN = T - GO$$

- Rendimiento sobre la inversión (ROI): es una medida relativa de utilidades en que se relaciona la suma de utilidades con el importe de la inversión.

$$ROI = \frac{T - GO}{I}$$

- Flujo de Efectivo (FE) o liquidez: está determinado por el valor equivalente al saldo en Bancos y Caja en determinado periodo.⁹⁶

9.3 EFECTO DE LOS INDICADORES OPERATIVOS EN LOS FINANCIEROS

- Throughput

Un aumento en el Throughput de la empresa sin un efecto negativo sobre el Inventario o en los Gastos de Operación, dará como resultado un incremento en los tres indicadores financieros descritos anteriormente.

- Inventario

Las acciones orientadas a una reducción en el inventario pueden ser muy favorables para toda la empresa, una reducción en el Inventario significa disminuir la inversión en materiales, maquinaria, herramientas, etc., si no existe un efecto negativo en el

⁹⁶ Ibid., p. 14.

Throughput o un aumento en los Gastos de Operación, se genera un aumento en el Rendimiento sobre la Inversión, de igual manera al reducirse el dinero invertido en el inventario, se produce un aumento en el Flujo de Efectivo. La Utilidad Neta no se ve afectada en forma directa por la reducción en el inventario debido a que el Throughput no ha cambiado.

- **Gastos de Operación**

Los Gastos de Operación, tal y como se mencionó anteriormente, representan todo el dinero desembolsado por la empresa, excepto la compra de materia prima y de otros bienes que se puedan vender, por lo tanto, una disminución en los Gastos de Operación sin afectar el Throughput y el Inventario, tiene un efecto positivo en los tres indicadores financieros previamente descritos.

9.4 CONSIDERACIONES ADICIONALES

La programación de la producción se realiza a comienzo del mes, por lo tanto, en éste momento será necesario realizar el cálculo de los indicadores con el fin de evaluar el efecto sobre la meta de la empresa, de cada una de las alternativas contempladas por el jefe encargado para programar y materializar la producción de los requerimientos netos contemplados en el PMP.

Debido a que los valores reales y exactos de los indicadores no son posibles de obtener a comienzos del mes en que se fabrica, pues hasta ese momento no se tiene información real sobre el Throughput, los gastos de operación y el valor de los inventarios, es necesario realizar un estimado para cada uno de ellos con el propósito de respaldar la toma de decisiones. Por ejemplo, si se desea programar la producción, en el momento en que se va a dar comienzo al mes enero, durante el cual se fabricará los productos que serán demandados durante el mes de febrero, es importante contar con indicadores que permitan medir el impacto de cada una de las alternativas contempladas para facilitar esa tarea; en éste momento en el que se quieren tomar decisiones pero no se tiene un valor real de los indicadores, es necesario estimarlos con anterioridad.

Sean Indicadores estimados o reales, su cálculo se da periodo vencido, es decir, las deducciones se realizan a final de un periodo con base en la información relacionada con los sucesos ocurridos durante él, dicho periodo puede ser el empleado para la producción o aquel en el que ocurre la demanda que consumirá la producción generada el periodo inmediatamente anterior.

A continuación se comenta cual es el tratamiento para cada uno de los Indicadores:

- El Throughput estimado se calculará teniendo en cuenta la demanda pronosticada mediante la técnica de proyección y las previsiones extras mencionadas en el Capitulo 7. En el caso comentado, dicha demanda es la relacionada con el mes de febrero. El Throughput real sólo es posible determinarlo una vez se ha finalizado el mes de febrero cuando ya se conoce el valor exacto de las ventas.
- Los Inventarios estimados estarán representados por el valor de todas las máquinas, herramientas, equipos de oficina, computadores, muebles, etc., registrados en libros en el mes anterior (diciembre) y de aquellos para los cuales exista certeza de que se adquirirán durante el periodo de fabricación (enero), más el valor de la materia prima en el stock de seguridad (previsto para respaldar el mes de febrero), más una estimación de las cantidades que se producirán durante el mes de febrero para atender la demanda de marzo, esta es necesaria debido a que en el momento de finalizar el mes de febrero el producto terminado esta determinado por el valor de materia prima de los productos que no fueron vendidos durante este mes y por el valor de materia prima de los productos que están en espera para ser demandados. Los inventarios reales serán deducidos una vez ha finalizado el mes durante el cual ocurre la demanda (febrero), porque hasta éste momento se conoce el valor de las unidades que en la realidad no fueron vendidas durante el periodo para el cual se establecieron.
- Los Gastos de Operación estimados se deducirán en consenso con la Contadora de la empresa, basándose en los gastos del mes anterior (diciembre) más otros gastos en los cuales se piense incurrir durante el mes (enero), y/o menos los gastos que se considere no se causarán durante el mes (enero). Los Gastos de Operación reales serán deducidos al finalizar el mes en que se incurrieron (enero).

Aunque los indicadores estimados no son valores exactos debido a que su obtención se basa en pre-supuestos, todas las alternativas se evalúan bajo las mismas condiciones, por lo tanto, estos indicadores servirán como apoyo al Jefe de Producción para la toma de decisiones teniendo presente, en todo momento, que su objetivo es acercar a la empresa hacia la meta: “Ganar dinero”.

El software calcula los indicadores estimados necesarios en el momento de evaluar alternativas para tomar una decisión de cómo programar la producción de manera definitiva, sin embargo es necesario verificar el grado de cumplimiento de las decisiones planeadas por medio del cálculo de los indicadores reales una vez haya transcurrido y finalizado el periodo relacionado con cada uno de ellos. Estos últimos serán obtenidos por medio de una Hoja de cálculo.

10. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Cuando se dice sistema se hace mención al conjunto de reglas, pasos y herramientas que permiten la planeación, programación y control de la producción en MEDIIMPLANTES. Los instrumentos diseñados para la empresa que facilitan directa o indirectamente la consecución de éstos objetivos fueron la herramienta de PMP, el software “Tool” y la herramienta de tiempos, en donde el segundo es de mayor complejidad que las demás pero todos igualmente involucrados en la implementación.

10.1 PARAMETRIZACIÓN DEL SISTEMA

En éste punto se hace referencia al Software directamente pues tanto las herramientas de PMP como de tiempos fueron elaboradas en Excel y su establecimiento no requiere de un proceso de parametrización con todo lo que implica.

La parametrización que se realizó consistió en la inclusión de toda la información disponible, necesaria y establecida como parámetros dentro del software (Ver capítulo 8, apartado 8.3). Esta fue llevada a cabo por las autoras del proyecto, basándose en las condiciones del sistema productivo vigentes en el momento.

10.2 PRUEBAS

Consistió en comprobar que tanto el software como las herramientas realizaban correctamente las tareas indicadas y especificadas para cada uno. Por una parte el ingeniero encargado de la programación informática realizaba pruebas de manera independiente a medida que ejecutaba su tarea, y por otro lado, hacía entregas parciales a través de las cuales las autoras del proyecto verificaban la veracidad de los datos

deducidos de los cálculos internos, detectaban carencias y planteaban modificaciones y mejoras relacionadas con la interfaz.

10.3 DEFINICIÓN DE RESPONSABILIDADES

Tabla 72. Información relacionada con las responsabilidades

ACTIVIDADES	TAREAS ESPECÍFICAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Planeación Operativa	Recolección de datos de demanda	Periódica ⁹⁷	Jefe de Inventarios
	Establecimiento de las previsiones	Esporádica	Socios, Departamento Comercial, Jefe de Inventarios y Jefe de Producción
	Conteo físico de inventario	Periódica	Jefe de Inventarios
	Actualización de costos de exceso y costos de faltante	Esporádica	Jefe de Inventarios
	Obtención del PMP con la herramienta	Periódica	Jefe de Inventarios
Programación de la producción	Toma de tiempos	Esporádica	Jefe de Producción
	Control, inclusión y renovación en los tiempos de producción haciendo uso de la herramienta.	Esporádica	Jefe de Producción
	Renovación e inclusión de los valores de los parámetros en el Software Tool.	Esporádica	Jefe de Producción
	Programación de la producción con el Software Tool.	Periódica	Jefe de Producción
Control de la producción	Deducción del valor de los rubros que componen los indicadores	Periódica	Jefe de Producción y Contadora
	Entrega de información del programa en los puntos de control	Periódica	Jefe de Producción
	Liberación de materia prima	Periódica	Jefe de Inventarios
	Evaluación de indicadores estimados y reales	Periódica	Jefe de Producción y Jefe de Inventarios

Fuente: Autoras del proyecto.

⁹⁷ Como se ha comentado, se planteó un periodo mensual, pero puede estar sujeto a modificaciones.

10.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN LA EMPRESA

Con el desarrollo del proyecto y con la implementación del sistema diseñado para planear, programar y controlar la producción operativa de MEDIIMPLANTES es posible obtener los siguientes beneficios que en las condiciones actuales de gestión y operación no se lograrían:

- Anteriormente no se tenía conocimiento de los tiempos de operación y de preparación, con el Estudio de Tiempos se suministró dicha información a la Empresa para cada una de las referencias que hasta el momento se fabrican; esto permite principalmente obtener ganancias tales como: estimar la capacidad de producción de la planta, programar eficientemente la producción (ya que se cuenta con información acertada), asignar correctamente el trabajo a los operarios y comparar diferentes métodos de trabajo.
- Antes la planeación de los requerimientos de productos y sus cantidades en un periodo, se llevaba a cabo basándose únicamente en estimaciones subjetivas que se soportan en la experiencia y en el comportamiento anterior de la demanda; ahora, con el establecimiento del PMP se involucra un modelo cuantitativo de proyección (promedios móviles) y determinación de stock de seguridad que igualmente se ve complementado por un ajuste cualitativo (previsiones extras) que incluye en el pronóstico la opinión de los expertos.
- El sistema en general, permite que las actividades relacionadas con la planeación, programación y control de la producción se den de manera integrada y organizada, es decir, desde un comienzo se toman decisiones que benefician la Empresa como un todo, considerando (entre otros aspectos) tanto las exigencias del mercado como la capacidad para atenderlas, adicionalmente, una vez planteados los requerimientos, se establece un cronograma para su obtención evitando de esta manera las interrupciones e improvisaciones que frecuentemente se presentan. Todo el proceso se desarrolla por medio de metodologías claras que fueron mostradas en el transcurso del proyecto.

- La programación de la producción que ahora ha de efectuarse es realista y enfocada pues se basa en las restricciones que determinan la capacidad del sistema y permiten por una parte determinar si es posible o no, atender las solicitudes, y por otro lado, tomar decisiones a cerca de cuales serán los aspectos críticos en donde hay que efectuar las mejoras que reportan beneficios globales.
- El establecimiento de indicadores, no manejados hasta la fecha, que permiten medir el desempeño y el impacto de las decisiones y las acciones efectuadas por el sistema productivo en toda la Empresa.

Las herramientas de Tiempos, PMP y Tool además de cumplir con el objetivo para el cual fueron diseñadas, permiten mantener de manera organizada y consolidada la información manejada por cada una, la cual puede ser continuamente y fácilmente actualizada.

10.5 SIMULACRO DE LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

A continuación, por medio de un ejemplo, se explicará el resultado obtenido al buscar programar la producción para un periodo determinado, con información real y empleando las herramientas diseñadas para ello.

Hoy es 30 de Noviembre de 2005 y se desea programar la producción que se fabricará durante el mes de Diciembre para satisfacer los requerimientos del mes de Enero de 2006.

La Jornada laboral para todos los Centros de Trabajo es de 192 horas mensuales.

1. Establecimiento del PMP. Para éste fin se empleó la Herramienta de PMP en donde inicialmente se verificó que los parámetros establecidos se encontraban actualizados, lo cual fue así, en caso contrario se hubiesen realizado las modificaciones pertinentes; a continuación se cargaron los datos de demanda real ocurridos durante el mes de Noviembre que acaba de finalizar. Antes de obtener

los Requerimientos Netos de Producción para cada uno de los artículos fue necesario incluir la información de previsiones extras e inventario inicial.

Para el caso de las previsiones, las autoras consideraron que era necesario involucrar valores de previsión extras para algunos de los artículos, disminuyendo el monto estimado por el stock de seguridad, ya que por conocimiento del comportamiento de la demanda, se observa que esta ha venido disminuyendo para ciertos productos (Tornillos Monoaxiales) por la presencia de artículos sustitutos (Tornillos Poliaxiales) que presentan un desempeño mejor; esto ocasiona que los valores reflejados en el stock de seguridad sobre estimen en sus cálculos la posible ocurrencia de la demanda, debido a que las disminuciones de demanda para estos productos no se presentan de manera gradual y el número de periodos⁹⁸ empleados por el stock cobijan valores con grandes variaciones⁹⁹ entre un mes y otro. Hasta el momento esta situación especial, sólo ha sucedido con este tipo de productos, caso en el cual se hace empleo del elemento previsiones extras para sopesar sus efectos.

Para obtener el valor definitivo de las previsiones, se consultaron las estimaciones con el Jefe de Inventarios y el Jefe de Comercial.

Por su parte, para efectos del simulacro, al componente Inventario Inicial se le asignaron cantidades nulas debido a que su valor proviene de la realidad, y la realidad refleja el inventario de producto terminado cuyo valor depende de la dinámica de producción que se tenga; entonces, como hasta el momento la Empresa maneja un esquema diferente de producción, la información de inventarios disponible en los registros para el mes en cuestión no es útil.

El resultado arrojado contiene los Requerimientos Netos de Producción que cubrirán el mes de Enero, estos se muestran en la Tabla 73.

⁹⁸ Ver Capítulo 7 para el establecimiento del Stock de Seguridad.

⁹⁹ Por ejemplo, para el producto 100-5-ML-40 la demanda en el mes de agosto fue de 16 unidades, y en los meses de octubre y noviembre fue de 0 unidades.

Tabla 73. Requerimientos de Producción Netos (simulacro).

NOMBRE	REFERENCIA	Proyección	Stock de Seguridad	Previsiones Extras	Inventario Inicial	Requerimiento Neto de Producción
Barra longitudinal x 50	100-2-1-50	11	7	0	0	18
Barra longitudinal x 60	100-2-1-60	2	4	0	0	6
Barra longitudinal x 70	100-2-1-70	7	7	0	0	14
Barra longitudinal x 80	100-2-1-80	6	9	0	0	15
Barra longitudinal x 90	100-2-1-90	6	13	0	0	19
Barra longitudinal x 110	100-2-1-110	7	4	0	0	11
Barra longitudinal x 130	100-2-1-130	1	2	0	0	3
Barra longitudinal x 150	100-2-1-150	1	1	0	0	2
Barra longitudinal x 180	100-2-1-180	1	1	0	0	2
Barra longitudinal x 210	100-2-1-210	1	1	0	0	2
Barra longitudinal x 300	100-2-1-300	1	1	0	0	2
Barra longitudinal x 480	100-2-1-480	1	1	0	0	2
Barra transversa x 60	100-2-3-60	12	4	0	0	16
Barra transversa x 80	100-2-3-80	4	3	0	0	7
Barra transversa x 100	100-2-3-100	0	3	0	0	3
Gancho laminar mediano	100-4-3-M	2	4	0	0	6
Gancho laminar de red.	100-4-3-MR	2	7	0	0	9
Gancho pedicular	100-4-4	0	0	0	0	0
Gancho pedicular de red.	100-4-4R	0	0	0	0	0
Gancho torácico	100-4-5	1	3	0	0	4
Gancho torácico de red.	100-4-5R	1	7	0	0	8
Tornillo poliaxial 5.0 x 30	100-5-PT-30	1	1	0	0	2
Tornillo poliaxial 5.0 x 35	100-5-PT-35	2	1	0	0	3
Tornillo poliaxial 5.0 x 40	100-5-PT-40	5	7	0	0	12
Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30	100-5-PTR-30	0	0	0	0	0
Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35	100-5-PTR-35	0	2	0	0	2
Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40	100-5-PTR-40	0	6	0	0	6
Tornillo poliaxial 6.0 x 30	100-5-PL-30	0	0	0	0	0
Tornillo poliaxial 6.0 x 35	100-5-PL-35	5	3	0	0	8
Tornillo poliaxial 6.0 x 40	100-5-PL-40	14	14	0	0	28
Tornillo poliaxial 6.0 x 45	100-5-PL-45	17	22	0	0	39
Tornillo poliaxial 6.0 x 50	100-5-PL-50	5	3	0	0	8
Tornillo poliaxial red. 6.0 x 30	100-5-PLR-30	0	0	0	0	0
Tornillo poliaxial red. 6.0 x 35	100-5-PLR-35	3	0	0	0	3
Tornillo poliaxial red. 6.0 x 40	100-5-PLR-40	4	5	0	0	9
Tornillo poliaxial red. 6.0 x 45	100-5-PLR-45	9	8	0	0	17
Tornillo poliaxial red. 6.0 x 50	100-5-PLR-50	1	1	0	0	2
Tornillo poliaxial 7.0 x 35	100-5-PS-35	1	3	0	0	4
Tornillo poliaxial 7.0 x 40	100-5-PS-40	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial 5.0 x 30	100-5-MT-30	0	4	0	0	4
Tornillo monoaxial 5.0 x 35	100-5-MT-35	2	6	0	0	8
Tornillo monoaxial 5.0 x 40	100-5-MT-40	1	5	0	0	6
Tornillo monoaxial red. 5.0 x 30	100-5-MTR-30	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial red. 5.0 x 35	100-5-MTR-35	1	3	0	0	4
Tornillo monoaxial red. 5.0 x 40	100-5-MTR-40	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial 6.0 x 30	100-5-ML-30	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial 6.0 x 35	100-5-ML-35	1	3	0	0	4
Tornillo monoaxial 6.0 x 40	100-5-ML-40	1	17	-12	0	6
Tornillo monoaxial 6.0 x 45	100-5-ML-45	1	25	-20	0	6
Tornillo monoaxial 6.0 x 50	100-5-ML-50	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial red. 6.0 x 30	100-5-MLR-30	0	0	0	0	0

Tornillo monoaxial red. 6.0 x 35	100-5-MLR-35	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial red. 6.0 x 40	100-5-MLR-40	2	11	-5	0	8
Tornillo monoaxial red. 6.0 x 45	100-5-MLR-45	0	6	0	0	6
Tornillo monoaxial red. 6.0 x 50	100-5-MLR-50	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial 7.0 x 40	100-5-MS-40	0	0	0	0	0
Tornillo monoaxial 7.0 x 45	100-5-MS-45	0	2	0	0	2
Cuerpo Intervertebral 12*25	101-1	7	6	0	0	13
Shans o pin torácico medimax	102-2-T	3	7	0	0	10
Shans o pin lumbar medimax	102-2-L	0	0	0	0	0
Shans o pin sacro medimax	102-2-S	0	0	0	0	0

Fuente: Herramienta del PMP.

2. Verificación de Parámetros. Antes de dar inicio a la programación de la producción, se verificó si los valores correspondientes a los parámetros del Software presentes hasta este momento, estaban actualizados, lo cual fue así, en caso contrario se hubiesen llevado a cabo las modificaciones pertinentes.
3. Entrada del PMP al Software. Se ingresó la información relacionada con los requerimientos de producción en el espacio dispuesto para ello en el Software.
4. Hallazgo de la restricción. Una vez fue realizada la corrida en el Software con la mezcla y cantidad de artículos encontrados anteriormente, la restricción detectada para el sistema fue el Mercado. Como los datos se basan en información real se puede concluir que la situación de MEDIIMPLANTES en general, es que su capacidad de producción es suficiente para poder atender la demanda actual, y además, está en condiciones de atender incrementos en la misma.
5. Programación de la Producción. Debido a que no se detectó un Recurso Cuello de Botella o de Capacidad Limitada, no fue necesaria la asignación de horas extras y la programación de la producción se realizó con base en el Recurso más lento, que para este caso fue el Centro de Mecanizado CNC.

La programación obtenida para el Centro de Mecanizado CNC se resume a continuación:

Tabla 74. Programación del CMV (simulacro).

Hora: Inicio-Fin	Referencia	Operación
00:11:53 - 00:37:17	102-1-5	O2
05:52:21 - 09:34:57	100-4-3M	O2
09:34:57 - 14:52:26	100-4-3MR	O2
14:52:26 - 17:13:22	100-4-5	O2
17:13:22 - 21:51:06	100-4-5R	O2
21:51:06 - 24:03:37	100-4-3M	O3
23:11:20 - 26:06:43	100-4-3MR	O3
26:06:43 - 26:59:23	100-4-5	O3
26:59:23 - 29:32:27	100-4-5R	O3
29:32:27 - 34:58:10	102-1-2	O2
34:58:10 - 35:55:13	101-2	O2
35:55:13 - 36:45:43	102-2-T	O3
36:45:43 - 44:25:49	102-1-3	O2
44:25:49 - 44:55:17	100-5-PS-35	O3
44:55:17 - 45:43:55	102-2-T	O4
45:43:55 - 46:57:23	102-1-2	O3
46:57:23 - 47:18:38	100-5-MS-45	O3
47:18:38 - 47:37:25	100-5-MS-45	O4
47:37:25 - 49:55:10	101-1	O3
49:55:10 - 51:34:34	101-1	O4
51:34:34 - 108:21:11	102-1-1	O3

Fuente: Software "Tool".

A partir del Programa para el CMV se pueden hacer las siguientes observaciones:

- Como era de esperarse las operaciones de los artículos quedaron ordenadas de acuerdo a la cantidad de herramientas compartidas, esto se afirma basándose en el conocimiento que se tiene, para la mayoría de los casos, de los grupos de referencias que comparten herramientas.
- Existen esperas a las que tendrá que someterse el CMV, ya que el mecanizado de las piezas que allí se hacen, es compartido con el Torno CNC y en la mayoría de los casos las operaciones que se ejecutan en este Centro de trabajo no son las operaciones iniciales. No es de alarmarse pues este no es un recurso cuello de botella ni de Capacidad Limitada, por lo tanto los momentos de inactividad no generan alteraciones negativas en la productividad e incumplimientos en la fecha de entrega.
- Se detectó una espera de aproximadamente 8 horas entre la realización de la O2 del artículo 102-1-5 y la O2 del artículo 102-1-2. En caso tal, es

posible, de manera anticipada programar actividades dentro de este tiempo, tales como: mantenimiento del centro de trabajo, capacitaciones para el operario encargado o fabricación de prototipos e instrumental. A pesar de que las operaciones de los artículos mencionados quedaron ordenadas de manera tal que el cambio de herramientas contribuya a un bajo tiempo de preparación total para la máquina, y teniendo en cuenta que es posible que se requiera cambio de herramientas para la elaboración de prototipos y/o instrumental, existe un tiempo suficiente para realizar los cambios de herramientas necesarios y retomar las actividades programadas para los implantes en el momento y con las herramientas, necesarios para la ejecución de la operación del artículo pendiente.

El Programa de Liberación de Materiales, de igual manera, se generó de acuerdo al recurso más lento y se muestra en el siguiente resumen:

Tabla 75. Programa de Liberación de Materiales (simulacro).

Tiempo	Producto	Centro de trabajo
00:00:00	102-1-5	Torno CNC
00:00:00	100-5-MT-40	Torno Suizo
00:00:00	100-2-3-60	Prensa Manual
00:00:00	100-2-1-50	Torno Convencional
00:08:00	100-2-3-80	Prensa Manual
00:11:30	100-2-3-100	Prensa Manual
00:11:53	100-5-PS-35	Torno CNC
00:20:42	100-2-1-60	Torno Convencional
00:27:36	100-2-1-70	Torno Convencional
00:40:43	100-4-1	Torno Suizo
00:44:24	100-2-1-80	Torno Convencional
00:54:22	102-1-1	Torno CNC
01:01:54	100-2-1-90	Torno Convencional
01:24:04	100-2-1-110	Torno Convencional
01:37:05	100-2-1-130	Torno Convencional
01:41:53	100-2-1-150	Torno Convencional
01:44:17	100-2-1-180	Torno Convencional
01:46:37	100-2-1-210	Torno Convencional
01:49:01	100-2-1-300	Torno Convencional
01:51:41	100-2-1-480	Torno Convencional
01:54:45	102-2-T	Torno Convencional
04:07:46	100-4-P-CP	Torno Suizo
04:14:31	100-5-MS-45	Torno CNC
04:49:06	100-4-3M	Torno CNC
05:52:21	100-4-3MR	Torno CNC
07:31:26	100-4-5	Torno CNC
08:06:07	100-4-5R	Torno CNC
09:29:48	102-1-3	Torno CNC
09:32:15	100-5-P-CPR	Torno Suizo
12:30:13	102-1-2	Torno CNC

12:32:49	102-2-L	Torno Suizo
14:42:06	100-3	Torno CNC
15:20:09	100-6	Torno Suizo
26:55:29	100-4-1-TGL	Torno CNC
27:00:42	102-1-4	Torno Suizo
27:55:37	100-5-ML-35	Torno Suizo
28:48:14	101-2	Torno CNC
28:51:14	100-5-ML-40	Torno Suizo
29:28:03	100-5-ML-45	Torno Suizo
29:39:33	101-1	Torno CNC
30:07:22	100-5-MLR-40	Torno Suizo
31:03:05	100-5-MLR-45	Torno Suizo
31:46:42	100-5-MT-30	Torno Suizo
32:14:02	100-5-MT-35	Torno Suizo
33:04:49	100-5-MTR-35	Torno Suizo
33:35:44	100-5-PL-35	Torno Suizo
34:40:05	100-5-PL-40	Torno Suizo
36:59:40	100-5-PL-45	Torno Suizo
40:25:35	100-5-PL-50	Torno Suizo
41:10:30	100-5-PLR-35	Torno Suizo
41:24:40	100-5-PLR-40	Torno Suizo
42:09:53	100-5-PLR-45	Torno Suizo
43:39:56	100-5-PLR-50	Torno Suizo
43:51:33	100-5-PT-30	Torno Suizo
44:05:11	100-5-PT-35	Torno Suizo
44:20:42	100-5-PT-40	Torno Suizo
45:26:37	100-5-PTR-35	Torno Suizo
45:37:08	100-5-PTR-40	Torno Suizo
46:10:21	100-5-P-EP	Torno Suizo

Fuente: Software "Tool".

6. Generación de Indicadores. Los indicadores son empleados para evaluar diferentes alternativas de producción para un mes en cuestión y para verificar el cumplimiento de lo real en comparación con lo planeado. En el primer caso, debido a que no se tiene ningún recurso cuello de botella no es necesario asignar horas extras, y no se considera la posibilidad de modificar el trabajo de las Rutas, ni mucho menos el PMP. Para el segundo objetivo se debe esperar a que finalice el mes de enero para comparar los indicadores obtenidos con los indicadores reales. Dado que no se cree conveniente evaluar ninguna otra alternativa, los indicadores obtenidos para la única corrida son:

Indicadores Operativos:

- Throughput: \$ 209.206.648
- Inventarios: \$ 235.716.749
- Gastos de operación: \$100.320.946

Indicadores Financieros:

- Utilidad neta: \$ 108.885.702
- Flujo de efectivo: \$ 95.693.314
- Rendimiento sobre la inversión: 46.19%

De igual manera, cuando se cuente con la información histórica, se puede analizar el aumento o la disminución de los indicadores anteriores con respecto a los encontrados para los meses anteriores.

7. Modificaciones de las Rutas. Al revisar el trabajo asignado a cada Ruta, no se consideró necesario efectuar algún tipo de alteración sobre ellas, aclarando que el simulacro sólo es posible hacer cambios desde la Ruta Suizo a la Ruta CNC, en donde se encuentra el CMV (Recurso más lento). En la medida en que se puedan hacer los artículos en la Ruta Suizo, se asignaran en lo posible a él por ser más rápida en comparación con la Ruta CNC. Estas modificaciones serían necesarias si se llegase a requerir más tiempo del que actualmente muestra, para la fabricación de prototipos, sin embargo, el programa obtenido para éste recurso muestra que a partir de la hora 50 el Recurso habrá terminado toda la fabricación de los artículos asignados a él y por lo tanto estará disponible por ejemplo, para la fabricación de prototipos. Por otra parte, no es posible asignar artículos de la Ruta CNC a la Ruta Suizo, ya que para los productos asignados a la primera sólo es posible fabricarlos en esta.

En general, se observa que el último lote de artículos (102-1-1) es finalizado a la hora 121 en el Centro de Trabajo de Marcación, considerando que el disponible es de 192 horas en el mes, se confirma el hecho que muestra un exceso de capacidad en el sistema productivo de MEDIIMPLANTES.

10.6 CAPACITACIÓN

Objetivos

Enseñar al personal involucrado acerca del enfoque y las metodologías planeadas para planear, programar y controlar la producción de MEDIIMPLANTES.

Adiestrar al personal involucrado en el manejo de las herramientas diseñadas.

Alcance

La capacitación fue programada y desarrollada para los Jefes de Producción e Inventarios.

Metodología

A lo largo del desarrollo del proyecto se llevaron a cabo reuniones periódicas con el Jefe de Producción, con el fin de familiarizarlo con las directrices que guiaron el diseño del sistema, además de mantenerlo actualizado sobre el avance del proyecto, sin embargo, se planteó una capacitación con los Jefes de producción e Inventarios, la cual contenía una etapa teórica en la que ambos estuvieron presentes y una etapa práctica que se impartió de forma individual a cada uno de ellos. La capacitación se desarrolló dentro de la jornada de trabajo.

Desarrollo

Tabla 76. Información relacionada con la capacitación

Módulos		Duración	Asistentes
Manufactura sincrónica y Teoría de Restricciones		4 horas en dos sesiones de igual duración	Jefe de Producción y Jefe de Inventarios
Programa Maestro de Producción		2 horas	Jefe de Producción y Jefe de Inventarios
Estudio de tiempos		1 hora	Jefe de Producción
Manejo y funcionamiento de la Herramienta de tiempos		1 hora	Jefe de Producción
Manejo y funcionamiento de la Herramienta de PMP		1 hora	Jefe de Producción y Jefe de Inventarios
Manejo y funcionamiento del Software Tool	Parametrización	4 horas	Jefe de Producción
	Programación de la producción	2 horas	Jefe de Producción
	Manejo de usuarios y password	½ hora	Jefe de Producción

Fuente: Autoras del proyecto.

Observaciones

- Aunque la duración de cada uno de los módulos dictados se dio de acuerdo a lo planeado, no fue posible desarrollarlas de manera continua ya que se llevaron a cabo dentro de la jornada laboral que exigía el cumplimiento de las actividades rutinarias por parte de los asistentes, por ellos fueron repartidas a lo largo de una semana.
- Las sesiones no consistieron únicamente en una charla impartida por las autoras, sino que se permitió que los asistentes realizaran ejercicios a través de los cuales se evaluó y garantizó un entendimiento y retención total de los temas tratados en los diferentes módulos, además surgieron un sin número de preguntas debido a que los temas teóricos eran poco o nada manejados por los asistentes, que de igual manera contribuyeron a la comprensión de los temas.

11. CONCLUSIONES

- De acuerdo al simulacro efectuado y a otras pruebas realizadas del mismo tipo, que incluyeron información real, se concluye que la situación vigente para MEDIIMPLANTES en cuanto a su desempeño, se ve coartada por el Mercado el cual es detectado como la restricción o el factor limitante actual para el alcance de La Meta.
- Con el fin de dar el primer paso propuesto por Teoría de Restricciones “Determinar las restricciones en el sistema”, es necesario tener conocimiento de la duración o el tiempo consumido por las actividades de preparación para, junto con los tiempos de operación, determinar la carga impuesta sobre determinado recurso. No obstante, la situación de MEDIIMPLANTES deja ver como para algunos centros de trabajo, de acuerdo a los artículos requeridos, no era posible contar con un conocimiento previo de los tiempos de alistamiento, con lo que era necesario estimarlos de alguna manera antes de detectar la(s) restricción(es) del sistema; ésta situación condujo al establecimiento de la Fase 0, en donde además de ello, se convirtió en una oportunidad para obtener de dichas máquinas bajos tiempos de preparación y establecer un ordenamiento con el cual se fabricasen los artículos.
- A pesar que desde la óptica del modelo teórico seguido, Manufactura sincrónica y Teoría de Restricciones, no se promuevan aspectos tales como el favorecimiento de los recursos que no son restricción (aún no detectados) o contar con un tamaño de lote de proceso equivalente al del lote de transferencia, tal como se describió, la situación particular de MEDIIMPLANTES dan crédito al camino seguido, pues era necesario involucrar soluciones de total aplicabilidad y cuyos beneficios fueran realmente percibidos por el sistema.

- MEDIIMPLANTES se encuentra en una etapa de diversos cambios, considerando que es una empresa relativamente nueva y que además cuenta con un departamento de diseño y desarrollo de productos. Éstos cambios se ven representados por la ampliación del portafolio de sus productos, por la modificación de los actuales, por la adquisición de recursos (operarios o equipos), por la búsqueda continua de conocimiento, evolución y mejora de sus procesos de manufactura ya sea con respecto a las operaciones o a los recursos encargados de ejecutarlos, y entre otros eventos, que exigen una alto grado de adaptabilidad no solo en la estructura interna de la empresa sino en los procedimientos y medios empleados para la toma de decisiones y en la forma de llevarlas a cabo. Por ello, se dio pie a visualizar una serie de eventos futuros que mostrasen los posibles estados e interacción de los elementos de la Unidad Productiva, de modo que el sistema creado para la planeación, programación y control de la producción pudiera reaccionar a dichos sucesos garantizando su aplicabilidad en el mediano o largo plazo, de lo contrario, aunque menos complejo y mas rápido, el ceñir la elaboración del sistema a las condiciones actuales haría que éste mismo quedara obsoleto en poco tiempo.

- Se reconoce la importancia de contar con información que soporte y alimente todo proceso de toma de decisiones desde la generación del PMP hasta la programación de la producción y su posterior control. Por ello fue necesario establecer que información era relevante para dichos fines, recolectarla y finalmente de determinar la manera de compilarla y manipularla para acceder a la misma de forma practica y en cualquier momento.

12. RECOMENDACIONES

- Considerando la situación vigente para MEDIIMPLANTES, en donde el Mercado se constituye como la restricción, su gestión y acciones se deben ver enfocadas en torno desarrollar alternativas que aumenten la participación de la empresa en el mercado, lo que implica desplazar o dar menos prioridad, por ahora, a los intentos por incrementar la capacidad o mejorar el desempeño de sus elementos de producción (en cuanto a eficiencias), pues en este último caso se pueden desviar atención, esfuerzos, tiempo y recursos que podrían ser destinados para alternativas que realmente acerquen a la consecución de La Meta.
- En el momento de hacer estimaciones o tomar decisiones basadas en cierto grado de subjetividad, es conveniente que los involucrados tengan el conocimiento y la experiencia suficientes de modo que se logren resultados aceptables. Por ello, en la deducción del elemento Previsiones Extras durante el establecimiento del PMP, además de los directos responsables, se recomienda involucrar en el proceso de consenso y validación a los médicos especialistas (socios de la empresa) quienes complementarían la estimación desde una perspectiva diferente y por supuesto, siendo expertos del mercado al que se hace referencia.
- El sistema planteado y desarrollado aquí para programar la producción operativa se basa en el establecimiento de las restricciones físicas, pero esto no debe limitar a la gerencia en la detección y explotación de más restricciones, de tipo político o administrativo, que aunque como se mostró hasta el momento no existen, pueden surgir y resultar aún más críticas que las primeras y en caso tal, de nada servirá favorecer las detectadas por la herramienta.

- Durante la fase 2, los favorecimientos contemplados para el sistema con base en sus limitaciones, son aquellos que puedan ser realizables de manera periódica o cada vez que se pretenda programar la producción, pero, existen otros beneficios que tienen un impacto en el largo plazo como lo son: la disminución en los tiempos de preparación y de operación, la compra de equipos, la contratación de personal y estrategias para aumentar el mercado. Es posible que se reincida una y otra vez en la misma restricción en a través de cada uno de los periodos transcurridos e indudablemente, a largo plazo, lo aconsejable es elevar la restricción recurriendo a los éstos últimos beneficios comentados.
- Uno de los principales logros alcanzados durante la Fase 0 se da en las Etapas 1 y 2 de la misma, en donde entre se involucra la aplicación del TSP, dicho logro consiste en procurar que los tiempos de preparación, por concepto de cambio de herramientas entre las operaciones de mecanizado, sean bajos en cada periodo que se desee programar la producción; la herramienta software se encarga de conseguir un ordenamiento tal, que el tiempo dedicado a las actividades de alistamiento de las máquinas sea corto, de acuerdo al conjunto y a la cantidad de artículos demandados en cada oportunidad. Sin embargo, se recomienda que esto sea complementado con un estudio que evalúe la técnica o los pasos operativos empleados para realizar las preparaciones y que consiga reducir el valor del tiempo como tal, de éste modo se podrá lograr una total flexibilidad del sistema productivo de MEDIIMPLANTES.
- En la medida en que los responsables continúen recolectando, incluyendo y/o actualizando oportunamente todo tipo de información involucrada en sus procesos será posible no solamente planear, programar y controlar la producción operativa de MEDIIMPLANTES, sino también garantizar que los resultados derivados sean acertados y útiles.

BIBLIOGRAFÍA

CHASE, AQUILANO, JACOBS. Administración de Producción y Operaciones: Manufactura y Servicios. 8°ed. Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana S.A, 2000.

DOMÍNGUEZ M, José A. Dirección de Operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw Hill, 1995.

DOMÍNGUEZ M, José A. Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw Hill, 1995.

FOGARTY, Donald. BLACKSTONE, John. HOFFMANN, Thomas. Administración de la Producción e Inventarios. 2°ed. Ciudad de México: CECSA, 1997.

GARCÍA S, Oscar León. Administración Financiera. 3°ed. Cali: Prensa Moderna Impresores S.A.. 1999.

GOLDRATT, Eliyahu. La Meta. 7°ed. Ciudad de México: Ediciones Castillo, 1998.

NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 1°ed. Ciudad de México: Cecsa, 1999.

ORTIZ P., Nestor R. Análisis y Mejoramiento de los procesos de la empresa. 1°ed. Bucaramanga, 1999.

RUSSELL, Stuart. NORVIG, Peter. Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno. 1°ed. Naucalpan de Juárez: Prentice Hall, 1996.

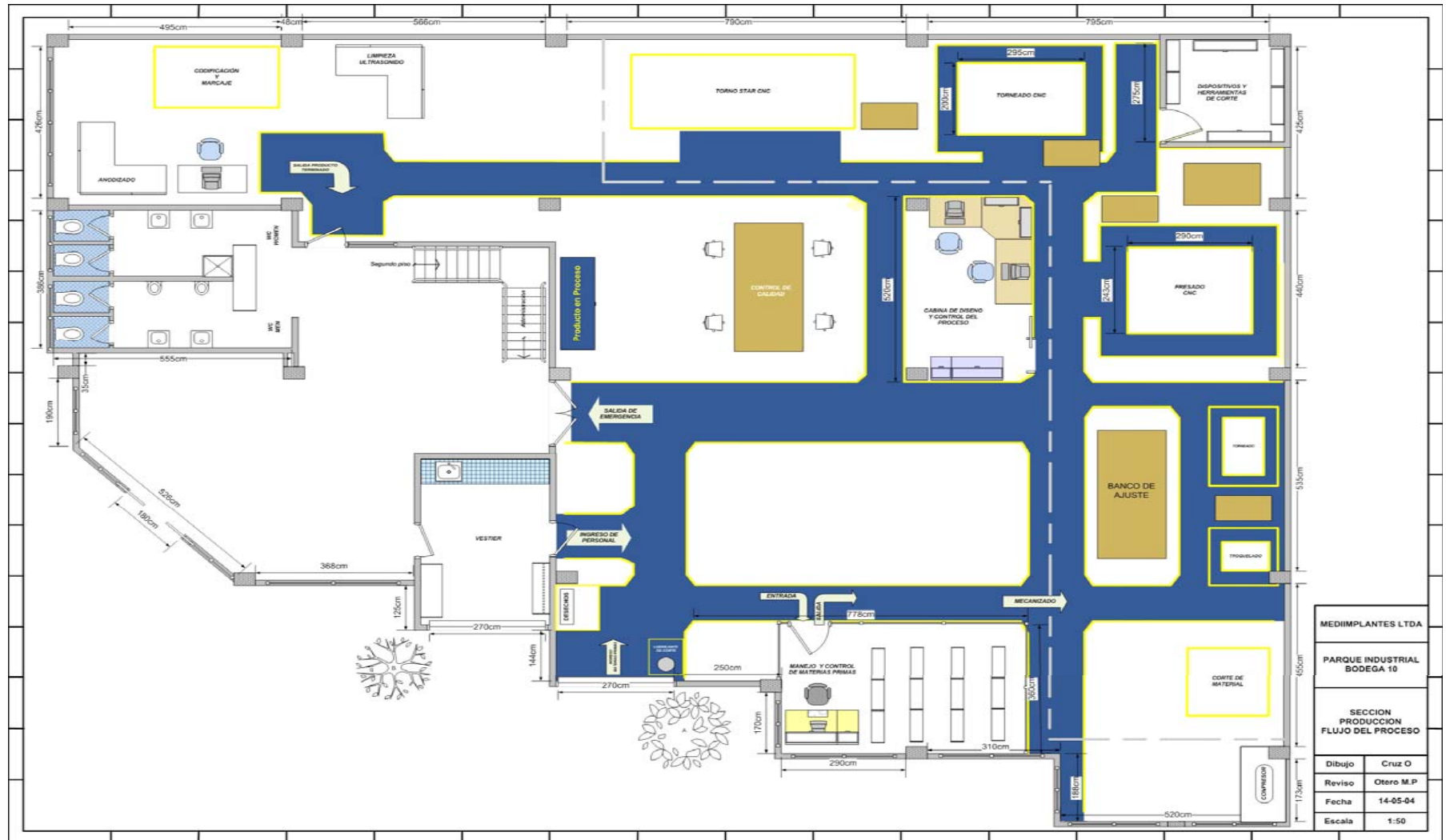
SIPPER, Daniel. Bulfin, Robert. Planeación y Control de la Producción. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 1998.

UMBLE, Michael. SRIKANTH, M. R. Manufactura Sincrónica. 1°ed. Ciudad de México: Cecsa, 1997.

ANEXOS

Anexo A

Diagrama de distribución de la planta



Fuente: Mediimplantes Ltda.

Diagramas de Operaciones del Proceso Productivo

1. Sistema Medifix

• CONTRARUERCA

(Ruta CNC)

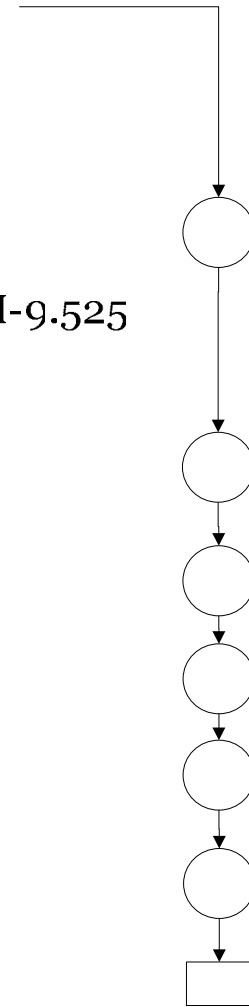
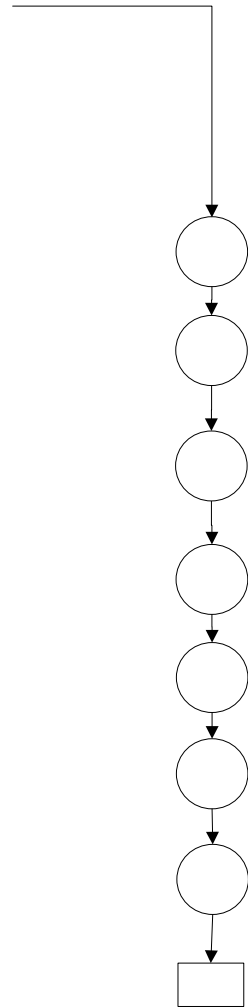
(Ruta Suizo)

TI6AL4VELI-9.525

O1 (Torno CNC)

O2 (Taladro de mano)

•



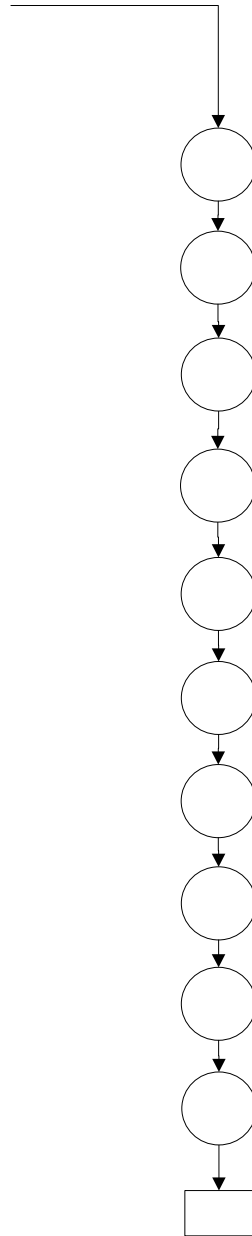
O1 (Torno CNC)

O2 (Taladro de mano)

O3 (Pulido)

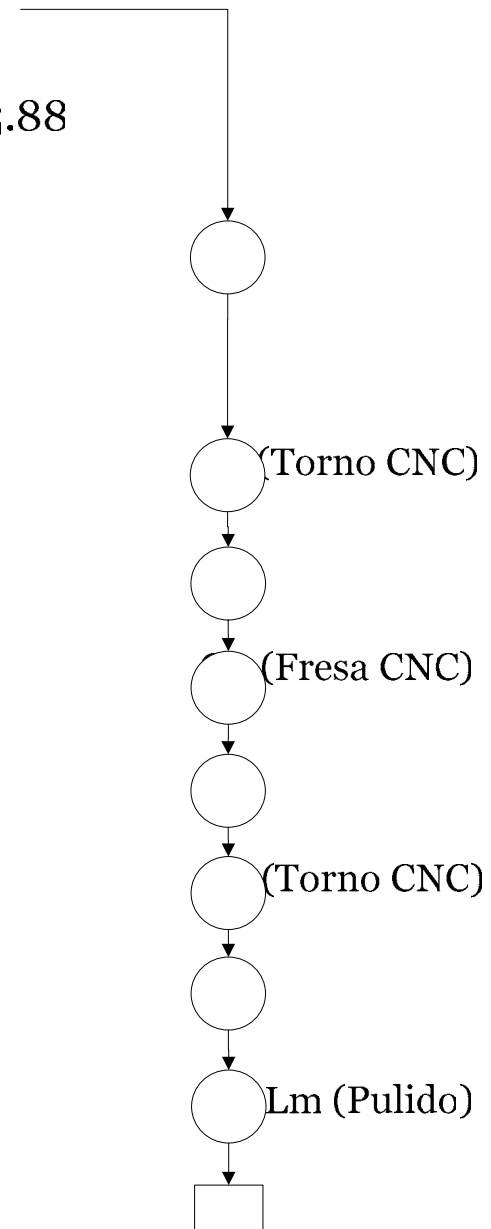
- TUERCA

(Ruta CNC)



(Ruta Suizo)

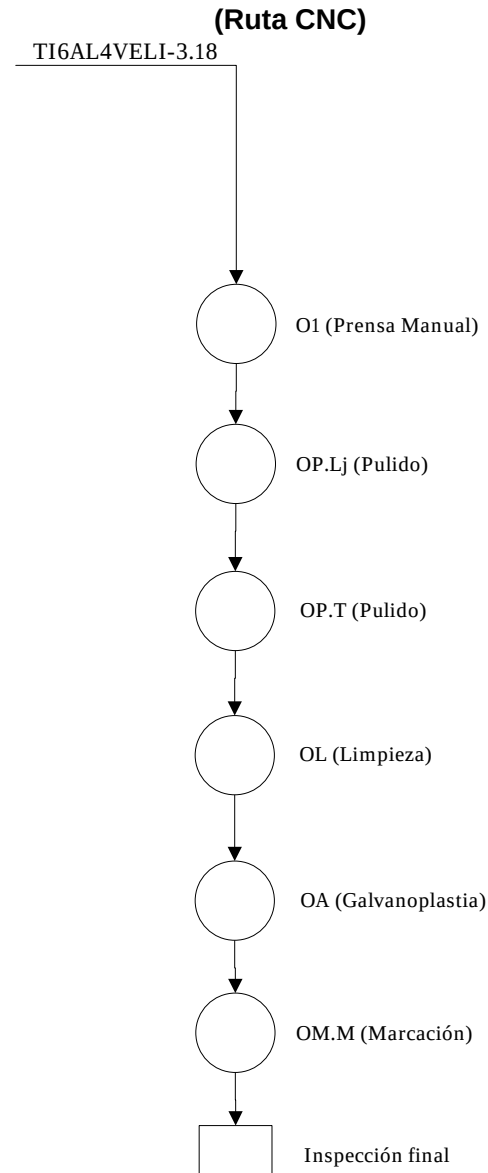
TI6AL4VELI-15.88



OP.G (Pulido)

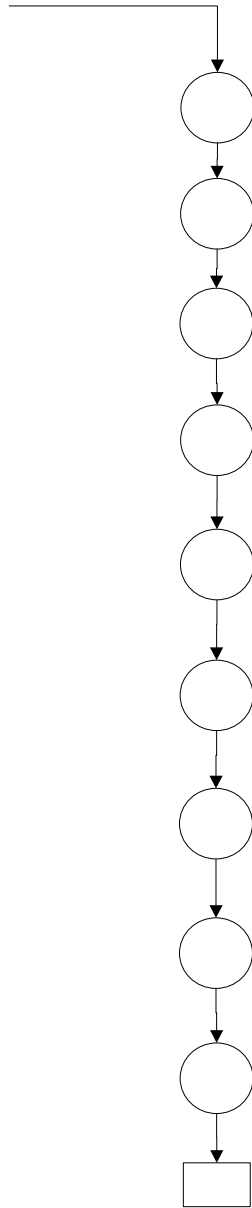
- BARRAS

- o B. TRANSVESA



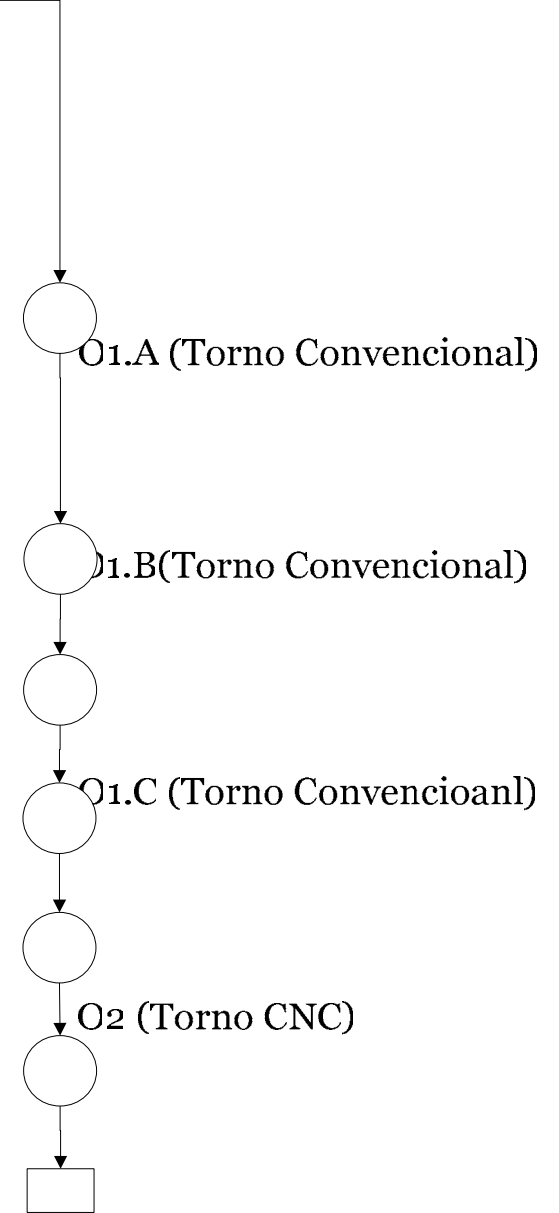
o B. LONGITUDINAL

(Ruta CNC)



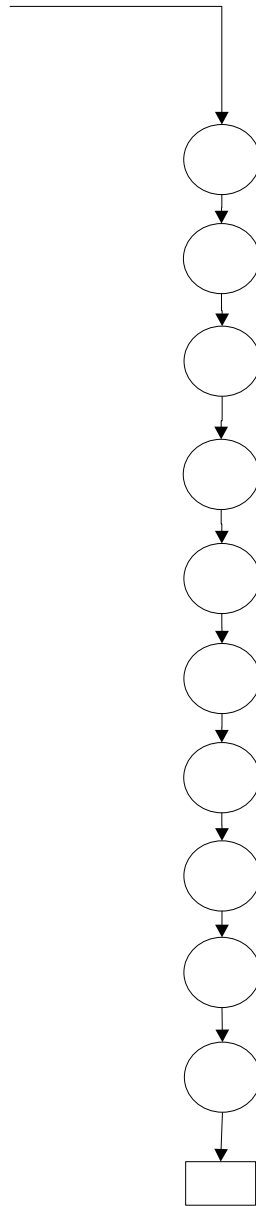
TI6AL4VELI-5.99

(Ruta Suizo)



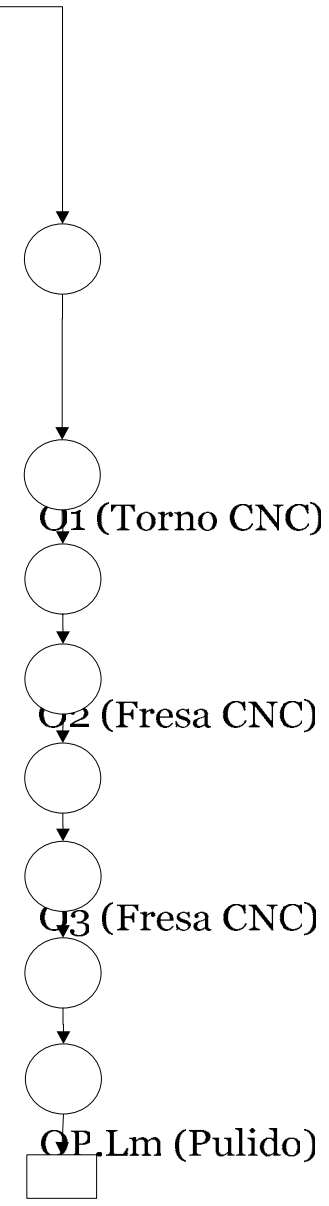
- GANCHOS
0 G. PEDICULAR

(Ruta CNC)



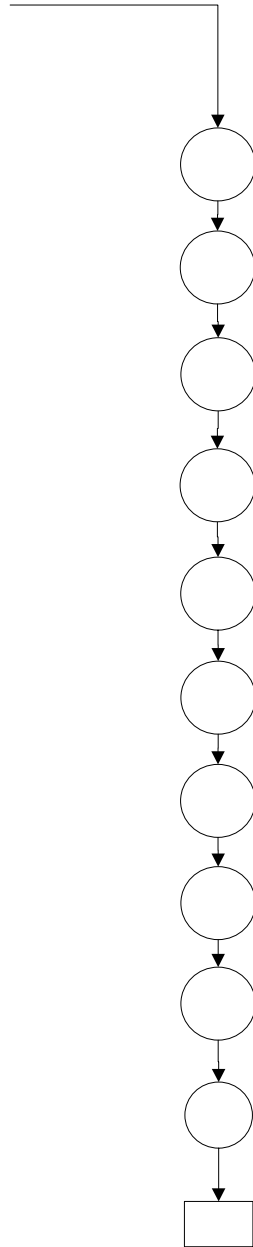
TI6AL4VELI-17.46

(Ruta Suizo)



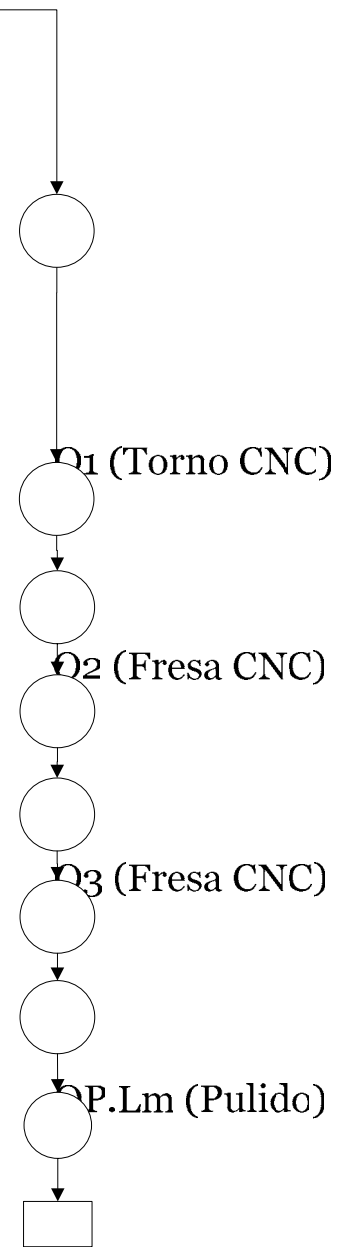
o G. LAMINAR

(Ruta CNC)



TI6AL4VELI-15.88

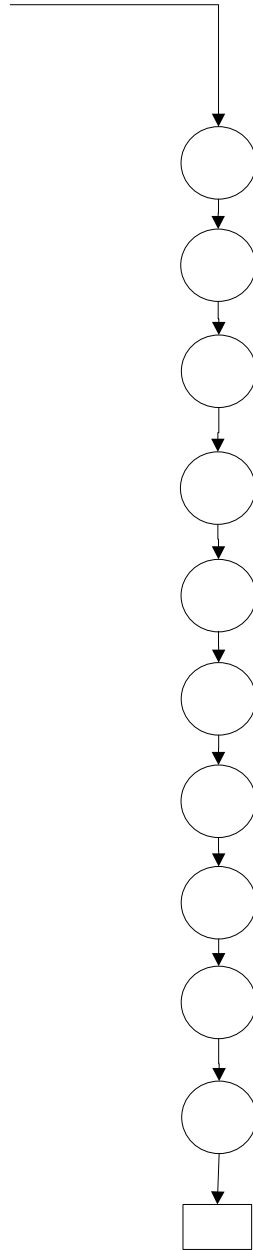
(Ruta Suizo)



OP.G (Pulido)

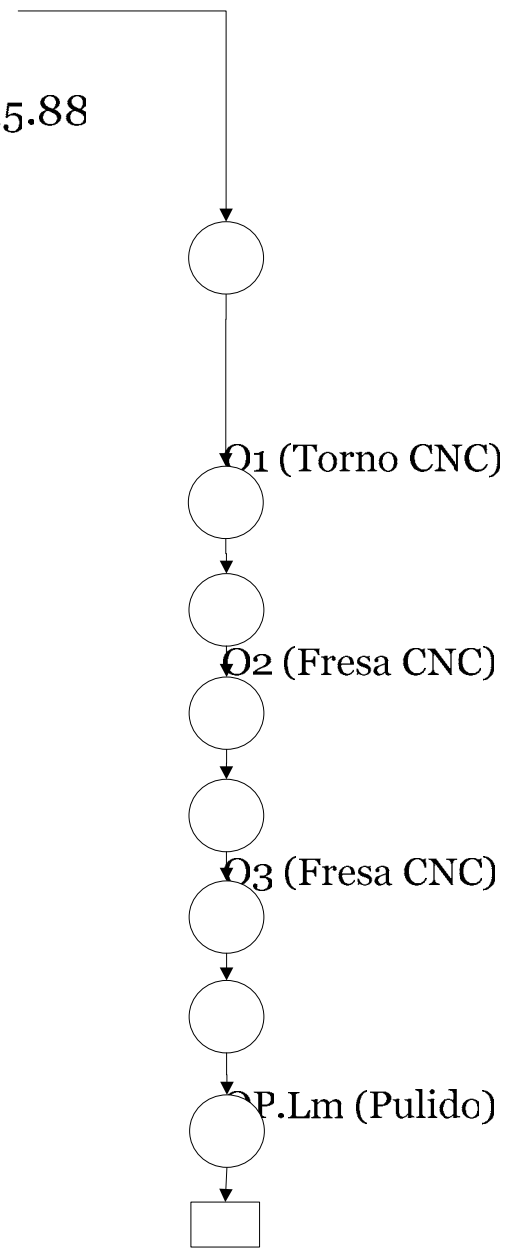
o G. TORÁXICO

(Ruta CNC)



TI6AL4VELI-15.88

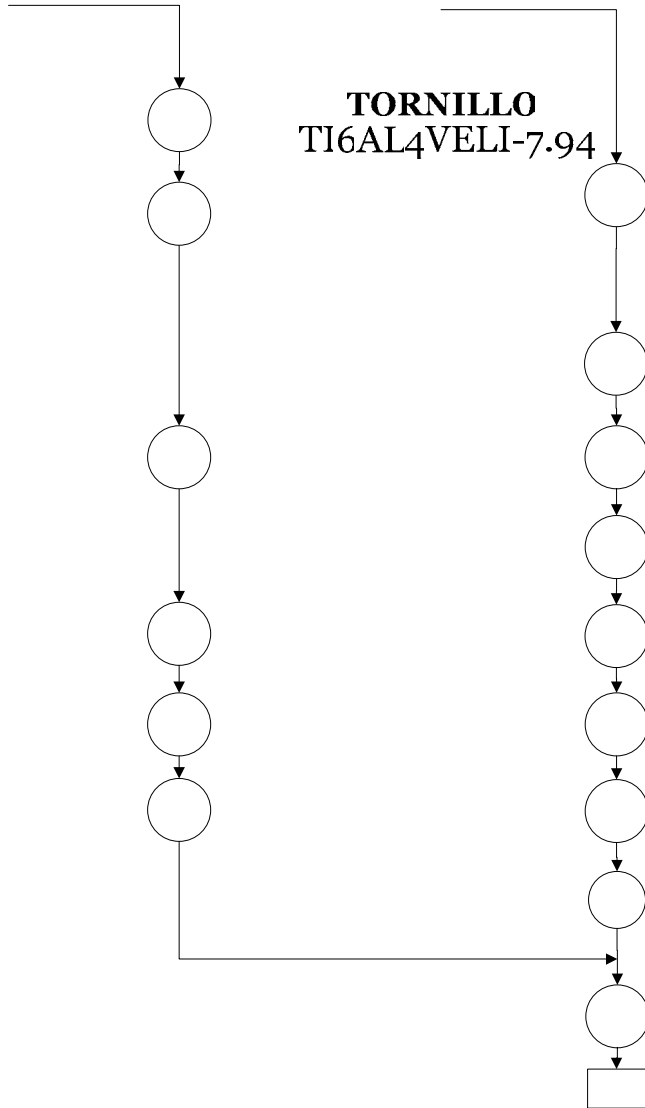
(Ruta Suizo)



o G. LATERAL

(Ruta CNC)

TORNILLO
TI6AL4VELI-7.94



O1 (Torno CNC)

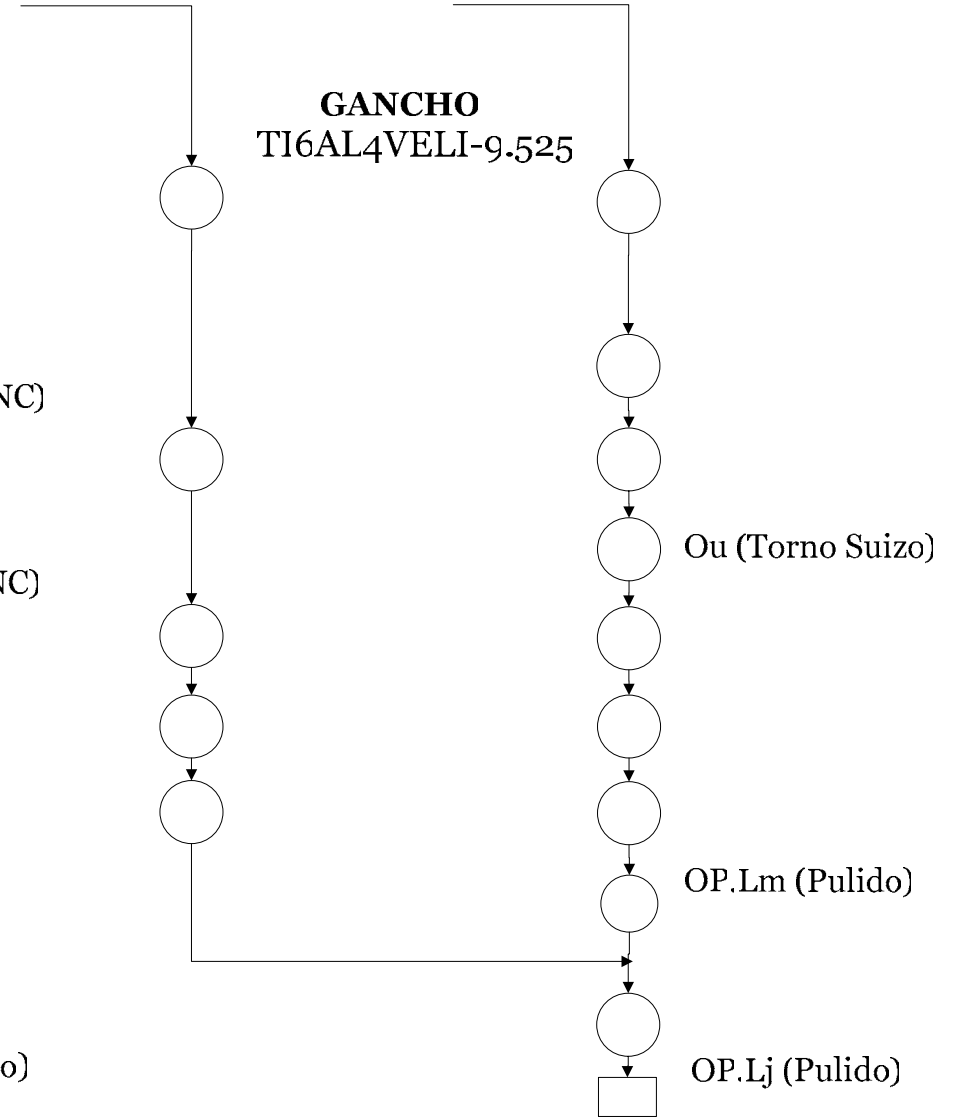
O2 (Fresa CNC)

OP.Lj (Pulido)

OP.T (Pulido)

(Ruta Suizo)

GANCHO
TI6AL4VELI-9.525



Ou (Torno Suizo)

OP.Lm (Pulido)

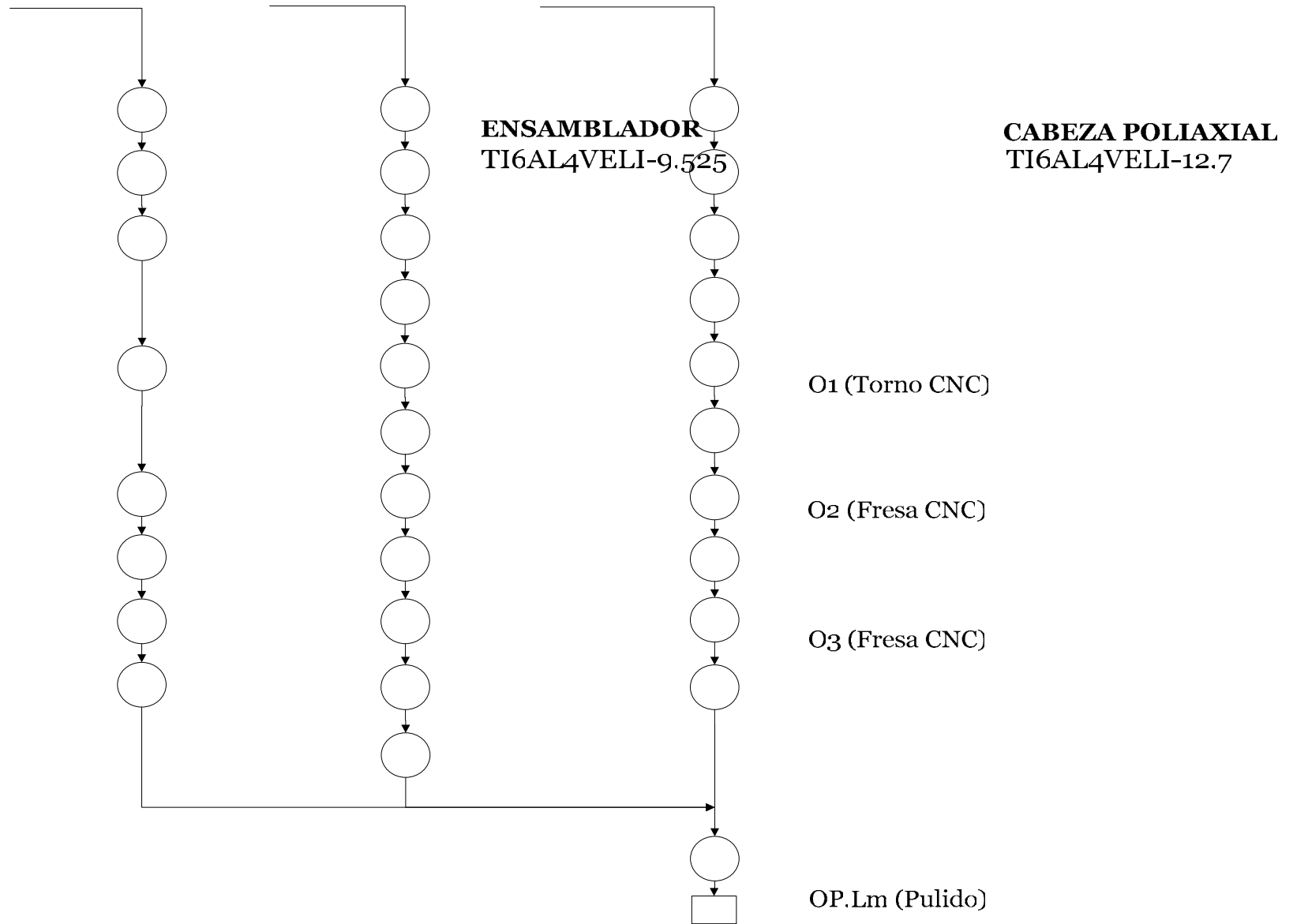
OP.Lj (Pulido)

OP.Ljm (Pulido)

OP.T (Pulido)

- TORNILLOS POLIAXIALES

Ruta CNC)

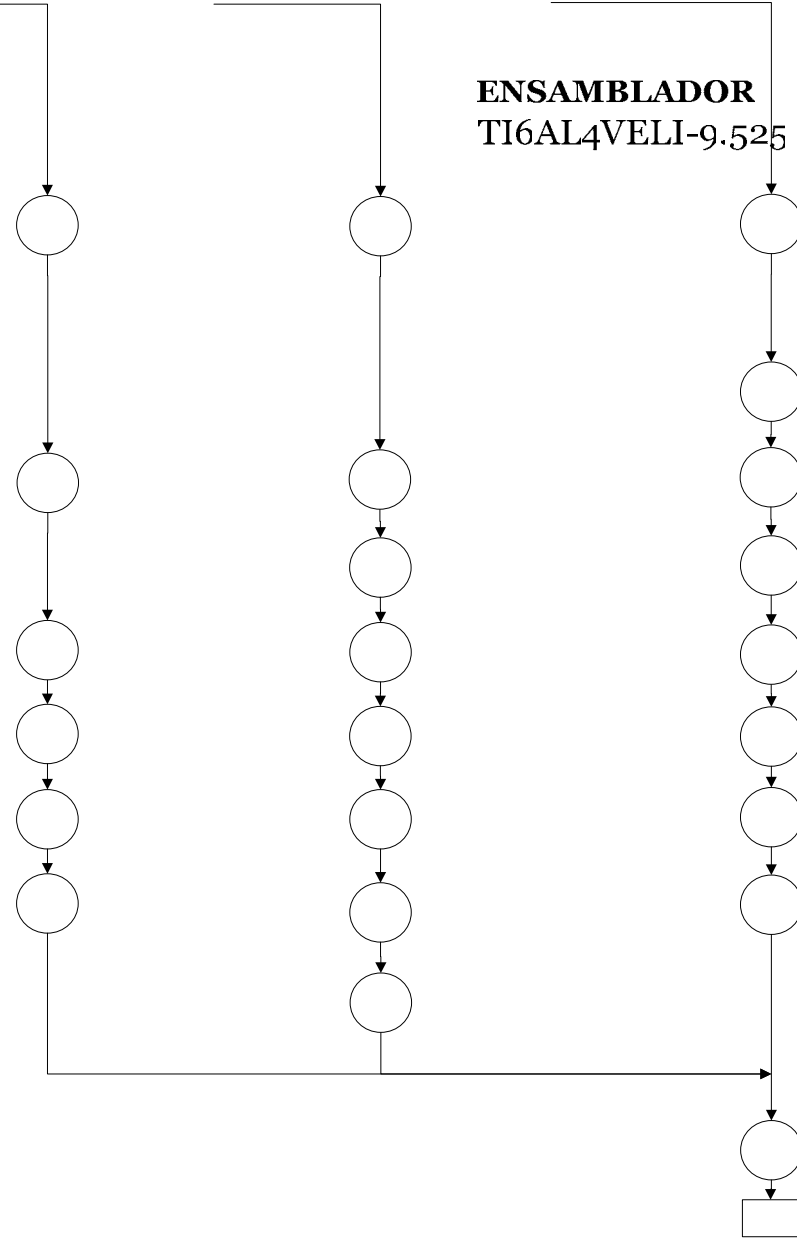


- TORNILLOS POLIAXIALES

(Ruta Suizo)

ENSAMBLADOR
TI6AL4VELI-9.525

CABEZA POLIAXIAL
TI6AL4VELI-12.7

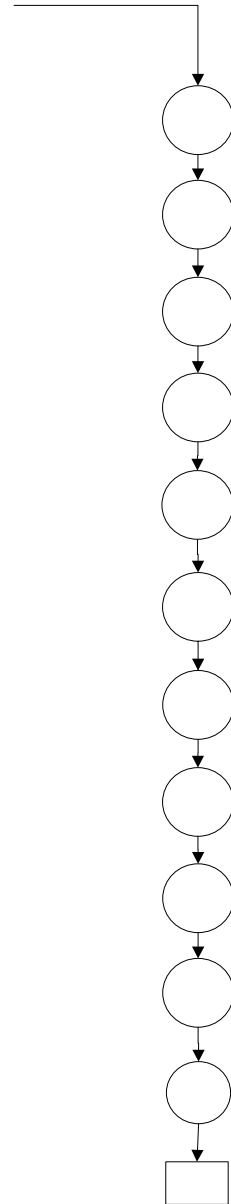


Ou (Torno Suizo)

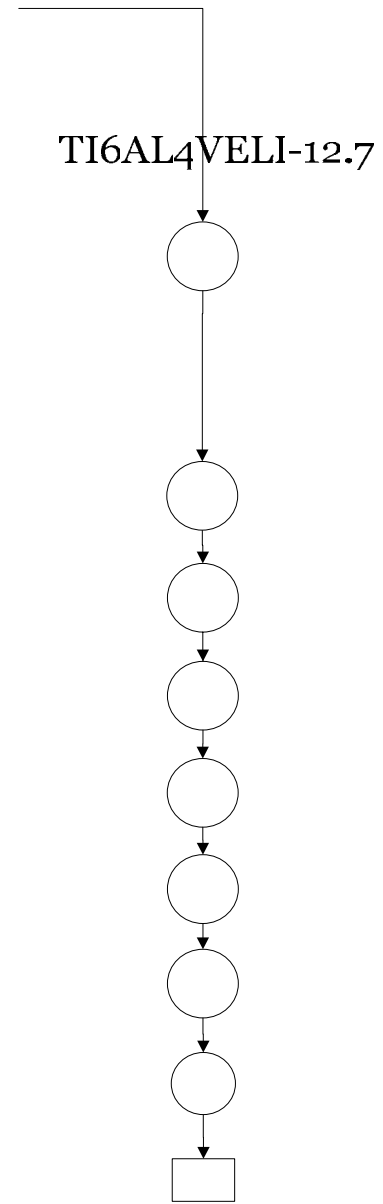
OP.Lm (Pulido)

- TORNILLOS MONOAXIALES

(Ruta CNC)



(Ruta Suizo)



TI6AL4VELI-12.7

O1 (Torno CNC)

O2 (Torno CNC)

O3 (Fresa CNC)

O4 (Fresa CNC)

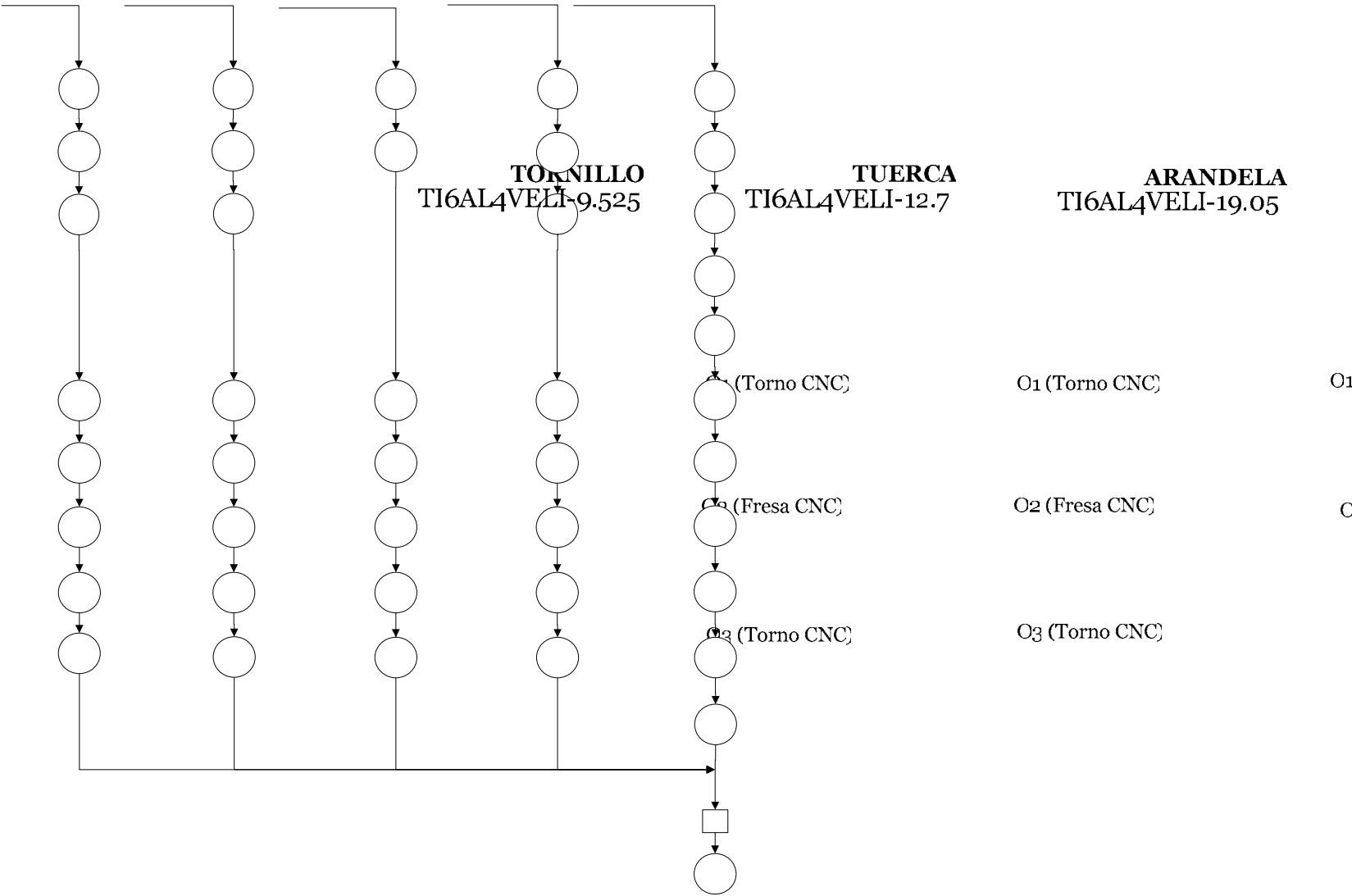
OP.Lm (Pulido)

OP.G (Pulido)

2. Sistema Medimax

- RÓTULA

(Ruta CNC)



- RÓTULA

(Ruta Suizo)

• PINES DE SCHANZ

(Ruta CNC)

323

OP.Lm (Pulido)
(Ruta Suizo)

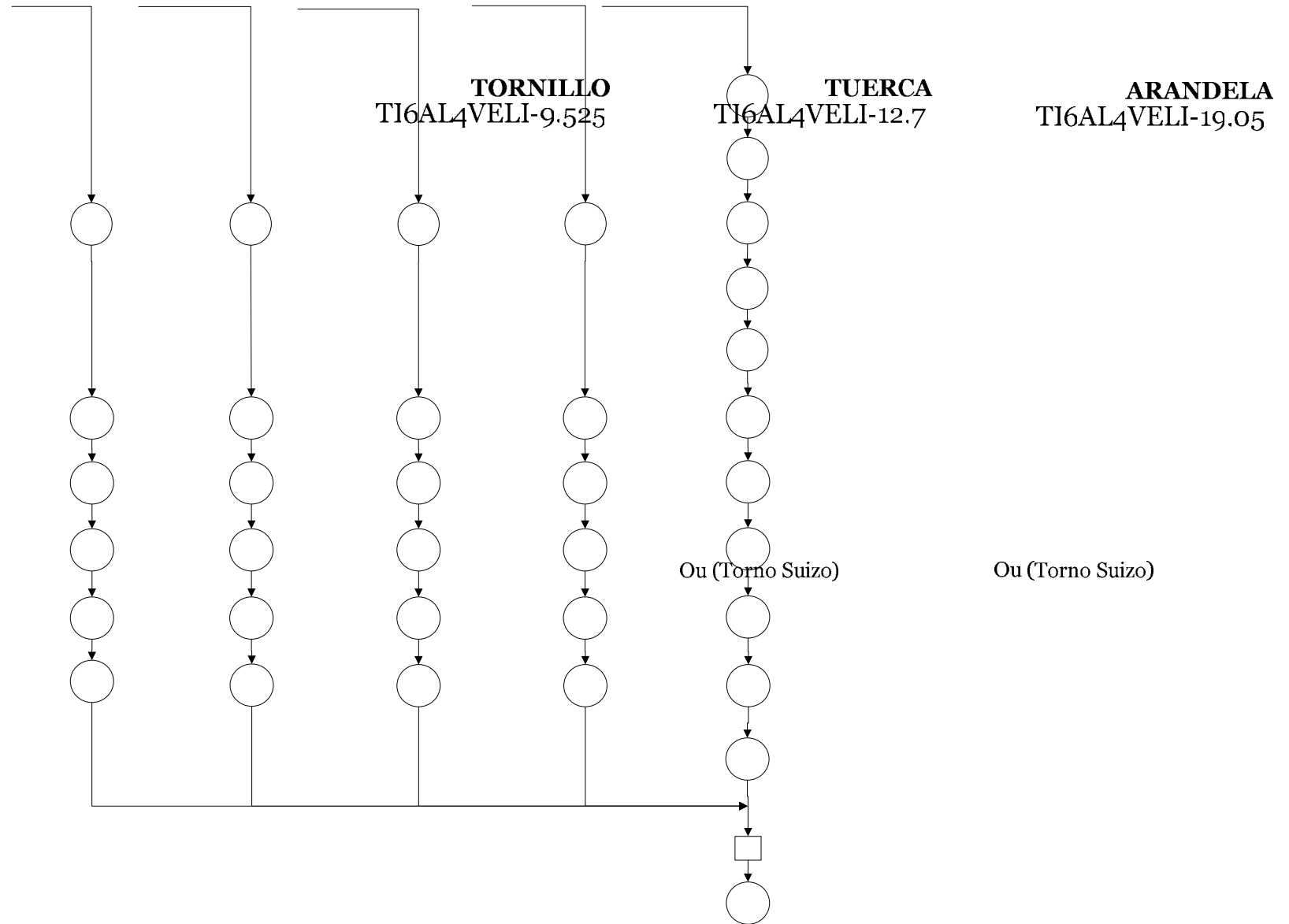
OP.Lm (Pulido)

O

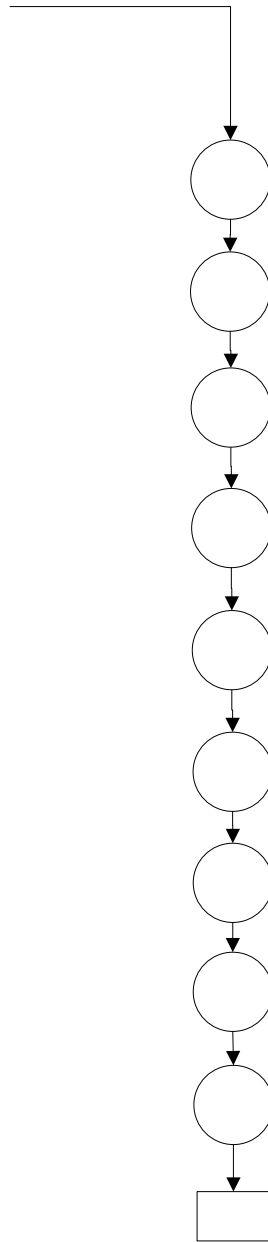
OP.Lj (Pulido)

OP.Lj (Pulido)

O



TI6AL4VELI-5.99

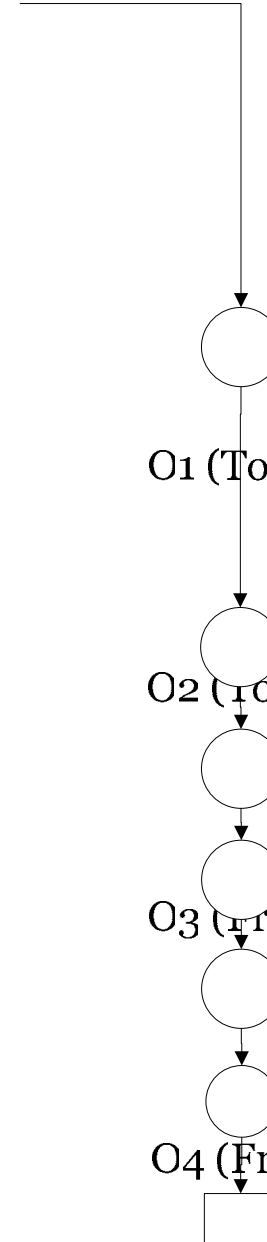


O1 (Torno Convencional)

O2 (Torno CNC)

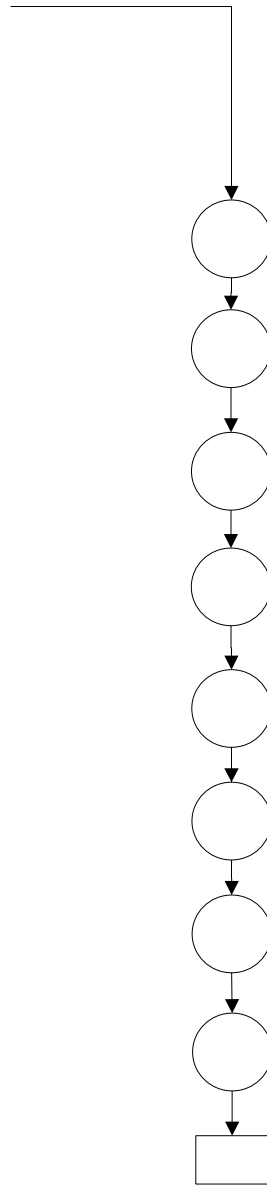
O3 (Fresa CNC)

O4 (Fresa CNC)



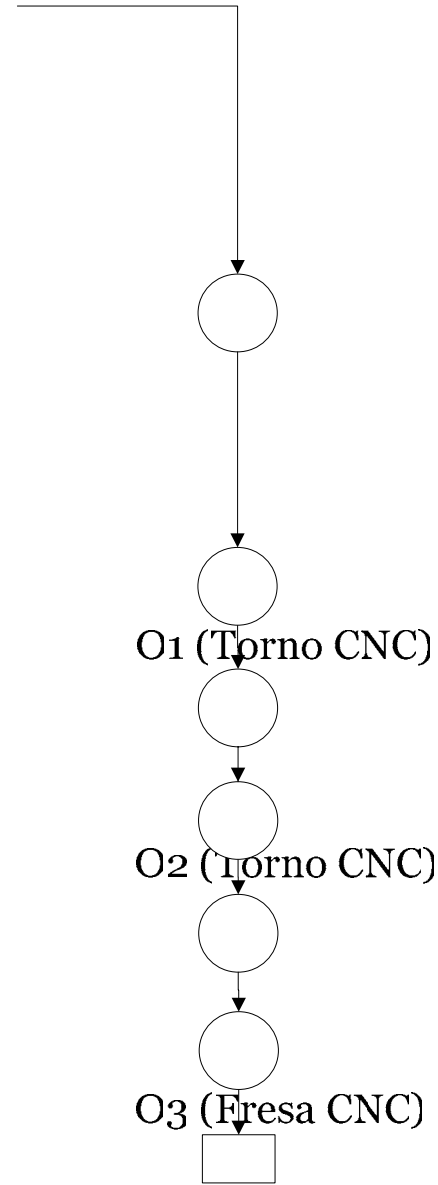
3. Sistema Mediplif

- CUERPO INTERVERTEBRAL (Ruta CNC)



TI6AL4VELI-12.7

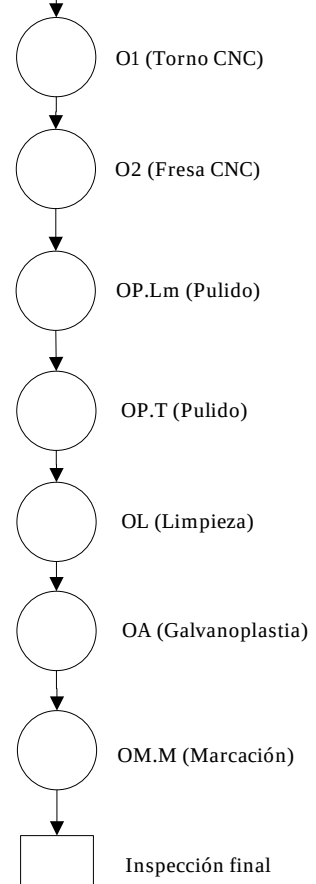
(Ruta Suizo)



OP.Lm (Pulido)

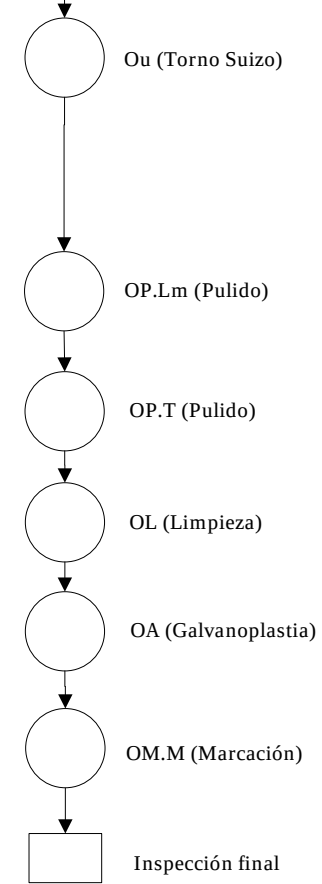
• **BLOQUEADOR** (Ruta CNC)

TI6AL4VELI-9.525



(Ruta Suizo)

TI6AL4VELI-9.525



Anexo C

Elementos del ciclo de trabajo de los productos

SISTEMA MEDIFIX

• TORNILLOS MONOAXIALES

O1. Maquinado inicial del tornillo (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, roscado del tornillo, roscado de la cabeza, corte del tornillo y maquinado de la punta del siguiente tornillo.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el tornillo ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
3	R	O	Inspección de rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el tornillo inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el tornillo ya maquinado y el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo y el tornillo y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente el tornillo y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección y finalmente se inspecciona nuevamente la rosca posterior externa de la cabeza del tornillo utilizando el dispositivo adecuado.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: sacar la varilla sobrante de la copa, correr la contra punta, colocar una nueva varilla, hacer un desbaste inicial, maquinar la punta del primer tornillo en ser maquinado, ajustar la contrapunta y cerrar la puerta del torno.

O2. Cono posterior (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: La elaboración del cono posterior de la cabeza del tornillo y el roscado interno del mismo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, soltar la copa para extraer el tornillo, tomar el siguiente tornillo de la mesa, ajustarlo en la copa, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
3	R	O	Inspección rosca interna	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el tornillo inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el tornillo ya maquinado, limpiar la rosca interna con un cepillo, tomar el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo y el tornillo y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente el tornillo y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección y finalmente se inspecciona nuevamente la rosca posterior interna de la cabeza del tornillo utilizando el dispositivo adecuado.

O3. Canal o chaflán (Fresa CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
-------	------	--	--------	-------------

1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración del canal de la cabeza del tornillo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque.. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar el siguiente tornillo de la mesa, ajustarlo en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente el tornillo y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O4. Muesca autorajante (Fresa CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Muesca lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración de la muesca sobre el primer lado de la punta del tornillo.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	O	Muesca lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración de la muesca sobre el segundo lado de la punta del tornillo.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar el siguiente tornillo de la mesa, ajustarlo en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima interna	Desde que se establece contacto entre una nueva pieza y la lima 1 hasta que el operario suelta la lima 1 sobre la mesa. Incluye: pasar la lima haciendo movimientos consecutivos en el interior de la pieza con el fin de retirar la rebaba.
2	R	O	Barra interna	Desde que el operario suelta la lima 1 sobre la mesa hasta que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste: Tomar la lima 2 de la mesa, con la punta de esta lima quitar la rebaba que se encuentra en el roscado interno de la cabeza del tornillo y soltar la lima 2 sobre la mesa.
3	R	O	Rosca Interna	Desde que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste hasta que los suelta nuevamente sobre la mesa. Incluye: Roscar y desenroscar la contratuerca en el interior de la cabeza del tornillo para retirar la rebaba y asegurar un perfecto roscado.
4	R	O	Lima externa	Desde que el operario suelta la contratuerca junto con el dispositivo sobre la mesa hasta que suelta la lima 3 sobre la mesa. Incluye: tomar la lima 3, hacer movimientos consecutivos en el exterior del roscado de la cabeza del tornillo con el fin de retirar la rebaba.
5	R	O	Barra_Cuerpo	Desde que el operario suelta la lima 3 sobre la mesa hasta que deposita el tornillo en un recipiente. Incluye: Tomar la lima 1, Retirar la rebaba del cuerpo del tornillo monoaxial haciendo uso de la punta de la lima.
6	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza en un recipiente hasta que hace contacto entre un nuevo tornillo y la lima 1. Incluye: Tomar una nueva pieza de la mesa.

OP.G Grata (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Grata	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de grata hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye rotar la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de grata hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza en un recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de grata.

OP.L Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Traço	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trazo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

• TORNILLOS POLIAXIALES

Cuerpo

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, roscado del tornillo, maquinado de la cabeza, corte del tornillo y maquinado de la punta del siguiente tornillo.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el tornillo ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente el tornillo y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

4	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, correr la contra punta, colocar una nueva varilla, hacer un desbaste inicial, maquinar la punta del primer tornillo en ser maquinado, ajustar la contrapunta y cerrar la puerta del torno.
---	---	---	-----------------	--

O2. Hexágono interior (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Hexágono	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: la elaboración del hexágono interno en la cabeza del cuerpo del tornillo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, soltar la copa para extraer el cuerpo del tornillo, tomar el siguiente cuerpo de tornillo de la mesa, ajustarlo en la copa, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador hasta que se coloca nuevamente el cuerpo del tornillo y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OPERACIÓN 3. Muesca autorajante (Fresa CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Muesca lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: la elaboración de la muesca sobre el primer lado de la punta del cuerpo tornillo.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	O	Muesca lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: la elaboración de la muesca sobre el segundo lado de la punta del cuerpo del tornillo.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar el siguiente cuerpo de la mesa, ajustarlo en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.

OP.H Hexágonos (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Hexágono	Desde que el operario introduce la punta de la lima en el hexágono de la pieza hasta que retira la lima del hexágono. Incluye: Retirar la viruta y rebaba del interior del hexágono del tornillo, realizando observaciones continuas del mismo.
2	R	P	Cambio de pieza	Desde que el operario retira la lima del interior del hexágono hasta que introduce la lima en el hexágono de un nuevo tornillo. Incluye: Depositar el tornillo ya pulido en un recipiente, tomar un nuevo tornillo y dirigir la lima hacia el hexágono.

OP.Lm. Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
2	R	O	Lima	Desde que el operario hace contacto entre el cuerpo del torillo y hasta que se suspende definitivamente el contacto. Incluye: Retirar la rebaba del cuerpo del tornillo haciendo uso de la punta de la lima.

3	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende definitivamente el contacto entre el cuerpo del tornillo y la lima hasta que se establece contacto entre un nuevo tornillo y la lima. Incluye: depositar el tornillo ya limado en el recipiente y tomar un nuevo tornillo.
---	---	---	-----------------	--

OP.G Grata (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Grata	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de grata hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye rotar la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de grata hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza en un recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de grata.

OP.L Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Traço	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trazo hasta el operario toma la lima del banco. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
4	R	O	Hexágono	Desde que el operario toma la lima hasta que deposita la pieza pulida en el recipiente. Incluye: limpiar el hexágono haciendo uso de la punta de la lima y colocar la lima sobre el banco.

Cabeza

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, roscado externo, taladrado interno, roscado interno y corte de la pieza.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger la cabeza ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
3	R	O	Inspección de	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el tornillo inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden:

			rosca	Tomar la cabeza ya maquinada y el dispositivo para probar la rosca, probar tanto el roscado interno y externo haciendo uso del dispositivo.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la pieza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección y finalmente se inspeccionan nuevamente tanto la rosca interna como la externa, utilizando el dispositivo adecuado.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: sacar el pedazo de barra sobrante de la copa, colocar una nueva barra, hacer un desbaste inicial en la barra, correr la barra hasta toparse con la herramienta y activar el botón de arranque.

O2. Cono posterior (Toro CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado del cono	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: la elaboración del cono posterior de la cabeza.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, soltar la copa para extraer la cabeza, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en la copa, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador hasta que se coloca nuevamente la cabeza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O3. Canal o chaflán (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración del canal a lado y lado de la cabeza del tornillo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente cabeza de la mesa, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la cabeza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OPERACIÓN 4. Orificios laterales (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Orificio 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración del orificio sobre el primer lado de la cabeza.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	M	Orificio 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración del orificio sobre el segundo lado de la cabeza.
4	R	O	Cambiar	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar

			pieza	la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
--	--	--	-------	---

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima interna	Desde que el operario toma la lima 1 hasta que la suelta sobre la mesa. Incluye: pasar la lima haciendo movimientos consecutivos en el interior de la cabeza con el fin de retirar la rebaba y una vez finalizada esta operación, poner la lima 1 sobre la mesa.
2	R	O	Barra interna	Desde que el operario suelta la lima 1 sobre la mesa hasta que toma la contratuercas junto al dispositivo de ajuste: Tomar la lima 2 de la mesa, con la punta de esta lima quitar la rebaba que se encuentra en el roscado de la cabeza y soltar la lima 2 sobre la mesa.
3	R	O	Rosca Interna	Desde que toma la contratuercas junto al dispositivo de ajuste hasta que los suelta nuevamente sobre la mesa. Incluye: Roscar y desenroscar la contratuercas en el interior de la cabeza para retirar la rebaba y asegurar un perfecto roscado.
4	R	O	Lima externa	Desde que el operario suelta la contratuercas junto con el dispositivo sobre la mesa hasta que suelta la lima 3 sobre la mesa. Incluye: tomar la lima 3, hacer movimientos consecutivos en el exterior del roscado de la cabeza con el fin de retirar la rebaba, una vez finalizada esta operación soltar la lima 3 sobre la mesa.
5	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario suelta la lima 3 sobre la mesa hasta que toma la lima 1. Incluye: Depositar la cabeza ya pulida en un recipiente, tomar una nueva cabeza y tomar la lima 1.

OP.G Grata (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Grata	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de grata hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye rotar la pieza haciendo contactos suaves e intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de grata hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza en un recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de grata.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco de lija.. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.

3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
---	---	---	-------	---

Ensamblador

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, maquinado interno y externo del ensamblador.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el ensamblador ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta, cerrar la puerta del torno y activar el botón de arranque.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente el ensamblador y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar el pedazo de barra sobrante de la copa, colocar una nueva barra, hacer un desbaste inicial en la barra, fijar la barra hasta toparse con la herramienta y activar el botón de arranque.

O2. Canal o chaflán (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración del canal del ensamblador.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar el siguiente ensamblador de la mesa, ajustarlo en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente el ensamblador y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O3. Orificios laterales (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Orificio 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración del orificio sobre el primer lado del ensamblador.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	M	Orificio 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración del orificio sobre el segundo lado del ensamblador.
4	R	O	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.

5	I	O	Inspeccionar pieza	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el ensamblador sobre la mesa. Incluye: Tomar el calibrador y el ensamblador de la mesa tomar y registrar las medidas de dimensiones según especificaciones dadas en el formato inspección.
---	---	---	--------------------	---

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima	Desde que el operario toca el ensamblador con la punta de la lima hasta que coloca el ensamblador sobre la mesa. Incluye: Retirar la rebaba del ensamblador y colocarlo sobre la mesa.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario coloca el ensamblador sobre la mesa hasta que toca un nuevo ensamblador con la punta de la lima. Incluye: Tomar un nuevo ensamblador, observarlo y acercar la punta de la lima hasta tocar el ensamblador.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	I	O	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Tomar la nueva pieza y dirigirla hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

- GANCHO LATERAL**

Gancho

OP.L Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.Lm (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima	Desde que el operario deposita la pieza ya limada en el recipiente hasta el operario toma la manivela de la prensa. Incluye: tomar una nueva pieza y realizar el limado de la parte externa la misma..
2	R	O	Colocar en prensa	Desde que el operario toma la manivela de la prensa hasta que la lima hace contacto con el agujero del gancho. Incluye: colocar el gancho en la prensa y ajustar la prensa con la manivela.
3	R	O	Lima agujero	Desde que hace contacto la lima con el agujero del gancho hasta que el operario toma la manivela de la prensa. Incluye: pasar la lima sucesivamente dentro del orificio del gancho lateral.
4	R	O	Soltar prensa	Desde que el operario toma la manivela de la prensa hasta que la lima hace contacto nuevamente con el gancho. Incluye: soltar la prensa y extraer el gancho.
5	R	O	Lima	Desde que la pieza hace contacto con la lima hasta que el operario deposita la pieza ya limada en el recipiente. Incluye realizar el limado total de gancho para asegurar que se retire cualquier rebaba.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trazo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trazo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

Tornillo del gancho lateral

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, perforado, roscado y corte de la tornillo.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el tornillo ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca externa	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye: Tomar el dispositivo, acoplar la rosca del dispositivo y del tornillo y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma de la mesa la pieza a inspeccionar y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección inspeccionando nuevamente el roscado del tornillo.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, hacer un desbaste inicial, correr la varilla hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija cabeza	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la cabeza de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco.
2	R	O	Sacar del dispositivo	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda el cuerpo de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo y poner el dispositivo en el banco.
3	R	O	Lija cuerpo	Desde que el cuerpo de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta el operario deposita la pieza lijada en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de lija. Incluye: Tomar la nueva pieza, tomar el dispositivo, acoplar la pieza en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.

OP.T (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	I	O	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
3	R	O	Cambiar pieza	Desde que el operario deposita la pieza ya pulida en un recipiente hasta que la cabeza un nuevo tornillo hace contacto con el disco de trapo. Incluye: tomar una nueva pieza, tomar el dispositivo y ajustar la pieza en el dispositivo.
4	R	O	Trapo	Desde que la cabeza del tornillo hace contacto con el disco de trapo hasta que el operario toma el tornillo con la mano para desacoplarlo del dispositivo. Incluye: Pulir la cabeza de la pieza haciendo contactos suaves e intermitentes con el disco.
5	R	O	Sacar del dispositivo	Desde que el operario toma el tornillo con la mano para desacoplarlo hasta que el cuerpo del tornillo hace contacto con el disco de trapo. Incluye: desacoplar el tornillo del dispositivo y colocar el dispositivo sobre el banco.
6	R	O	Trapo	Desde que el cuerpo del tornillo hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta que el operario deposita la pieza ya pulida en el recipiente. Esto incluye pulir el cuerpo de la pieza haciendo contactos suaves e intermitentes con el disco.

• TUERCA

O1. Desbaste inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Elaborar el desbaste inicial de la varilla de titanio para obtener el diámetro requerido en las operaciones posteriores.
2	R	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla ya maquinada, ponerla sobre la mesa, tomar una nueva varilla, meterla en la copa y ajustarla, y finalmente cerrar la puerta del torno..
3	R	O	Inspección	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye: Tomar el calibrador, realizar las medidas del diámetro y registrarlas en el formato de inspección, colocar el calibrador y la varilla sobre la mesa.

O2. Hexágono (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del primer lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
2	R	O	Giro a	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del segundo lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
4	R	O	Giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
5	R	M	Lado 3	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del tercer lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
6	R	O	Giro 3	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
7	R	M	Lado 4	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del cuarto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
8	R	O	Giro 4	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
9	R	M	Lado 5	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del quinto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
10	R	O	Giro 5	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
11	R	M	Lado 6	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del sexto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
12	R	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
13	I	O	Inspeccionar pieza	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla sobre la mesa. Incluye: Tomar el calibrador y la varilla de la mesa, tomar y registrar las medidas de dimensiones según especificaciones dadas en el formato inspección.

O3. Maquinado tuerca (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Realizar el maquinado de la pieza y cortarla.
2	R	OM	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza maquinada sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el dispositivo para probar la rosca, roscar y desenroscar el dispositivo en el interior de la pieza.
4	I	O	Inspección*	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la pieza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

5	I	OM	Cambio de barra*	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, realizar un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.
---	---	----	------------------	---

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima lado 1	Desde que el operario hace contacto entre la pieza y la punta de la lima hasta que se interrumpe completamente el contacto. Incluye: Retirar la rebaba en la rosca de la primera cara de la tuerca.
2	R	O	Giro	Desde que se interrumpe el contacto entre la lima y la pieza hasta que se inicia nuevamente el contacto. Incluye: Girar la pieza y observar la siguiente cara para ubicar la rebaba.
3	R	O	Lima lado 2	Desde que se inicia el contacto entre la lima y la segunda cara de la tuerca hasta que se interrumpe completamente el contacto. Incluye: Retirar la rebaba en la rosca de la segunda cara de la tuerca.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que se interrumpe el contacto hasta que se inicia el contacto entre la lima y una nueva pieza. Incluye: colocar la tuerca ya pulida en un recipiente, tomar una nueva tuerca y observar la primera cara para ubicar la rebaba.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco.
2	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
3	R	O	Lija	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta el operario deposita la pieza lijada en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco y desacoplar la pieza del dispositivo.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de lija. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	I	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, dejar el dispositivo sobre el banco, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último y tomar nuevamente el dispositivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Traza	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de trazo hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
4	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
5	R	O	Traza	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de trazo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo y desacoplar la pieza del dispositivo.

- **CONTRATUERCA**

O1. Maquinado de la contratuerca (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, perforado, roscado interno de la contratuerca y corte de la contratuerca.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger la contratuerca ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca externa	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la contratuerca inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye: Tomar el dispositivo, acoplar la rosca del dispositivo y de la contratuerca y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma de la mesa la pieza a inspeccionar y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección inspeccionando nuevamente el roscado interno y externo de la contratuerca.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, hacer un desbaste inicial, correr la varilla hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.

O2. Bisel posterior (Prensa manual)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Colocar	Desde que el operario toma una nueva pieza hasta que toma el taladro. Incluye.: Ajustar la pieza en la prensa.
2	R	O	Taladrar	Desde que el operario toma el taladro hasta que lo suelta nuevamente sobre la mesa. Incluye: realizar el taladrado en el interior de la contratuerca
3	R	O	Sacar	Desde que el operario suelta el taladro sobre la mesa hasta que toma una nueva pieza. Incluye: retirar el taladro definitivamente del interior de la pieza, colocarlo sobre la mesa, retirar la contratuerca de la prensa y depositarla en un recipiente.

OP.T Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco.
2	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
3	R	O	Lija	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta el operario deposita la pieza lijada en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco y desacoplar la pieza del dispositivo.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de lija. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	I	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, dejar el dispositivo sobre el banco, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último y tomar nuevamente el dispositivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trazo	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de trazo hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
4	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
5	R	O	Trazo	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de trazo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo y desacoplar la pieza del dispositivo.

• BARRAS LONGITUDINALES

O1. Maquinado de la barra (Torno convencional)

O1.A Corte

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Alistar	Desde que el operario apaga el torno hasta que lo enciende nuevamente. Esto incluye: Soltar la copa, colocar la barra a la distancia deseada teniendo en cuenta los valores de la distancia mostrados a través de la pantalla del torno, poner el buril en la posición de corte y encender el torno.
2	R	O	Cortar	Desde que el operario enciende el torno hasta que lo apaga. Esto incluye realizar el corte de la barra hasta que esta se desprenda totalmente.
3	I	O	Cambio de varilla	Desde que el operario corta la última barra de la varilla hasta que el operario enciende el Torno convencional. Esto incluye: Colocar sobre el banco del torno la barra ya finalizada, soltar la copa, tomar una nueva varilla de la mesa e introducirla en la copa del torno,

O1.B Acabado primera parte

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Colocar barra	Desde que el operario deja la barra ya finalizada sobre el banco del torno hasta que se enciende el torno. Esto incluye: tomar una nueva barra, colocarla en la copa del torno, ajustar la copa y ajustar la torreta.
2	R	O	Desbaste	Desde que el operario enciende el torno hasta que toma la lima. Esto incluye: realizar el desbaste de la primera cara de la barra, correr la torreta hacia atrás haciendo uso de la palanca longitudinal y tomar la lima.
3	R	O	Lima	Desde que el operario toma la lima hasta que apaga el torno. Esto incluye: Realizar el limado de la primera cara de la barra, soltar la lima y apagar el torno convencional.
4	R	O	Sacar barra	Desde que el operario apaga el torno hasta que coloca la barra ya finalizada sobre el banco del torno. Esto incluye: poner la lima sobre el banco, soltar la copa, sacar la barra y colocarla sobre el banco.

O1.C Acabado segunda parte

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Colocar barra	Desde que el operario deja la barra ya finalizada sobre el banco del torno hasta que se enciende el torno. Esto incluye: tomar una nueva barra, colocar en la copa del torno, ajustar la copa, correr el buril y encender el torno.
2	R	O	Desbaste	Desde que el operario enciende el torno hasta que lo apaga. Esto incluye: realizar el desbaste de la segunda cara de la barra y retirar la torreta de la barra.
3	R	O	Medir y colocar barra	Desde que el operario apaga el torno hasta que lo enciende nuevamente. Esto incluye: soltar la copa, sacar la barra, tomar el calibrador, realizar la medida de la barra, soltar el calibrador, colocar la barra en la copa, ajustar la copa dependiendo de la dimensión deseada y ajustar la torreta.
4	R	O	Desbaste	Desde que el operario enciende el torno hasta que toma la lima. Esto incluye: realizar el desbaste de la segunda cara hasta lograr la dimensión deseada y correr la torreta hacia atrás haciendo uso de la palanca longitudinal.
5	R	O	Lima	Desde que el operario toma la lima hasta que apaga el torno. Esto incluye: Realizar el limado de la segunda cara de la barra y soltar la lima.
6	R	O	Sacar barra y Medir	Desde que el operario apaga el torno hasta que coloca la barra ya finalizada sobre el banco del torno. Esto incluye: poner la lima sobre el banco, soltar la copa, sacar la barra y rectificar la medida haciendo uso del calibrador.

O2. Hexágono (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	M	R	Hexágono	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: La elaboración del hexágono en la primera cara de la barra.
2	O	R	Giro	Desde la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, soltar la copa, sacar la barra y ajustar nuevamente la barra para realizar el segundo hexágono y cerrar la puerta del torno.
3	M	R	Hexágono	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: La elaboración del hexágono en la segunda cara de la barra.
4	O	R	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que el operario activa el botón de arranque. Esto incluye: abrir la puerta del torno, soltar la copa, sacar la barra, colocarla sobre la mesa, tomar una nueva barra, ajustarla en la copa y cerrar la puerta del torno.
5	O	I	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la barra y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OP.H Perfilar hexágonos (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Hexágono 1	Desde que el operario introduce la punta de la lima en el Hexágono 1 hasta que el operario introduce la punta de la lima en el Hexágono 2. Incluye: Usando la punta de la lima, retirar la rebaba que se encuentre en el interior del primer hexágono de la barra longitudinal y una vez finalizada esta operación dar un giro a la barra para perfilar el hexágono 2.
2	R	O	Hexágono 2	Desde que el operario introduce la punta de lima en el hexágono 2 hasta que el operario suelta la barra sobre el banco. Incluye: Usando la punta de la lima, retirar la rebaba que se encuentre en el interior del segundo hexágono de la barra longitudinal.
3	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario coloca la barra sobre el banco hasta que introduce la punta de la lima en el hexágono 1 de una nueva barra. Incluye: tomar una nueva barra de la mesa y hacer una observación a los dos hexágonos de la barra.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario toma la barra de pasta hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye sujetar la pasta y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta que toma nuevamente la barra de pasta. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
4	R	O	Pasta	Desde que el operario toma la barra de pasta hasta que la pieza hace nuevamente contacto con el disco rotatorio de trapo. Esto incluye sujetar la pasta y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
5	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto con el disco de trapo hasta que toma nuevamente la barra de pasta. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo
6	R	O	Pasta	Desde que el operario toma la barra de pasta hasta que la pieza hace nuevamente contacto con el disco rotatorio de trapo. Esto incluye sujetar la pasta y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
7	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto con el disco de trapo hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
8	R	O	Hexágono	Desde que se suspende definitivamente el contacto hasta que el operario toma la barra de pasta. Incluye. Tomar la lima, retirar la masa del interior de los dos hexágonos de las barras, depositar la barra ya pulida en el recipiente y dejar la lima sobre el banco.

Barras de 50 a 90 = Elementos 1,2,7,8

Barras de 110 a 210 =Elementos 1,2,5,6,7,8

Barras de 300 a 480 = Elementos 1,2,3,4,5,6,7,8

- BARRA TRANSVERSA**

O1. Cortar (Prensa manual)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Cambio de barra	Desde que el operario suelta la segueta sobre la mesa hasta que la toma nuevamente. Esto incluye: soltar la prensa, retirar la barra, ajustar la barra ya cortada sobre la varilla para tomar la dimensión de la misma, ajustar la varilla en la prensa, ajustar la prensa, soltar la barra ya cortada y tomar la segueta de la mesa.
2	R	O	Corte	Desde que el operario toma la segueta hasta que la suelta sobre la mesa. Esto incluye realizar el corte de la barra transversa.

OP.L Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

• **GANCHO LAMINAR**

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, elaboración de la rosca posterior y el maquinado de la copa del gancho.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el gancho ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el gancho inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el gancho ya maquinado y el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo y del gancho y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección, se inspecciona nuevamente la rosca posterior externa del gancho haciendo uso del dispositivo adecuado.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar el pedazo de barra sobrante de la copa, coger una nueva barra, colocarla en la copa, hacer un desbaste inicial en la barra y cerrar la puerta del torno.

O2. Contorneado del Gancho (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Contorneado del primer lado del gancho.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Contorneado del segundo lado del gancho.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
5	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O3. Canal o chaflán (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Elaboración del canal en el cuerpo del gancho.
2	R	OM	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima interna	Desde que el operario toma la lima 1 hasta que la suelta sobre la mesa. Incluye: pasar la lima haciendo movimientos consecutivos en el interior de la pieza con el fin de retirar la rebaba.
2	R	O	Barra interna	Desde que el operario suelta la lima 1 sobre la mesa hasta que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste: Tomar la lima 2 de la mesa, con la punta de esta lima quitar la rebaba que se encuentra en el roscado interno y soltar la lima 2 sobre la mesa.
3	R	O	Rosca Interna	Desde que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste hasta que los suelta nuevamente sobre la mesa. Incluye: Roscar y desenroscar la contratuerca en el interior del gancho para retirar la rebaba y asegurar un perfecto roscado.
4	R	O	Lima externa	Desde que el operario suelta la contratuerca junto con el dispositivo sobre la mesa hasta que suelta la lima 3 sobre la mesa. Incluye: tomar la lima 3, hacer movimientos consecutivos en el exterior del roscado del gancho con el fin de retirar la rebaba.
5	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario suelta la lima 3 sobre la mesa hasta que toma la lima 1. Incluye: Depositar la pieza ya pulida en un recipiente y tomar una nueva pieza..

OP.G Grata (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Grata	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de grata hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye rotar la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de grata hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de grata.

OP.L Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

• **GANCHO PEDICULAR**

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, elaboración de la rosca posterior y maquinado de la copa del gancho.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el gancho ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el gancho inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el gancho ya maquinado y el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo y del gancho y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección, se inspecciona nuevamente la rosca posterior externa del gancho haciendo uso del dispositivo adecuado.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar el pedazo de barra sobrante de la copa, coger una nueva barra, colocarla en la copa, hacer un desbaste inicial en la barra y cerrar la puerta del torno.

O2. Contorneado del Gancho (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Contorneado del primer lado del gancho.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Contorneado del segundo lado del gancho.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
5	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O3. Canal o chaflán (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Elaboración del canal en el cuerpo del gancho.
2	R	OM	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O4. Muesca (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Elaboración de la muesca en la cabeza del gancho pedicular.
2	R	OM	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima interna	Desde que el operario toma la lima 1 hasta que la suelta sobre la mesa. Incluye: pasar la lima haciendo movimientos consecutivos en el interior de la pieza con el fin de retirar la rebaba.
2	R	O	Barra interna	Desde que el operario suelta la lima 1 sobre la mesa hasta que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste: Tomar la lima 2 de la mesa, con la punta de esta lima quitar la rebaba que se encuentra en el roscado interno y soltar la lima 2 sobre la mesa.
3	R	O	Rosca Interna	Desde que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste hasta que los suelta nuevamente sobre la mesa. Incluye: Roscar y desenroscar la contratuerca en el interior del gancho para retirar la rebaba y asegurar un perfecto roscado.
4	R	O	Lima externa	Desde que el operario suelta la contratuerca junto con el dispositivo sobre la mesa hasta que suelta la lima 3 sobre la mesa. Incluye: tomar la lima 3, hacer movimientos consecutivos en el exterior del roscado del gancho con el fin de retirar la rebaba.
5	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario suelta la lima 3 sobre la mesa hasta que toma la lima 1. Incluye: Depositar la pieza ya pulida en un recipiente y tomar una nueva pieza..

OP.G Grata (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Grata	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de grata hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye rotar la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de grata hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de grata.

OP.L Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

• GANCHO TORÁXICO

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, elaboración de la rosca posterior y maquinado de la copa del gancho.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger el gancho ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el gancho inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el gancho ya maquinado y el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo y del gancho y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección, se inspecciona nuevamente la rosca posterior externa del gancho haciendo uso del dispositivo adecuado.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar el pedazo de barra sobrante de la copa, coger una nueva barra, colocarla en la copa, hacer un desbaste inicial en la barra y cerrar la puerta del torno.

O2. Contorneado del Gancho (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Contorneado del primer lado del gancho.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Contorneado del segundo lado del gancho.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
5	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O3. Canal o chaflán (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Elaboración del canal en el cuerpo del gancho.
2	R	OM	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se colocan nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima interna	Desde que el operario toma la lima 1 hasta que la suelta sobre la mesa. Incluye: pasar la lima haciendo movimientos consecutivos en el interior de la pieza con el fin de retirar la rebaba.
2	R	O	Barra interna	Desde que el operario suelta la lima 1 sobre la mesa hasta que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste: Tomar la lima 2 de la mesa, con la punta de esta lima quitar la rebaba que se encuentra en el roscado interno y soltar la lima 2 sobre la mesa.
3	R	O	Rosca Interna	Desde que toma la contratuerca junto al dispositivo de ajuste hasta que los suelta nuevamente sobre la mesa. Incluye: Roscar y desenroscar la contratuerca en el interior del gancho para retirar la rebaba y asegurar un perfecto roscado.
4	R	O	Lima externa	Desde que el operario suelta la contratuerca junto con el dispositivo sobre la mesa hasta que suelta la lima 3 sobre la mesa. Incluye: tomar la lima 3, hacer movimientos consecutivos en el exterior del roscado del gancho con el fin de retirar la rebaba.
5	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario suelta la lima 3 sobre la mesa hasta que toma la lima 1. Incluye: Depositar la pieza ya pulida en un recipiente y tomar una nueva pieza..

OP.G Grata

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Grata	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de grata hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye rotar la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de grata hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de grata.

OP.L Lija

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

SISTEMA MEDIMAX

• ROTULA

Pinza

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Realizar el maquinado de la pieza y cortarla.
2	R	OM	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza maquinada sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el dispositivo para probar la rosca, roscar y desenroscar el dispositivo en la rosca externa de la pieza.
4	I	O	Inspección*	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la pieza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato

				de inspección.
5	I	OM	Cambio de barra*	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, realizar un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.

O2. Ranuras (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	cambio pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pinza, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
2	R	M	ranura 1*	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración de la ranura sobre la primera cara de la pinza.
3	R	O	giro 1	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 90 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque
4	R	M	ranura 2*	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: la elaboración de la ranura sobre la primera segunda cara de la pinza.
5	R	O	giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 90 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque
6	R	M	ranura 3*	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: La elaboración de la ranura sobre la tercera cara de la pinza.
7	R	O	giro 3	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 90 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque
8	R	M	ranura 4*	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que el usillo se levanta, anunciando que la operación ha finalizado. Esto incluye: la elaboración de la ranura sobre la primera cuarta de la pinza.
9	R	M	cambio hta	Desde que el usillo se levanta, hasta que el usillo baja para trabajar nuevamente sobre la pieza: Esto incluye el cambio de herramienta para realizar el corte.
10	R	M	corte 1**	Desde que la herramienta se posiciona sobre la pieza hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye la realización del primer corte sobre la pieza.
11	R	O	giro 4	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 90° grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque
12	R	M	corte 2**	Desde que la herramienta se posiciona sobre la pieza hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye la realización del primer corte sobre la pieza.
13	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pinza y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador se realizan las medidas de las dimensiones especificadas en el registro de inspección.

O3. Caras (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Cara 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz anunciando que la operación ha finalizado. Incluye: El planeado de la primera cara de la pinza.
2	R	O	Giro 180°	Desde que se enciende la luz anunciando que la operación ha finalizado hasta que se activa el botón de arranque. Incluye: Abrir la puerta de

				la fresa CNC, hacer girar la pieza 180° y cerrar la puerta de la fresa.
3	R	M	Cara 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz anunciando que la operación ha finalizado. Incluye: El planeado de la segunda cara de la pinza.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar una nueva pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
5	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pinza y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador se realizan y registran las medidas de las especificadas en el formato de inspección.

OP.Lm. Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Barra	Desde que se hace contacto entre la lima y la pinza hasta que el operario toma la arandela de la rotula. Incluye: retirar la rebaba de la pinza haciendo uso de la lima.
2	R	O	Prueba	Desde que el operario toma la arandela de la rotula hasta que coloca la pinza en el recipiente. Incluye: Introducir el cuerpo de la pinza en el interior de la arandela.
3	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario coloca el cuerpo la pinza en el recipiente hasta que se hace contacto de una nueva pieza con la lima. Incluye: tomar una nueva pieza y observarla para ubicar la rebaba a retirar.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Prueba	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que se hace contacto entre la pieza y la punta de la lima. Incluye: Introducir el cuerpo de la pinza en la arandela de la rotula.
3	R	O	Lima	Desde que hace contacto la lima con la pinza hasta que se hace contacto con el disco de lija. Incluye: retirar la rebaba de la pinza.
4	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que se suspende el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
5	R	O	Prueba	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que se hace contacto entre la pieza y la punta de la lima. Incluye: Introducir nuevamente el cuerpo de la pinza en la arandela de la rotula o en el cuerpo de la rotula.
6	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende el definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
7	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.

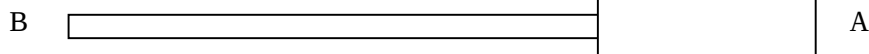
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
---	---	---	-------	---

PIN DE SHANZ

O1.A Desbaste y corte (Torno Convencional)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario corta la barra hasta que el torno se enciende para realizar el maquinado inicial. Esto incluye: Dirigirse hacia la mesa, colocar el pin ya maquinado sobre la mesa, dirigirse nuevamente hacia el torno paralelo, soltar la copa y correr la barra y ajustar nuevamente la copa.
2	R	OM	Maquinado inicial	Desde que el operario enciende el torno hasta que el operario retira el buril de la barra de titanio. Esto incluye el desbaste inicial que se hace a la primera cara de la barra.
3	R	O	Alistar-taladro	Desde que el operario retira el buril de la barra de titanio, hasta que el operario introduce el mandril en la barra de titanio. Esto incluye: Correr el punto hacia atrás, retirar la punta giratoria, colocar el mandril, correr el punto hacia delante y acercar el mandril hasta toparse con la barra.
4	R	OM	Taladro	Desde que el operario introduce el mandril en la barra de titanio hasta que este es retirado de la misma. Esto incluye: realizar la perforación de la barra.
5	R	O	Alistamiento-desbaste	Desde que el operario retira el mandril de la barra de titanio hasta que el operario enciende el torno. Esto incluye: Correr la punta hacia atrás, retirar el mandril, colocar la punta giratoria, correr la punta hacia delante fijando la distancia deseada para cumplir con las especificaciones respecto al largo del Pin de schanz, soltar la copa, correr la barra hasta toparse con la punta giratoria, ajustar la copa y encender, correr la torreta hasta lograr que el buril toque la barra de titanio y encender el torno paralelo.
6	R	M	Desbaste*	Desde que el operario enciende el torno paralelo, hasta que el operario acciona la palanca transversal. Esto incluye: Desbaste de la barra de titanio hasta llegar a una distancia especificada en el plano del producto, accionar la palanca transversal para retirar el buril de la barra de titanio y apagar el torno.
7	R	O	Posición*	Desde que el operario acciona la palanca transversal, hasta que el operario enciende nuevamente el torno. Esto incluye: accionar la palanca longitudinal, mover la torreta hacia atrás, retirar viruta de la barra de titanio, medir el diámetro con el calibrador, poner el buril nuevamente sobre la barra de titanio y encender el torno.
8	R	O	Alistamiento	Desde que el operario acciona la palanca transversal una vez ha realizado el último desbaste del pin de schanz, hasta que el operario coge la lima. Esto incluye: accionar la palanca longitudinal, mover la torreta hacia atrás, retirar la viruta de la barra de titanio y tomar la lima.
9	R	O	Lima	Desde que el operario coge la lima hasta que el operario coge la lija. Esto incluye: realizar el limado del pin de schanz.
10	R	O	Lija *	Desde que el operario coge la lima, hasta que el operario retira la lija del pin. Esto incluye: lijar el pin de schanz.
11	R	O	Aceite – observación *	Desde que el operario retira la lija del pin de schanz, hasta que toma nuevamente la lija y la acerca al pin de schanz. Esto incluye: encender la manguera del aceite, lavar el pin pasar las manos sobre el pin de schanz para detectar posibles asperezas u ondas en el pin, tomar nuevamente la lija (puede ser la misma o cambiarla) y dirigirse nuevamente hacia el pin de schanz.
12	R	O	Alistamiento – corte	Desde que el operario hace la ultima observación del limado del pin de schanz, hasta que el operario coloca la segueta sobre el pin de schanz. Esto incluye: detener el torno convencional, dirigirse hacia la mesa, tomar la segueta, dirigirse hacia el torno paralelo, encenderlo y colocar la segueta sobre el pin de schanz.
13	R	O	Corte	Desde que el operario coloca la segueta sobre el pin de schanz, hasta que desprende el pin ya maquinado del resto de la barra. Esto incluye: cortar el pin de schanz, apagar el torno, colocar la segueta sobre la mesa y desprender el pin de la barra.
14	I	O	Cambiar barra	Desde que el operario corta la barra hasta que el torno se enciende para realizar el maquinado inicial. Esto incluye: Dirigirse hacia la mesa, colocar el pin ya maquinado sobre la mesa, dirigirse nuevamente hacia el torno paralelo, soltar la copa y correr la barra y ajustar nuevamente la copa.

O1.B Acabado (Torno convencional)



ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Alistar A	Desde que el operario suelta el pin sobre el banco del torno hasta que enciende el torno. Esto incluye: tomar una nueva pieza, ajustarlo en la copa del torno y encender el torno convencional.
2	R	O	Maquinado inicial A	Desde que el operario enciende el torno convencional hasta que el operario apaga el torno convencional. Esto incluye el desbaste inicial en el frente de A.
3	R	O	Medir y alistar A	Desde que el operario apaga el torno paralelo hasta que el operario enciende el torno. Esto incluye: soltar la copa, extraer el pin, medir la longitud en A, colocar nuevamente el pin en la copa teniendo en cuenta su posición en el eje X, ajustar la copa, acerca la torreta y encender el torno.
4	R	O	Maquinado A	Desde que el operario enciende el torno hasta que el operario toma la lima. Esto incluye: realizar el desbaste del material hasta alcanzar la longitud deseada, retirar el buril de la pieza y tomar la lima.
5	R	O	Lima	Desde que el operario toma la lima, hasta que el operario suelta la lima. Esto incluye: Tomar la lima, limar el frente en A, a pagar el torno y soltar nuevamente la lima.
6	R	O	Medir y alistar B	Desde que el operario suelta la lima hasta que enciende el torno. Esto incluye: soltar la copa, sacar el pin, tomar el calibrador, medir la longitud de B, soltar el calibrador, colocar el pin en la copa, ajustar la copa, acercar la torreta y encender el torno.
7	R	O	Maquinado B	Desde que el operario enciende el torno hasta que toma la lima. Esto incluye: realizar el desbaste del material hasta alcanzar la longitud deseada, retirar el buril de la pieza y tomar la lima.
8	R	O	Lima	Desde que el operario toma la lima, hasta que el operario suelta la lima. Esto incluye: Tomar la lima, limar el frente en B, apagar el torno y soltar nuevamente la lima.
9	R	O	Sacar y Medir	Desde que el operario suelta la lima hasta que deja el pin ya finalizado sobre el banco del torno. Esto incluye: soltar la copa, sacar el pin, tomar el calibrador, rectificar la longitud de B, soltar el calibrador y colocar el pin sobre la mesa

O2. Rosca posterior (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Punta	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material y maquinado de la punta del pin de schanz.
2	R	O	Cambio	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque: Esto incluye: abrir la puerta del torno, extraer la copa 1, sacar la pinza, colocar la pinza en la copa 2, poner la copa 2 en el torno , posicionar la pinza hasta chocar con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	M	Rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: desbaste del material hasta el diámetro deseado y elaboración del roscado.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: abrir la puerta del torno, extraer la copa 2, sacar la pinza, tomar una nueva pinza, tomar la copa 1, colocar la pinza sobre la copa 1, colocar la copa 1 en el torno, posicionar la pinza hasta chocar con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
5	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pinza y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye: realizar y el registro de las medidas especificadas en el formato de inspección.

O3. Lados (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: la elaboración del planeado del primer lado del triángulo.
2	R	O	Giro 1	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 60° grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: la elaboración del planeado del segundo lado del triángulo.
4	R	O	Giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 60° grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
5	R	M	Lado 3	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: la elaboración del planeado del tercer lado del triángulo.
6	R	O	Cambio de pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar el siguiente pin, ajustarlo en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
7	I	O	Inspección	Desde que el operario toma el Pin y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye: Realizar las medidas de las dimensiones especificadas en el registro de inspección.

O4. Muesca autorajante (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Muesca lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración de la muesca sobre el primer lado de la punta del Pin.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	M	Muesca lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración de la muesca sobre el segundo lado del Pin.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar el siguiente tornillo de la mesa, ajustarlo en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

Arandela

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Desbaste de material hasta el diámetro deseado, maquinado interno de la arandela y corte.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.
5	I	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Sacar la varilla sobrante de la copa, tomar una nueva varilla, colocarla en la copa, hacer el desbaste inicial, y cerrar la puerta del torno.

O2. Planeado, rectificado y contorneado (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	planeado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del primer lado de la arandela.
2	R	M	giro 1	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	O	planeado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta el usillo se levanta hasta su posición inicial. Esto incluye: Realizar el planeado del segundo lado de la arandela.
4	R	M	cambio hta	Desde que el usillo se levanta hasta su posición inicial, hasta que el usillo desciende para realizar el maquinado de la pieza. Incluye: El cambio de herramienta automático según la especificación dada en el programa.
5	R	M	rectificado 2	Desde que el usillo desciende a la posición de trabajo hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el rectificado al segundo lado de la arandela.
6	R	O	giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Incluye: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
7	R	M	rectificado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta el usillo se levanta hasta su posición inicial. Esto incluye: Realizar el rectificado del primer lado de la arandela.

8	R	M	cambio hta	Desde que el usillo se levanta hasta su posición inicial, hasta que el usillo desciende para realizar el maquinado de la pieza. Incluye: El cambio de herramienta automático según la especificación dada en el programa
9	R	M	contorno 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el contorno del primer lado de la arandela.
10	R	O	giro 3	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
11	R	M	contorno 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el contorneado del segundo lado de la arandela.
12	R	O	cambio de pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
13	I	O	Inspección	Desde que activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza sobre la mesa. Incluye: tomar el calibrador y la pieza de la mesa, tomar y registrar las medidas especificadas en el formato de inspección, soltar la pieza y el calibrador sobre la mesa.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Poner en prensa	Desde que el operario deposita la pieza en un recipiente hasta que se hace contacto por primera vez entre la arandela y la lima. Incluye: Tomar una nueva arandela y colocarla en la prensa.
2	R	O	Lima	Desde que se hace contacto por primera vez entre la arandela y la lima hasta que el operario toma la manivela de la prensa. Incluye: Retirar la rebaba en la primera parte interna de la arandela.
3	R	O	Ajustar prensa	Desde que el operario toma la manivela de la prensa hasta que se hace contacto nuevamente entre la lima y la arandela. Incluye: soltar la prensa, tomar la pieza, reacomodarla, ajustar la prensa, tomar la lima y dirigirse nuevamente hacia la arandela.
4	R	O	Lima	Desde que se hace contacto nuevamente entre la lima y la arandela hasta que el operario toma la manivela de la prensa. Incluye: retirar la rebaba de la segunda parte interna de la arandela.
5	R	O	Sacar	Desde que el operario toma la manivela hasta que hay contacto entre la lima y la arandela. Incluye: soltar la prensa, retirar la pieza, tomar la lima y dirigirla hacia la pieza.
6	R	O	Lima	Desde que hay contacto entre la lima y la arandela hasta que la arandela es depositada en un recipiente. Incluye: Retirar la rebaba de los lados externos de la arandela.

OP.Lj. Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en el recipiente, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta,

				sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

Tornillo de rotula

O1. Desbaste inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Elaborar el desbaste inicial de la varilla de titanio para obtener el diámetro requerido en las operaciones posteriores.
2	R	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla ya maquinada, ponerla sobre la mesa, tomar una nueva varilla, meterla en la copa y ajustarla, y finalmente cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye: Tomar el calibrador, realizar las medidas del diámetro y registrarlas en el formato de inspección, colocar el calibrador y la varilla sobre la mesa.

O2. Hexágono (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del primer lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
2	R	O	Giro a	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del segundo lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
4	R	O	Giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
5	R	M	Lado 3	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del tercer lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
6	R	O	Giro 3	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
7	R	M	Lado 4	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del cuarto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
8	R	O	Giro 4	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
9	R	M	Lado 5	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del quinto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
10	R	O	Giro 5	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la

				fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
11	R	M	Lado 6	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del sexto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
12	R	O	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
13	I	O	Inspeccionar pieza	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla sobre la mesa. Incluye: Tomar el calibrador y la varilla de la mesa, tomar y registrar las medidas de dimensiones según especificaciones dadas en el formato inspección.

O3. Maquinado (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Realizar el maquinado de la pieza y cortarla.
2	R	OM	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza maquinada sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el dispositivo para probar la rosca, roscar y desenroscar el dispositivo en la rosca externa de la pieza.
4	I	O	Inspección*	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la pieza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.
5	I	OM	Cambio de barra*	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, realizar un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.

OP.Lm. Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima	Desde que se hace contacto con la punta de la lima hasta que se deposita el tornillo en un recipiente. Incluye: Retirar la rebaba del tornillo haciendo uso de la punta de la lima.
3	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario coloca el tornillo en un recipiente hasta que se da el contacto de un nuevo tornillo con la lima. Incluye: tomar un nuevo tornillo y observarlo para ubicar la rebaba.

OP.Lj. Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija cabeza	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la cabeza de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco.
2	R	O	Sacar del dispositivo	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda el cuerpo de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo y poner el dispositivo en el banco.
3	R	O	Lija cuerpo	Desde que el cuerpo de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta el operario deposita la pieza lijada en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco.
4	R	O	Cambio de	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de lija.

			pieza	Incluye: Tomar la nueva pieza, tomar el dispositivo, acoplar la pieza en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.
--	--	--	-------	---

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	I	O	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
3	R	O	Cambiar pieza	Desde que el operario deposita la pieza ya pulida en un recipiente hasta que la cabeza un nuevo tornillo hace contacto con el disco de trapo. Incluye: tomar una nueva pieza, tomar el dispositivo y ajustar la pieza en el dispositivo.
4	R	O	Trapo	Desde que la cabeza del tornillo hace contacto con el disco de trapo hasta que el operario toma el tornillo con la mano para desacoplarlo del dispositivo. Incluye: Pulir la cabeza de la pieza haciendo contactos suaves e intermitentes con el disco.
5	R	O	Sacar del dispositivo	Desde que el operario toma el tornillo con la mano para desacoplarlo hasta que el cuerpo del tornillo hace contacto con el disco de trapo. Incluye: desacoplar el tornillo del dispositivo y colocar el dispositivo sobre el banco.
6	R	O	Trapo	Desde que el cuerpo del tornillo hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta que el operario deposita la pieza ya pulida en el recipiente. Esto incluye pulir el cuerpo de la pieza haciendo contactos suaves e intermitentes con el disco.

Tuerca de rotula

O1. Desbaste inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Elaborar el desbaste inicial de la varilla de titanio para obtener el diámetro requerido en las operaciones posteriores.
2	R	O	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla ya maquinada, ponerla sobre la mesa, tomar una nueva varilla, meterla en la copa y ajustarla, y finalmente cerrar la puerta del torno..
3	R	O	Inspección	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye: Tomar el calibrador, realizar las medidas del diámetro y registrarlas en el formato de inspección, colocar el calibrador y la varilla sobre la mesa.

O2. Hexágono (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del primer lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
2	R	O	Giro a	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	M	Lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del segundo lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
4	R	O	Giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
5	R	M	Lado 3	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye:

				Realizar el planeado del tercer lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
6	R	O	Giro 3	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
7	R	M	Lado 4	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del cuarto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
8	R	O	Giro 4	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
9	R	M	Lado 5	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del quinto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
10	R	O	Giro 5	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 30 grados, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
11	R	M	Lado 6	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el planeado del sexto lado del hexágono a lo largo de toda la varilla.
12	R	O	Cambiar pieza	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor, cerrar la puerta de la Fresa CNC y activar el botón de arranque.
13	I	O	Inspeccionar pieza	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla sobre la mesa. Incluye: Tomar el calibrador y la varilla de la mesa, tomar y registrar las medidas de dimensiones según especificaciones dadas en el formato inspección.

O3. Maquinado tuerca (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Realizar el maquinado de la pieza y cortarla.
2	R	OM	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza ya maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza maquinada sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el dispositivo para probar la rosca, roscar y desenroscar el dispositivo en la rosca externa de la pieza.
4	I	O	Inspección*	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que se coloca nuevamente la pieza y el calibrador sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.
5	I	OM	Cambio de barra*	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, colocar una nueva varilla, realizar un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.

OP.Lm. Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima lado 1	Desde que el operario hace contacto entre la pieza y la punta de la lima hasta que se interrumpe completamente el contacto. Incluye: Retirar la rebaba en la rosca de la primera cara de la tuerca.
2	R	O	Giro	Desde que se interrumpe el contacto entre la lima y la pieza hasta que se inicia nuevamente el contacto. Incluye: Girar la pieza y observar la siguiente cara para ubicar la rebaba.
3	R	O	Lima lado 2	Desde que se inicia el contacto entre la lima y la segunda cara de la tuerca hasta que se interrumpe completamente el contacto. Incluye:

				Retirar la rebaba en la rosca de la segunda cara de la tuerca.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que se interrumpe el contacto hasta que se inicia el contacto entre la lima y una nueva pieza. Incluye: colocar la tuerca ya pulida en un recipiente, tomar una nueva tuerca y observar la primera cara para ubicar la rebaba.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco.
2	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
3	R	O	Lija	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta el operario deposita la pieza lijada en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco y desacoplar la pieza del dispositivo.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de lija. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	I	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, dejar el dispositivo sobre el banco, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último y tomar nuevamente el dispositivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Tomar la nueva pieza y dirigirla hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de trapo hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
4	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
5	R	O	Trapo	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

Cuerpo de rotula

O1. Rosca posterior (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Desbaste de material hasta el diámetro deseado y elaboración de la rosca posterior.
2	R	OM	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza maquinada, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la pieza inspeccionada sobre la mesa. Esto incluye en su orden:

			rosca*	Tomar la pieza y el dispositivo para probar la rosca, roscar y desenroscar el dispositivo en la rosca de la pieza.
4	I	O	Inspección*	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección, se inspecciona nuevamente la rosca posterior haciendo uso del dispositivo adecuado.
5	I	OM	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante, coger una nueva varilla, colocarla en la copa, hacer un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.

O2. Labrado del cuerpo (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Realizar el labrado a lo largo del cuerpo de la rotula.
2	R	OM	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Incluye: Abrir la puerta del torno, soltar la copa, extraer el cuerpo de la rotula, tomar una nueva pieza, ajustarla en la copa del torno y cerrar la puerta.
3	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección, se inspecciona nuevamente la rosca posterior haciendo uso del dispositivo adecuado.

O3. Contorneado (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Contorneado Primera cara	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el contorneado de la primera cara del cuerpo de la rotula.
2	R	OM	Giro 180°	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180°, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
3	R	M	Contorneado segunda cara	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el contorneado de la segunda cara del cuerpo de la rotula.
4	R	OM	Giro 90°	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 90°, cerrar la puerta de la fresa CNC y activar el botón de arranque.
5	R	M	Contorneado Tercera cara	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar el contorneado de la tercera cara del cuerpo de la rotula.
6	R	OM	Cambio de pieza	Desde que se enciende la luz de la fresa hasta que el operario activa el botón de arranque. Incluye: Abrir la puerta de la fresa, extraer el cuerpo de la rotula del dispositivo, ponerlos sobre la mesa, tomar un nuevo cuerpo, ajustarlo en el dispositivo y cerrar la puerta de la fresa CNC.
7	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

O4. Quitar Rosca posterior (Torno convencional)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Alistar	Desde que el operario toma una nueva pieza hasta que enciente el torno convencional. Incluye: colocar la pieza en la copa y acercar el

				buril hacia la pieza para comenzar el corte.
2	R	O	Quitar rosca posterior	Desde que el operario enciende el torno convencional hasta que el operario apaga el torno. Incluye: realizar el corte de la rosca posterior del cuerpo y tomar el cuerpo.
3	R	O	Sacar	Desde que se apaga el torno hasta que el operario toma una nueva pieza. Incluye: abrir la copa del torno, sacar la rosca posterior de la copa y poner tanto el cuerpo como la rosca sobre el banco.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima	Desde que la pieza hace contacto con la lima hasta que se suspende el contacto. Incluye: retirar la rebaba de los orificios y del contorno de la rotula.
2	R	O	Prueba	Desde que se suspende el contacto entre la lima y la rotula hasta que se hace nuevamente el contacto. Incluye: soltar la lima, tomar una barra de titanio, introducirla en el orificio del cuerpo de la rotula, hacer deslizar la rotula a lo largo de la barra, retirar la barra, ponerla sobre la mesa y tomar nuevamente la lima.
3	R	O	Lima	Desde que la pieza hace contacto con la lima hasta que se suspende definitivamente el contacto. Incluye: retirar la rebaba sobrante de los orificios y del contorno de la rotula.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende definitivamente el contacto con la lima hasta que una nueva pieza hace contacto con la lima. Incluye: poner la pieza ya limada en un recipiente, tomar una nueva pieza sin pulir y dirigir la lima hacia ella.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trazo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trazo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trazo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

SISTEMA MEDIPLIF

Cuerpo

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye: Desbaste de material realizando un cono en la punta y elaboración de las ranuras a lo largo del cuerpo.
2	R	OM	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, recoger la pieza maquinada, correr la varilla hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.
5	I	OM	Cambio de barra	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante, coger una nueva varilla, colocarla en la copa, hacer un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.

O2. Rosca posterior (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Esto incluye en su orden: Maquinado de la rosca posterior del cuerpo intervertebral.
2	R	OM	Cambio de pieza	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta del torno, soltar la copa para extraer el cuerpo, depositarlo en un recipiente, tomar el siguiente cuerpo de la mesa, ajustarlo en la copa y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca externa	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el tornillo inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el tornillo ya maquinado y el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo y la del cuerpo y desenroscar.
4	I	O	Inspección	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección y finalmente se inspecciona nuevamente la rosca posterior del cuerpo haciendo uso del dispositivo adecuado.

O3. Ranuras (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Ranura A	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar la ranura en una de las caras del cuerpo intervertebral.
2	R	OM	Giro 1	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	M	Ranura B	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar la ranura en la segunda cara del cuerpo intervertebral.
4	R	OM	Giro 2	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 90 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
5	R	M	Agujero C	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye: Realizar dos agujeros en la tercera cara del cuerpo intervertebral.
6	R	OM	Giro 3	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
7	R	M	Agujero D	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye:

				Realizar dos agujeros en la cuarta cara del cuerpo intervertebral.
8	R	OM	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
9	I	O	Inspeccionar pieza	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca la varilla sobre la mesa. Incluye: Tomar el calibrador y la varilla de la mesa, tomar y registrar las medidas de dimensiones según especificaciones dadas en el formato inspección.

O4. Muesca autorajante (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Muesca lado 1	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración de la muesca en el primer lado de la punta del cuerpo intervertebral.
2	R	O	Giro	Desde que se enciende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, hacer girar la pieza 180 grados y cerrar la puerta de la fresa CNC.
3	R	O	Muesca lado 2	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: La elaboración de la muesca en el segundo lado de la punta del cuerpo intervertebral.
4	I	O	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.

OP.Lm Lima (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lima	Desde que la pieza hace contacto con la lima hasta que se suspende el contacto. Incluye: retirar la rebaba interna y externa del cuerpo intervertebral realizando movimientos consecutivos.
2	R	O	Prueba	Desde que se suspende el contacto entre la lima y el cuerpo intervertebral hasta que se establece nuevamente el contacto. Incluye: soltar la lima, tomar un bloqueador junto con la herramienta de ajuste, roscarlo en el interior del cuerpo, retirarlo, soltar el bloqueador y la herramienta de ajuste sobre la mesa y tomar la lima.
3	R	O	Lima	Desde que la pieza hace contacto con la lima hasta que se suspende definitivamente el contacto. Incluye: retirar la rebaba sobrante del cuerpo intervertebral haciendo movimientos consecutivos.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende definitivamente el contacto con la lima hasta que una nueva pieza hace contacto con la lima. Incluye: poner la pieza ya limada en un recipiente, tomar una nueva pieza sin pulir y dirigir la lima hacia ella.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de lija hasta que se suspende definitivamente el contacto. Esto incluye lijar la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que se suspende el contacto de la pieza con el disco de lija hasta que otra pieza hace contacto con el disco. Esto incluye: colocar la pieza ya lijada en un dispositivo, tomar una nueva pieza y dirigirse al disco de lija.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Pasta	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que toma una nueva pieza sin pulir. Esto incluye, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario toma la pieza sin pulir del banco auxiliar hasta que la pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Dirigir la pieza hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la pieza hace contacto por primera vez con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.

Bloqueador del cuerpo intervertebral

O1. Maquinado inicial (Torno CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que la torreta se detiene. Incluye: Maquinado interno y externo del bloqueador.
2	R	O	Correr barra	Desde que la torreta se detiene hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye: Abrir la puerta del torno, recoger el bloqueador ya maquinado, correr la barra hasta toparse con la herramienta y cerrar la puerta del torno.
3	R	O	Inspección de rosca	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que coloca el bloqueador inspeccionado sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Tomar el bloqueador ya maquinado y el dispositivo para probar la rosca, acoplar la rosca del dispositivo en el interior del bloqueador y desenroscar.
4	I	O	Inspección*	Desde que el operario toma la pieza a inspeccionar de la mesa y el calibrador, hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Esto incluye en su orden: Haciendo uso del calibrador, se toman y registran las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección y finalmente se inspecciona nuevamente la rosca del bloqueador.
5	I	O	Cambio de barra*	Desde que se detiene la torreta hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Sacar la varilla sobrante de la copa, tomar una nueva varilla, colocarla, hacer un desbaste inicial y cerrar la puerta del torno.

O2. Corte Horizontal (Centro de Mecanizado CNC)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Corte	Desde que el operario activa el botón de arranque hasta que se enciende la luz que anuncia que la operación ha finalizado. Esto incluye en su orden: Realizar el corte horizontal al bloqueador.
2	R	OM	Cambiar pieza	Desde que se entiende la luz de la Fresa CNC hasta que se activa el botón de arranque. Esto incluye en su orden: Abrir la puerta de la fresa CNC, soltar la pieza del divisor y colocarla en la mesa, tomar la siguiente pieza de la mesa, ajustarla en el divisor y cerrar la puerta de la Fresa CNC.
3	R	O	Inspección	Desde que el operario toma el calibrador y el bloqueador de la mesa hasta que los coloca nuevamente sobre la mesa. Incluye: Tomar y registrar las medidas de las dimensiones especificadas en el formato de inspección.

OP.Lj Lija (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Lija	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco.

2	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
3	R	O	Lija	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de lija hasta el operario deposita la pieza lijada en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco y desacoplar la pieza del dispositivo.
4	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de lija. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.

OP.T Trapo (Banco de Pulido)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	I	Pasta*	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que deja la pasta sobre el banco. Esto incluye, dejar el dispositivo sobre el banco, tomar la pasta, sujetarla y hacer contacto de forma intermitente con el disco rotatorio de trapo por los lados de este último y tomar nuevamente el dispositivo.
2	R	O	Cambio de pieza	Desde que el operario deposita la pieza pulida en el recipiente hasta que una nueva pieza hace contacto con el disco rotatorio de trapo. Incluye: Tomar la nueva pieza, acoplarla en el dispositivo y dirigirla hasta el disco rotatorio.
3	R	O	Trapo	Desde que la primera cara de la pieza hace contacto con el disco de trapo hasta que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo. Esto incluye pulir la primera cara de la pieza haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo.
4	R	O	Voltear	Desde que el operario toma la pieza con la mano para desacoplarla del dispositivo hasta que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco. Incluye: Desacoplar la pieza del dispositivo, voltearla y acoplarla nuevamente en el dispositivo.
5	R	O	Trapo	Desde que la segunda cara de la pieza hace contacto con el disco de trapo hasta el operario deposita la pieza pulida en un recipiente. Esto incluye pulir la pieza rotándola y haciendo contactos intermitentes con el disco respectivo y desacoplar la pieza del dispositivo.

OM. Marcación (Marcado)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	O	Llevar	Desde de que operario toma la pieza del banco hasta que enciende el botón de encendido de la impresora. Incluye: introducir la pieza en la impresora, acomodarla, cerrar la puerta de la impresora y anotar en la pantalla de la impresora las indicaciones establecidas de potencia y velocidad según el plano de producción.
2	R	M	Marcar	Desde que el operario enciende el botón de encendido hasta que la maquina da una alarma sonora indicado que la operación a finalizado. Incluye: imprimir en la pieza la referencia y lote de la misma según el programa.
3	R	O	Sacar	Desde que la máquina da la alarma sonora hasta que el operario toma las siguiente pieza a marcar. Incluye: abrir la puerta de la impresora, sacar la pieza y llevarla hacia el banco,

O1. Maquinado inicial (Torno Suizo)

ELEM.	TIPO		NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	R	M	Maquinado	Comienza y termina con la expulsión. Incluye: realizar el mecanizado de la pieza.
2	I	O	Inspección de rosca	Desde que el torno expulsa la pieza hasta que el operario pone la pieza sobre le banco. Incluye: abrir la ventana de expulsión, tomar la pieza, cerrar la ventana, tomar el dispositivo para inspección, inspeccionar la rosca, poner el dispositivo y la pieza sobre el banco.
3	I	O	Inspección	Desde que el torno expulsa la pieza hasta que el operario pone la pieza sobre le banco. Incluye: abrir la ventana de expulsión, tomar la pieza, cerrar la ventana, tomar el calibrador y el dispositivo para la rosca, tomar y registrar las medidas de dimensiones según especificaciones dadas en el formato inspección, poner el dispositivo, el calibrador y la pieza sobre la mesa.

Anexo D

Formato de registro de datos de la premuestra

Nombre de Operación:	
Producto:	
Máquina:	
Fecha:	
CICLO	TIEMPO CRONOMETRO
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Anexo E

Formato de registro de datos de la muestra

Nombre de Operación:		Máquina:	
Producto:		Nombre de Operario:	
Referencia:		Nombre de Analista:	
		Fecha:	
CICLO	ELEMENTOS	VALORACION	TIEMPO CRONOMETRO

Anexo F

Tiempos de producción total para cada artículo

RUTA CNC

SISTEMA MEDIFIX

TORILLOS MONOAXILES		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-5-MT-30	3927,282	65,455
100-5-MT-35	4053,450	67,557
100-5-MT-40	4061,612	67,694
100-5-MTR-30	4636,628	77,277
100-5-MTR-35	4717,869	78,631
100-5-MTR-40	4717,869	78,631
100-5-ML-30	4127,830	68,797
100-5-ML-35	4063,676	67,728
100-5-ML-40	4081,560	68,026
100-5-ML-45	4085,702	68,095
100-5-ML-50	4106,721	68,445
100-5-MLR-30	4757,407	79,290
100-5-MLR-35	4776,613	79,610
100-5-MLR-40	4796,171	79,936
100-5-MLR-45	4823,583	80,393
100-5-MS-35	3977,974	66,300
100-5-MS-40	3995,101	66,585

TORNILLOS POLIAXIALES		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
Cuerpos		
100-5-PT-30	1731,683	28,861
100-5-PT-35	1786,069	29,768
100-5-PT-40	1847,920	30,799
100-5-PL-30	1515,088	25,251
100-5-PL-35	1565,834	26,097
100-5-PL-40	1580,233	26,337
100-5-PL-45	1593,266	26,554
100-5-PL-50	1638,567	27,309
100-5-PS-35	1551,015	25,850

100-5-PS-40	1572,469	26,208
Cabezas		
100-5-P-CP	2752,305	45,872
100-5-P-CPR	3872,485	64,541
Ensamblador		
100-5-P-EP	844,285	14,071
CONTRATUERCA		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-3	1283,721	21,395

GANCHO LAMINAR		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-4-3-M	5023,917	83,732
100-4-3-MR	5773,983	96,233

GANCHO TORAXICO		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-4-3-M	5014,630	83,577
100-4-3-MR	5732,779	95,546

GANCHO PEDICULAR		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-4-3-M	6438,616	107,310
100-4-3-MR	7203,827	120,064

TUERCA		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-6	3739,649	62,327

BARRA TRANSVERSA		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
1006	1100,239	18,337

BARRAS LONGITUDINALES		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-2-1-50	2871,578	47,860
100-2-1-60	2997,746	49,962

100-2-1-70	3022,942	50,382
100-2-1-80	3083,873	51,398
100-2-1-90	3175,596	52,927
100-2-1-110	3184,300	53,072
100-2-1-130	3045,224	50,754
100-2-1-150	3023,123	50,385
100-2-1-180	3065,004	51,083
100-2-1-210	3082,538	51,376
100-2-1-300	3393,589	56,560
100-2-1-480	3815,714	63,595

TORNILLO DEL GANCHO LATERAL		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-4-1- TGL	374,520	6,242

SISTEMA MEDIMAX

ROTULA		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
Cuerpo		
102-1-1	8810,845	146,847
Pinza		
102-1-2	1626,710	27,112
Arandela		
102-1-3	2736,445	45,607
Tuerca		
102-1-4	2902,661	48,378
Tornillo		
102-1-5	1777,436	29,624

PIN DE SCHANZ		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
102-2-T	4330,635	72,177
102-2-L	5963,768	99,396

SISTEMA MEDIPLIF

CUERPO INTERVERTEBRAL		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
101-1	3118,995	51,983

BLOQUEADOR		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
101-2	1584,331	26,406

RUTA SUIZO

SISTEMA MEDIFIX

TORILLOS MONOAXILES		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-5-MT-30	2839.115	47.319
100-5-MT-35	2886.661	48.111
100-5-MT-40	2913.099	48.552
100-5-MTR-30	3524.933	58.749
100-5-MTR-35	3569.106	59.485
100-5-MTR-40	3588.643	59.811
100-5-ML-30	2810,058	46,834
100-5-ML-35	2838,348	47,306
100-5-ML-40	2871,909	47,865
100-5-ML-45	2898,055	48,301
100-5-ML-50	2924,362	48,739
100-5-MLR-30	3462,176	57,703
100-5-MLR-35	3476,430	57,941
100-5-MLR-40	3525,023	58,750
100-5-MLR-45	3542,827	59,047

TORNILLOS POLIAXIALES		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
Cuerpos		
100-5-PT-30	951.185	15.853
100-5-PT-35	979.637	16.327
100-5-PT-40	1007.949	16.799
100-5-PL-30	919,895	15,332
100-5-PL-35	951,355	15,856

100-5-PL-40	977,634	16,294
100-5-PL-45	996,361	16,606
100-5-PL-50	1014,123	16,902
Cabezas		
100-5-P-CP	1692,223	28,204
100-5-P-CPR	2220,686	37,011
Ensamblador		
100-5-P-EP	378,847	6,314

GANCHO LATERAL		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-4-1	1525,016	25,417

TUERCA		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
100-6	1337.807	22.297

SISTEMA MEDIMAX

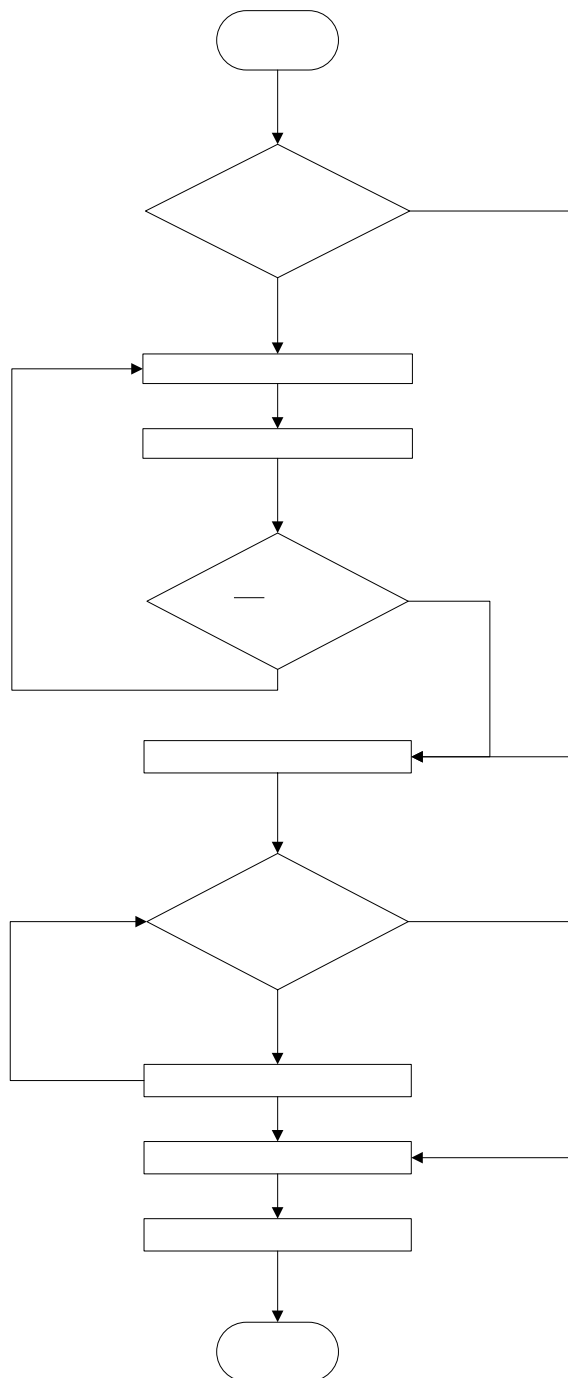
TUERCA		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
102-1-4	777,493	12,958

PIN DE SCHANZ		
REFERENCIAS	TOTAL (s)	TOTAL (m)
102-2-L	2904,074	48,401

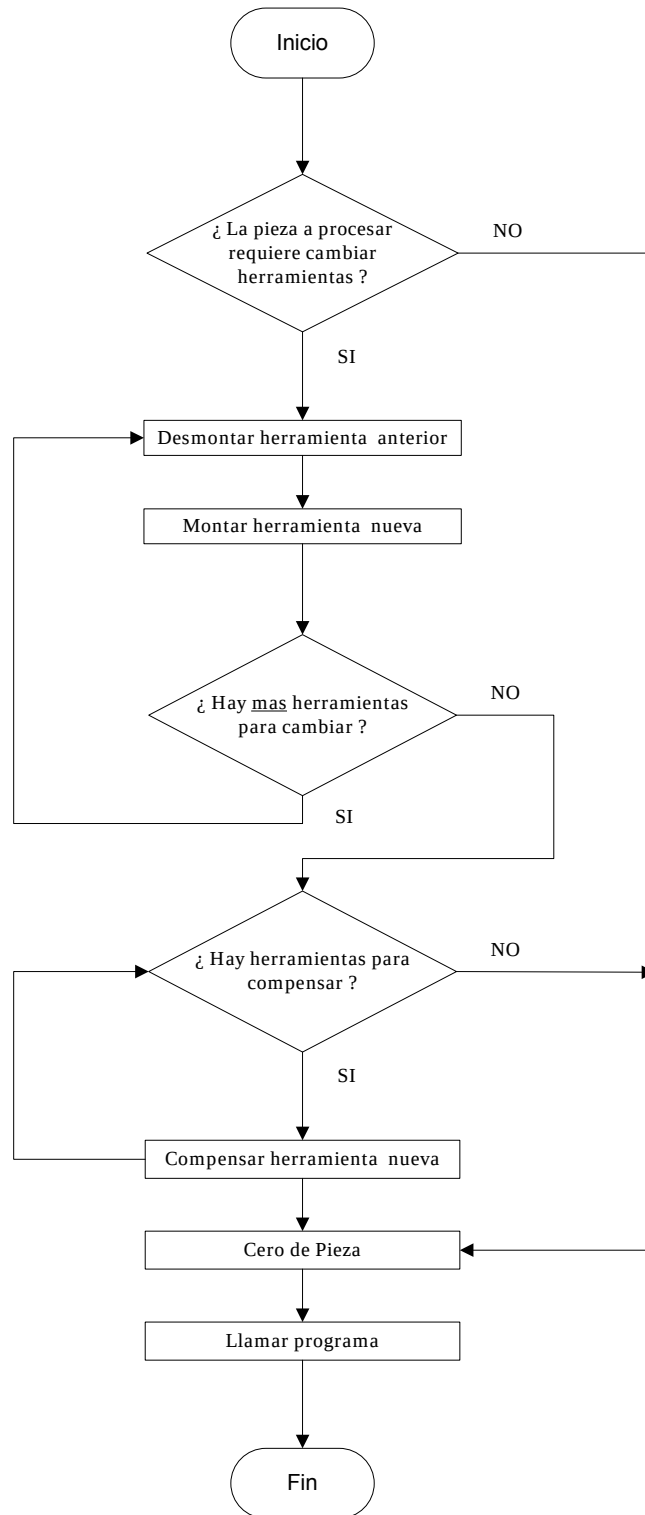
Anexo G

Diagramas de flujo del proceso de las actividades de preparación

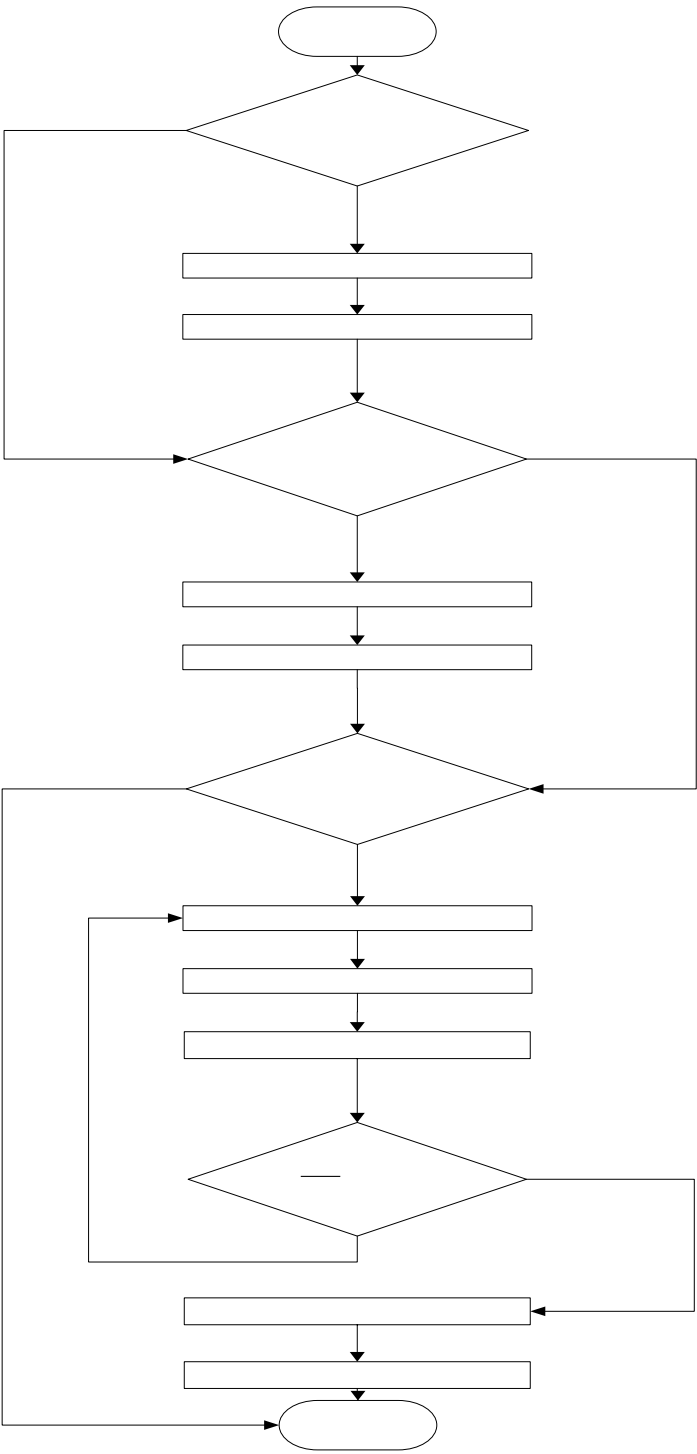
CENTRO DE MECANIZADO CNC



TORNO CNC



TORNO SUIZO



NO

requ

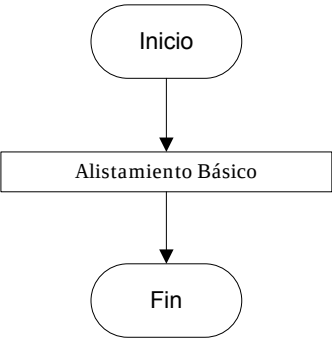
Desmo

Mo

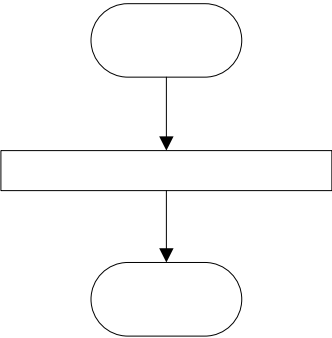
Desmo

Mo

GALVANIZADO



MARCACIÓN



Anexo H

Elementos del ciclo de trabajo de las actividades de preparación

- TORNO CNC

OPERACIÓN		ELEM.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Desmontar herramienta anterior	Variable	1	Observar	Desde que el operario toma el plano de la pieza a realizar hasta que se dirige hacia el panel de control del Torno CNC. Incluye: Leer la herramienta (de las requeridas en el plano de producción) que necesita para la elaborar la pieza y observar si dicha herramienta se encuentra instalada en la torreta en la posición indicada.
		2	Llamar herramienta	Desde que el operario si dirige a el panel de control del torno CNC hasta que la torreta se detiene con la herramienta en la posición asequible para el cambio. Incluye: Hacer el llamado de la herramienta mediante el panel de control del Torno CNC, giro automático de la torreta.
		3	Quitar pinza	Desde que la torreta se detiene en la posición asequible para el cambio, hasta que el operario tiene la pinza en sus manos fuera del torno. Incluye: tomar la llave, desajustar la pinza de la torreta y extraerla.
		4	Quitar Herramienta	Desde que el operario tiene la pinza en sus manos fuera del torno hasta que el operario deja dicha la herramienta anterior sobre la mesa. Incluye: desenroscar la herramienta, retirarla con la mano y dejarla sobre la mesa.
Montar herramienta nueva	Variable	5	Poner nueva herramienta	Desde que el operario pone la herramienta sobre la mesa hasta que la herramienta es ajustada en la boquilla. Incluye: buscar la herramienta requerida, buscar la boquilla adecuada para la herramienta e introducir la herramienta en la boquilla.
		6	Poner pinza	Desde que el operario ajusta la herramienta en la boquilla, hasta que la boquilla se acopla en la copa. Incluye: ajustar la boquilla en la copa del torno.
Compensar herramienta nueva	Variable	7	Compensar nueva herramienta *	Desde que el operario coloca la llave sobre la mesa hasta que el brazo palpador vuelve a su posición inicial. Incluye: Dirigirse al panel de control del Torno CNC, llamar al brazo palpador, anotar en el panel de control las especificaciones de la herramienta a compensar, el brazo palpador automáticamente toca la herramienta determinando sus distancias y el operario grava los valores en el panel de control y da la orden para que el brazo vuelva a su posición inicial.
Cero de Pieza	Fijo	1	Colocar pieza	Desde que el operario toma la pieza que se encuentra sobre la mesa hasta que toca la manivela. Incluye: Coger el calibrador, introducir la pieza en la copa, medir la distancia indicada en el plano haciendo uso del calibrador, coger la llave de la mesa y ajustar la copa.
	Fijo	2	Hacer cero de pieza en Z	Desde que el operario toca la manivela para centrar en Z hasta que cierra la puerta del torno CNC. Incluye: Girar la manivela hasta que la punta de la herramienta haga contacto con la punta de la pieza, registrar ese valor en el panel de control del torno CNC como cero de pieza en Z.
Llamar programa	Fijo	1	Acceso al programa	Desde que el operario toma el plano de producción hasta que el software Mastercam está totalmente cargado.. Incluye: Dirigirse al computador central y activar Mastercam.
		2	Llamado de programa	Desde que el software Mastercam está completamente cargado hasta que presiona el botón en el panel de control para cargar el programa de la operación. Incluye: seleccionar el programa de la operación en el computador y dirigirse a la máquina.

• CENTRO DE MECANIZADO CNC

OPERACION		ELEM.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Desmontar herramienta anterior	Variable	1	Observar	Desde que el operario toma el plano de la pieza a realizar hasta que se dirige hacia el panel de control de la fresa. Incluye: Leer la herramienta (de las requeridas en el plano de producción) que necesita para la elaboración la pieza y observar si dicha herramienta se encuentra instalada en el Magazín en la posición indicada.
		2	Llamar herramienta	Desde que el operario se dirige a el panel de control de la fresa CNC hasta que el usillo se detiene con la herramienta en la posición asequible para el cambio. Incluye: Hacer el llamado de la herramienta mediante el panel de control de la Fresa, giro automático del magazín, cambio automático de la herramienta.
		3	Quitar Herramienta	Desde que la herramienta está en el usillo en la posición asequible para el cambio, hasta que el operario deja dicha herramienta sobre la mesa. Incluye: Toma la llave para soltar la herramienta del usillo, desenroscar la herramienta, retirarla con la mano y dejarla sobre la mesa.
Montar herramienta nueva	Variable	4	Poner nueva herramienta	Desde que el operario pone la herramienta sobre la mesa hasta que coloca la llave sobre la mesa. Incluye: Tomar la nueva herramienta, introducirla en usillo y ajustarla totalmente haciendo uso de la llave.
Compensar herramienta patrón	Fijo	5	Llamar Herramienta patrón	Desde que el operario coloca el instrumento sobre la mesa (que el operario si dirige a el panel de control de la fresa CNC) hasta que el usillo se detiene con la herramienta en la posición asequible para la compensación. Incluye: Hacer el llamado de la herramienta mediante el panel de control de la Fresa, giro automático del magazín, cambio automático de la herramienta.
		6	Bajar Herramienta patrón	Desde que el operario toma el setiador de alturas de la mesa hasta que el la punta de la herramienta hace contacto con el setiador de alturas. Incluye: ubicar el setiador de alturas dentro de la fresa, girar la manivela, bajando el usillo hasta que haga contacto la herramienta con el setiador de alturas.
		7	Compensar herramienta patrón	Desde que la punta de la herramienta hace contacto con el setiador de alturas hasta que el operario toma la manivela. Incluye: Ajustar la altura de la herramienta patrón según el grado cero del setiador de alturas y guardar dicho valor en la maquina.
		8	Subir Herramienta patrón	Desde que el operario toma la manivela hasta que la herramienta patrón queda en la posición inicial (usillo). Incluye: Girar la manivela hasta que el usillo llegue a su límite.
Compensar herramienta nueva	Variable	9	Llamar la nueva herramienta	Desde que la herramienta patrón queda en la posición inicial (usillo) hasta que el usillo se detiene con la nueva herramienta en la posición asequible para la compensación
		10	Bajar nueva herramienta	Desde que el usillo se detiene con la nueva herramienta hasta que la punta de la herramienta hace contacto con el setiador de alturas. Incluye: Girar la manivela, bajando el usillo hasta que haga contacto la herramienta con el setiador de alturas.
		11	Compensar nueva herramienta	Desde que la punta de la herramienta hace contacto con el setiador de alturas hasta que el operario toma la manivela. Incluye: Ajustar la altura de la herramienta patrón según el grado cero del sitiador de alturas y guardar dicho valor en la maquina.
		12	Subir nueva herramienta	Desde que el operario toma la manivela hasta que la nueva herramienta queda en la posición inicial (usillo). Incluye: Girar la manivela hasta que el usillo llegue a su límite.
Cero de Pieza	Fijo	1	Colocar pieza	Desde que el operario toma el dispositivo y la pieza que se encuentra sobre la mesa hasta que toca la manivela. Incluye: introducir la pieza en dispositivo, acoplar el dispositivo en el divisor de la Fresa CNC.
		2	Centrar en Z	Desde que el operario toca la manivela para centrar en Z hasta que toca la manivela para centrar en Y. Incluye: Girar la manivela para bajar el usillo hasta que la herramienta haga contacto con la pieza, girar la manivela para que el divisor tome las dimensiones superior e inferior de la pieza por medio del contacto y la nivelación (respectivamente) con la herramienta y registrar en el panel de control el valor medio de dicha medida como el cero de la pieza en Z
		3	Centrar en Y	Desde que el operario toca la manivela para centrar en Y hasta que toca la manivela para centrar en X. Incluye:

				Activar dirección Y, girar la manivela para que el divisor tome las dimensiones frontal y posterior de la pieza por medio del contacto con la herramienta y registrar en el panel de control el valor medio de dicha medida como el cero de la pieza en Y
		4	Centrar en X	Desde que el operario toca la manivela para centrar en X hasta que cierra la puerta de la Fresa CNC. Incluye: Activar dirección X, girar la manivela para que el divisor tome las dimensiones laterales de la pieza por medio del contacto y la nivelación con la herramienta y registrar en el panel de control el valor medio de dicha medida como el cero de la pieza en X.
Llamar Programa	Fijo	1	Acceso al programa	Desde que el operario toma el plano de producción hasta que el software Mastercam está totalmente cargado.. Incluye: Dirigirse al computador central y activar Mastercam.
		2	Llamado de programa	Desde que el software Mastercam está completamente cargado hasta que presiona el botón en el panel de control para cargar el programa de la operación. Incluye: seleccionar el programa de la operación en el computador y dirigirse a la máquina.

• TORNO SUIZO

OPERACIÓN		ELEM.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Desmontar herramienta anterior	Variable	1	Desajustar pinza y buje deslizante.	Desde que el operario da la orden al panel de control para retroceder el alimentador hasta que el operario toma la barra de MP. Incluye: retroceso automático del alimentador, tomar la llave de la mesa, desajustar tanto la pinza como el buje deslizante y poner la llave sobre la mesa.
		2	Retirar Barra de MP	Desde que el operario toma la barra hasta que la deja sobre la mesa. Incluye: extraer la barra del alimentador del torno.
		3	Retirar dispositivos de ajuste	Desde que el operario deja la barra de MP sobre la mesa hasta que deja la pinza y el buje deslizante sobre la mesa. Incluye: extraer la pinza del usillo principal y el buje deslizante.
Montar herramienta nueva	Variable	1	Montar nuevos dispositivos de ajuste	Desde que el operario deja la pinza y el buje deslizante sobre la mesa hasta que el nuevo buje deslizante se deja en la posición adecuada. Incluye: buscar la pinza y el buje de acuerdo a las dimensiones de la nueva barra de MP, montar nueva pinza del usillo principal y montar el nuevo buje deslizante.
		2	Montar nueva barra de MP	Desde que el buje deslizante se deja en la posición adecuada hasta que la barra se ha introducido totalmente en el alimentador. Incluye: tomar la nueva barra de MP, llevarla hasta el alimentador y comenzar a introducir la barra de MP en el alimentador del Torno Suizo.
		3	Preajustar pinza	Desde que la barra se ha introducido totalmente en el alimentador, hasta que la pinza del usillo es preajustada.
		4	Preajustar buje	Desde que el operario hace el preajuste de la pinza del usillo hasta que el buje deslizante es preajustado.
		5	Ajustar dispositivos	Desde que el buje deslizante es preajustado hasta que la barra de MP está en la posición indicada para el comienzo del mecanizado. Incluye: ajustar simultáneamente la pinza y el buje corriendo repetidamente la barra de MP hasta obtener el deslizamiento adecuado.
Desmontar herramienta anterior	Variable	1	Retirar pinza anterior	Desde que el operario toma el destornillador para desajustar la caja contenedora, hasta tiene la pinza en la mano por fuera del torno. Incluye: abrir la caja desajustando los tornillos, tomar la llave y desajustar la pinza haciendo uso de la llave y extraer la pinza de la caja contenedora.
		2	Retirar el expulsor anterior	Desde que el operario tiene la pieza en la mano por fuera del torno , hasta que coloca tanto la pinza como el expulsor sobre la mes. Incluye: extraer el expulsor de la pinza.
Montar herramienta nueva	Variable	1	Montar nuevo expulsor	Desde que el operario pone la pinza y el expulsor sobre la mesa hasta que el expulsor está acoplado en la pinza. Incluye: buscar un nuevo expulsor y una nueva pinza y acoplar el expulsor en la pinza.
		2	Montar nueva pinza	Desde que el expulsor está acoplado en la pinza, hasta que acopla la pinza en la apertura de la caja contenedora. Incluye: introducir la pinza en la caja contenedora.
		3	Austar nueva pinza	Desde que el operario acopla la pinza en la apertura de la caja contenedora hasta que el operario cierra totalmente la caja contenedora. Incluye: tomar la llave de la mesa, dirigirse al interior de la caja contenedora,

				graduar el apriete de la pinza tanto internamente como externamente, poner la tapa de la caja contenedora, tomar el destornillador y los tornillos y ajustar la tapa de la caja.
Desmontar herramienta anterior	Variable	1	Observar	Desde que el operario toma el plano de la pieza a realizar hasta que se deja el plano sobre la mesa. Incluye: Leer la herramienta (de las requeridas en el plano de producción) que necesita para la elaborar la pieza y observar si dicha herramienta se encuentra instalada en la posición indicada.
		2	Desmontar la boquilla	Desde que el operario deja el plano sobre la mesa, hasta que tiene la boquilla en sus manos por fuera del torno. Incluye: tomar la llave, desajustarla del torno y extraer la boquillas
		3	Desmontar herramienta anterior	Desde que el operario tiene la boquilla en sus manos por fuera del torno hasta que deja tanto la boquilla como la herramienta sobre la mesa. Incluye: desajustar la herramienta de la boquilla y extraerla.
Montar herramienta nueva	Variable	1	Montar nueva herramienta	Desde que el operario se dirige hacia el cajón en donde se encuentran las boquillas y las herramientas, hasta que la herramienta está ajustada en la boquilla. Incluye: buscar la herramienta requerida, buscar la boquilla adecuada para la herramienta e introducir la herramienta en la boquilla.
		2	Montar la boquilla	Desde que el operario ajusta la herramienta en la boquilla, hasta que la boquilla se acopla en la copa. Incluye: ajustar la boquilla en la copa del torno.
Compensar herramienta nueva	Variable	1	Medir	Desde que el operario toma el calibrador de la mesa hasta que lo coloca nuevamente sobre la mesa. Incluye: ajustar el calibrador en la medida especificada en el plano del producto, colocar el calibrador sobre la herramienta hasta que esta última alcance la longitud deseada.
		2	Ajustar	Desde que el operario deja el calibrador sobre la mesa hasta que el operario deja la llave sobre la mesa, incluye: tomar la llave de ajuste, dirigirse al torno y ajustar la herramienta
Cero de Pieza	Fijo	1	Correr barra de MP	Desde que el operario toma el calibrador que se encuentra sobre la mesa hasta que lo deja nuevamente sobre la mesa. Incluye: ajustar el calibrador a la medida especificada, deslizar la barra de MP de modo que sobresalga la medida indicada por el calibrador.
Llamar Programa	Fijo	1	Llamar programa	Desde que el operario activa el panel de control hasta que carga el programa de mecanizado de la pieza. Incluye: buscar el programa adecuado en la memoria de la máquina.

- GALVANIZADO**

OPERACIÓN		ELEM.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Alistamiento básico	Fijo	1	Acceso al programa	Desde que el operario se acerca al computador, hasta que se dirige hacia la fuente de voltaje. Incluye: abrir el programa de anodizado y dar la opción en cuanto a corriente, voltaje y tiempo para realizar el proceso de anodizado dependiendo de la pieza a colorear.
		2	Encendido de fuente de voltaje	Desde que el operario se dirige hacia la fuente de voltaje, hasta que enciende la misma. Incluye: el encendido de la fuente de voltaje.
		3	Alistar pinzas	Desde que el operario enciende la fuente de voltaje hasta que coloca las pinzas sobre el mesón. Incluye: escoger las pinzas adecuada para el agarre de la pieza a colorear y colocarlas sobre el mesón.
Alistamiento básico	Fijo	1	Acceso al programa	Desde que el operario se acerca al computador, hasta que se dirige hacia la fuente de voltaje. Incluye: abrir el programa de anodizado y dar la opción en cuanto a corriente, voltaje y tiempo para realizar el proceso de anodizado dependiendo de la pieza a colorear.
		2	Encendido de fuente de voltaje	Desde que el operario se dirige hacia la fuente de voltaje, hasta que enciende la misma. Incluye: el encendido de la fuente de voltaje.
		3	Alistar pinzas	Desde que el operario enciende la fuente de voltaje hasta que coloca las pinzas sobre el mesón. Incluye: escoger las pinzas adecuada para el agarre de la pieza a colorear y colocarlas sobre el mesón.

- **MARCADO**

OPERACIÓN		ELEM.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Llamar programa	Fijo	1	Acceso al programa	Desde que el operario se acerca al computador, hasta que da la opción aceptar una vez finalizada la selección del programa a realizar. Incluye: abrir el programa de marcado, escoger el tipo de producto a marcar, realizar los ajustes necesarios en la ventana de impresión y establecer la velocidad y potencia requerida para el proceso de marcado.
		2	Llamado de programa	Desde que el operario da la opción aceptar en la pantalla del computador, hasta que se dirige a toma presiona el botón verde de la impresora. Incluye: dar la orden a la impresora Láser del programa a realizar, establecer la potencia y la velocidad de marcado.

Anexo I

Herramientas de las operaciones realizadas en los centros trabajo de mecanizado

TORNO SUIZO		TORNO CNC	CMV
HERRAMIENTAS DE MAQUINADO	EXPULSORES Y ALIMENTADORES		
B 3,5 mm	E1	A4G0305MO3U04GMN	3,2
B 5,5 mm	E2	B 10,5 mm	63 x 0,8 x 16MM
B 7,3 mm	E3	B 11 mm	63*1 mm
BBM060525	E4	B 13,5 mm	63*1 mm
BC #2	E5	B 2,8 mm	B 4,2 mm
BC #3	E6	B 3,5 mm	B 6,1 mm
BC #4	E7	B 3,5 mm	BC #2
BNEC250S4	E8	B 4,2 mm	BC #3
Brocha 506-101	E9	B 5,1 mm	BC #4
BR-P3	E10	B 6 mm	BNEC250S4
CCGT3251HP	E11	B 6,5 cónica	BNEC6MS2KC610M
CDT120022R	D1(1.59)	B 6,5 mm	BNEC6MS475MKC610M
FA 3125 90	D2(3.18)	B 7,1 mm	BNEC6MS475MKC610M
GMM2020R-MT-15D	D3(4.76)	B 8,5 mm	HEC125S4
GT 045-4	D4(5.99)	B 8,5 mm	HEC125S4225KC610M
HEC250S4	D5(6.35)	B 9,5 mm	HEC250S4
IR-P208	D6(7.94)	B3,6 mm	HEC2MS4
IR-P308	D7(9.525)	BC #2	HEC2MS4KC610M
ITM 085825G	D8(10.96)	BC #3	HEC375S4KC610M
KHSS32350	D9(12.7)	BC #4	HEC4MS4
KHSS32700	D10(14.29)	CDHB12061	HEC5MS4
KHSS32800	D11(15.88)	CDT120022R	
NG2047RK	D12(17.46)	DNMG432MG	
NG2062RK	D13(19.05)	H 3,5 mm	
NT2RK	D14(19.99)	KHSS32800	
PR930	D15(20.64)	MI # 1	
PT#306140V	D16(22.225)	NGD3062RK	
RRM 070 20G	D17(23.81)	NGD3062RK	
R-W0.6	D18(25.4)	NR3031RK	
SCT BB102		NR3041RK	
VBGT2205LF		NR3047RK	
VGBGT221HP		NT2RK	
		NT3R	
		VNGP331K	

Anexo J

Artículos de demanda independiente

SISTEMA	NOMBRE	GRUPO	TIPO	REFERENCIA	DETALLE
SISTEMA MEDIFIX			Laminar	100-4-3-M	Gancho laminar mediano
				100-4-3-MR	Gancho laminar de red.
			Pedicular	100-4-4	Gancho pedicular
				100-4-4R	Gancho pedicular de red.
			Torácico	100-4-5	Gancho torácico
				100-4-5R	Gancho torácico de red.
	Barras	Transversas		100-2-3-60	Barra transversa x 60
				100-2-3-80	Barra transversa x 80
				100-2-3-100	Barra transversa x 100
		Longitudinales		100-2-1-50	Barra longitudinal x 50
				100-2-1-60	Barra longitudinal x 60
				100-2-1-70	Barra longitudinal x 70
				100-2-1-80	Barra longitudinal x 80
				100-2-1-90	Barra longitudinal x 90
				100-2-1-110	Barra longitudinal x 110
				100-2-1-130	Barra longitudinal x 130
				100-2-1-150	Barra longitudinal x 150
				100-2-1-180	Barra longitudinal x 180
				100-2-1-210	Barra longitudinal x 210
				100-2-1-300	Barra longitudinal x 300
				100-2-1-480	Barra longitudinal x 480
			Torácico	100-5-PT-30	Tornillo poliaxial 5.0 x 30
				100-5-PT-35	Tornillo poliaxial 5.0 x 35
				100-5-PT-40	Tornillo poliaxial 5.0 x 40
				100-5-PTR-30	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30
				100-5-PTR-35	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35
				100-5-PTR-40	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40
			Lumbar	100-5-PL-30	Tornillo poliaxial 6.0 x 30
				100-5-PL-35	Tornillo poliaxial 6.0 x 35
				100-5-PL-40	Tornillo poliaxial 6.0 x 40
				100-5-PL-45	Tornillo poliaxial 6.0 x 45
				100-5-PL-50	Tornillo poliaxial 6.0 x 50

				100-5-PLR-30	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 30
				100-5-PLR-35	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 35
				100-5-PLR-40	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 40
				100-5-PLR-45	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 45
				100-5-PLR-50	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 50
			Sacro	100-5-PS-35	Tornillo poliaxial 7.0 x 35
				100-5-PS-40	Tornillo poliaxial 7.0 x 40
		Monoaxiales	Torácico	100-5-MT-30	Tornillo monoaxial 5.0 x 30
				100-5-MT-35	Tornillo monoaxial 5.0 x 35
				100-5-MT-40	Tornillo monoaxial 5.0 x 40
				100-5-MTR-30	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 30
				100-5-MTR-35	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 35
				100-5-MTR-40	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 40
			Lumbar	100-5-ML-30	Tornillo monoaxial 6.0 x 30
				100-5-ML-35	Tornillo monoaxial 6.0 x 35
				100-5-ML-40	Tornillo monoaxial 6.0 x 40
				100-5-ML-45	Tornillo monoaxial 6.0 x 45
				100-5-ML-50	Tornillo monoaxial 6.0 x 50
				100-5-MLR-30	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 30
				100-5-MLR-35	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 35
				100-5-MLR-40	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 40
				100-5-MLR-45	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 45
				100-5-MLR-50	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 50
			Sacro	100-5-MS-40	Tornillo monoaxial 7.0 x 40
				100-5-MS-45	Tornillo monoaxial 7.0 x 45
SISTEMA MEDIMAX	Pin de Shans		Torácico	102-2-T	Shans o pin torácico medimax
			Lumbar	102-2-L	Shans o pin lumbar medimax
			Sacro	102-2-S	Shans o pin sacro medimax
SISTEMA INTERVERTEBRAL	Fusser			101-1	Cuerpo Intervertebral 12*25 (Fusser)

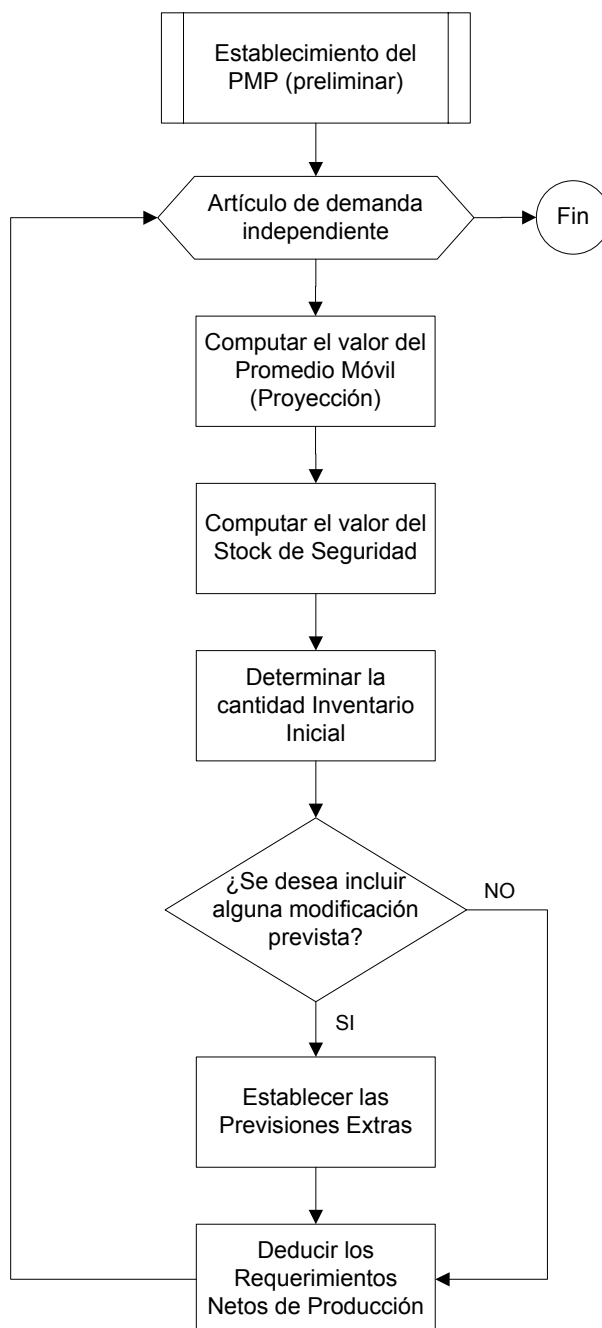
Anexo K

Artículos de demanda dependiente

REFERENCIA	DETALLE	RELACIÓN
100-3	Contratuerca	Uno a uno con: Tornillos Monoaxiales, Tornillos Poliaxiales, Ganchos (a excepción del G. Lateral)
100-6	Tuerca	Uno a uno con: Tornillos Monoaxiales, Tornillos Poliaxiales, Ganchos (a excepción del G. Lateral)
100-4-1	Gancho lateral	Dos a uno con: Barras Transversas
100-4-1-TGL	Tornillo gancho lateral	Dos a uno con: Barras Transversas
100-5-P-CP	Cabeza poliaxial	Uno a uno con: Tornillos Poliaxiales Normales
100-5-P-CPR	Cabeza poliaxial de reducción	Uno a uno con: Tornillos Poliaxiales de Reducción
100-5-P-EP	Ensamblador poliaxial	Uno a uno con: Tornillos Poliaxiales
102-1-1	Cuerpo de Rótula	Uno a uno con: Pines Schanz: Lumbar, Torácico, Sacro
102-1-2	Pinza de rótula	Uno a uno con: Pines Schanz: Lumbar, Torácico, Sacro
102-1-3	Arandela de rótula	Uno a uno con: Pines Schanz: Lumbar, Torácico, Sacro
102-1-4	Tuerca de rótula	Uno a uno con: Pines Schanz: Lumbar, Torácico, Sacro
102-1-5	Tornillo fijador de rótula	Uno a uno con: Pines Schanz: Lumbar, Torácico, Sacro
101-1-2	Bloqueador	Uno a uno con: Cuerpo Intervertebral

Anexo L

Diagrama de flujo para el Establecimiento del PMP (Preliminar)



Anexo M

Cálculo de Costo de Capital hasta Abril de 2006

6. Inicialmente se determinan cada una de las fuentes de financiación de la empresa. Actualmente estas fuentes son: proveedores, préstamos bancarios a corto plazo y patrimonio.
7. Se establece el porcentaje de participación de cada una de las fuentes con respecto a los activos de la empresa.

$$\% \cdot Participación_{fuente} = \frac{Valor \cdot Fuente}{Valor \cdot total \cdot Activos} * 100$$

FUENTE	VALOR (\$)	PARTICIPACIÓN (%)
Proveedores	322,716,305	23.69
Préstamos a corto plazo	16,761,712	1.23
Préstamos a largo plazo	0	0.00
Patrimonio	344,001,933	25.25
Activos	1,362,275,398	100

8. Se determina el costo anual nominal de cada una de las fuentes.
 - Proveedores: los proveedores representativos para MEDIIMPLANTES son los de materia prima y los de herramientas e insumos, de los cuales, los primeros no conceden ningún tipo de descuento mientras que los de herramientas actualmente otorgan un 10% de descuento por pago de contado vendiendo con un plazo de 30 días. Aplicando la expresión financiera:

$$F = P(1 + i)^n$$

En donde,

F = es el valor de cancelar la deuda con el proveedor el día último día de plazo (día 30). Se asume un valor base de \$100.

P= es el valor de cancelar la deuda con el proveedor el primer día (al contado). De acuerdo al valor asumido para F y según el descuento del 10%, P equivale a 90.

i = tasa de interés que representa el costo de oportunidad de no utilizar dicho descuento.

n = es el número de periodos (meses) contemplados por el plazo establecido por los proveedores.

$$100 = 90(1 + i)^1 \rightarrow i = \frac{100}{90} - 1 = 11.11\% \quad \text{mensual}$$

$$r = i * m = 0.1111 * 12 = 1.33 = 133\% \text{ Anual}$$

r = Tasa de interés nominal

m = número de periodos en que se capitaliza el dinero en un año

- Prestamos bancarios a corto plazo: actualmente MEDIIMPLANTES tiene una obligación financiera con el Banco Superior por la adquisición de un plan llamado “Crediautomático” por el cual paga un interés del 1.96% mensual o 23.52% anual.
- Patrimonio: aún cuando hay dificultad para estimar el costo del patrimonio considerando que en la empresa donde hay 5 socios todos con criterios diferentes en cuanto al riesgo y la rentabilidad y no hay una opinión establecida de todos ellos, se maneja un estimado¹⁰⁰ de 35% anual que es empleado para hacer diferentes tipos de análisis dentro de la empresa.

9. Se obtiene la ponderación para cada una de las fuentes.

$$Ponderación_{fuente} = \%Participación_{fuente} * Costo \cdot anual \cdot no \text{ min al}$$

FUENTE	VALOR (\$)	PARTICIPACIÓN (%)	COSTO ANUAL NOMINAL (%)	PONDERACIÓN (%)
Proveedores - Materia Prima	317,416,305	23.30	0	0
Proveedores - Insumos	5,300,000 ¹⁰¹	0.39	133	0.52
Préstamos a corto plazo	16,761,712	1.23	23.52	0.29
Patrimonio	344,001,933	25.25	35	8.84
Activos	1,362,275,398	100		9.65

10. Finalmente se deduce el valor del costo de capital (CK):

¹⁰⁰ Consultado con Florelva Durán, Contadora de MEDIIMPLANTES.

¹⁰¹ Éste valor corresponde a los Proveedores Nacionales de insumos quienes son los únicos que ofrecen descuento por pago de contado, el valor restante de los \$322,716,305 equivalen a la deuda con Proveedores Nacionales de materia prima.

$$CK = \sum^{fuente} Ponderación_{fuente}$$

$$CK = 9.65\%$$

Anexo N

Costos unitarios de exceso y de faltante para los artículos

REFERENCIA	DETALLE	COSTO * UNITARIO DE FALTANTE (cf)	COSTO ** UNITARIO DE EXCESO (ce)
100-4-3-M	Gancho laminar mediano	962,217	781
100-4-3-MR	Gancho laminar de red.	1,270,216	1,022
100-4-4	Gancho pedicular	961,234	876
100-4-4R	Gancho pedicular de red.	1,268,713	1,167
100-4-5	Gancho torácico	962,425	761
100-4-5R	Gancho torácico de red.	1,270,425	1,002
100-2-3-60	Barra transversa x 60	881,019	1,126
100-2-3-80	Barra transversa x 80	880,371	1,188
100-2-3-100	Barra transversa x 100	879,723	1,250
100-2-1-50	Barra longitudinal x 50	307,727	267
100-2-1-60	Barra longitudinal x 60	307,194	319
100-2-1-70	Barra longitudinal x 70	306,661	370
100-2-1-80	Barra longitudinal x 80	306,128	422
100-2-1-90	Barra longitudinal x 90	305,595	473
100-2-1-110	Barra longitudinal x 110	382,153	576
100-2-1-130	Barra longitudinal x 130	381,087	679
100-2-1-150	Barra longitudinal x 150	457,645	782
100-2-1-180	Barra longitudinal x 180	533,671	936
100-2-1-210	Barra longitudinal x 210	764,946	1,090
100-2-1-300	Barra longitudinal x 300	954,210	1,553
100-2-1-480	Barra longitudinal x 480	1,138,299	2,479
100-5-PT-30	Tornillo poliaxial 5.0 x 30	1,346,879	1,115
100-5-PT-35	Tornillo poliaxial 5.0 x 35	1,346,260	1,175
100-5-PT-40	Tornillo poliaxial 5.0 x 40	1,345,642	1,234
100-5-PTR-30	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 30	1,499,786	1,341
100-5-PTR-35	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 35	1,499,168	1,400
100-5-PTR-40	Tornillo poliaxial red. 5.0 x 40	1,498,550	1,460
100-5-PL-30	Tornillo poliaxial 6.0 x 30	1,346,879	1,115
100-5-PL-35	Tornillo poliaxial 6.0 x 35	1,346,260	1,175
100-5-PL-40	Tornillo poliaxial 6.0 x 40	1,345,642	1,234
100-5-PL-45	Tornillo poliaxial 6.0 x 45	1,345,024	1,294

100-5-PL-50	Tornillo poliaxial 6.0 x 50	1,344,406	1,353
100-5-PLR-30	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 30	1,499,786	1,341
100-5-PLR-35	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 35	1,499,168	1,400
100-5-PLR-40	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 40	1,498,550	1,460
100-5-PLR-45	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 45	1,497,932	1,520
100-5-PLR-50	Tornillo poliaxial red. 6.0 x 50	1,497,314	1,579
100-5-PS-35	Tornillo poliaxial 7.0 x 35	1,346,260	1,175
100-5-PS-40	Tornillo poliaxial 7.0 x 40	1,345,642	1,234
100-5-MT-30	Tornillo monoaxial 5.0 x 30	764,917	1,093
100-5-MT-35	Tornillo monoaxial 5.0 x 35	763,941	1,187
100-5-MT-40	Tornillo monoaxial 5.0 x 40	762,965	1,281
100-5-MTR-30	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 30	1,034,262	1,319
100-5-MTR-35	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 35	1,033,286	1,413
100-5-MTR-40	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 40	1,032,310	1,507
100-5-ML-30	Tornillo monoaxial 6.0 x 30	803,730	1,093
100-5-ML-35	Tornillo monoaxial 6.0 x 35	802,754	1,187
100-5-ML-40	Tornillo monoaxial 6.0 x 40	762,965	1,281
100-5-ML-45	Tornillo monoaxial 6.0 x 45	761,989	1,375
100-5-ML-50	Tornillo monoaxial 6.0 x 50	761,013	1,470
100-5-MLR-30	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 30	1,034,262	1,319
100-5-MLR-35	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 35	1,033,286	1,413
100-5-MLR-40	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 40	1,032,310	1,507
100-5-MLR-45	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 45	1,031,334	1,601
100-5-MLR-50	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 50	1,030,358	1,696
100-5-MS-40	Tornillo monoaxial 7.0 x 40	763,941	1,187
100-5-MS-45	Tornillo monoaxial 7.0 x 45	762,965	1,281
102-2-T	Shans o pin toràxico medimax	2,615,805	2,207
102-2-L	Shans o pin lumbar medimax	2,615,805	2,207
102-2-S	Shans o pin sacro medimax	2,615,805	2,207
101-1	Cuerpo Intervertebral 12*25 (Fusser)	2,390,369	611

* Incluye los valores correspondientes a sus artículos dependientes (productos o componentes)

** Incluye los valores correspondientes a sus artículos dependientes (productos o componentes)

Anexo O

Ejemplo de determinación del punto de pedido y stock de seguridad

Ejemplo 13.5¹⁰²: determinación del punto de pedido y stock de seguridad teniendo en cuenta una demanda aleatoria sin conocer su función de distribución.

A. Método tabular

Los niveles de demanda producidos a lo largo de una serie de períodos de tiempo iguales al tiempo de suministro es la que se reproduce en la **Tabla 1**, D_{TS_p} . En ella, la frecuencia, f_i , representa el número de veces que la demanda alcanza el nivel indicado en la columna correspondiente.

Tabla 1. Valores de la demanda durante el TS_p

D_{TS_p}	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
f_i	1	4	12	24	30	20	16	4	2

Con estos datos podemos calcular la demanda media durante TS_p ($\bar{D}_{TS_p}$) como:

$$\sum_{i=1}^9 f_i \times D_{TS_{pi}} / \sum_{i=1}^9 f_i = 1214$$

A partir de aquí se está en disposición de definir el stock de seguridad necesario para intentar dar un determinado nivel de servicio o tener un cierto riesgo de ruptura. Para ello se amplía la tabla anterior con una serie de filas, obteniendo así la Tabla 2. La primera de ellas (fila III) expresa la *frecuencia acumulada*, f_{ai} , o número de veces en que la demanda fue menor o igual que la expresada en la columna en cuestión. La fila IV indica el *stock de seguridad necesario mínimo*, $SS_{\min}$, para poder satisfacer la demanda representada en la columna correspondiente; éste es igual a dicha demanda menos la demanda media calculada anteriormente (en los casos en que aquélla sea inferior a la media se obtendrá un valor negativo pero, dado el concepto de stock de seguridad, se da a éste un valor nulo). En la fila V se sitúa el porcentaje de periodos

¹⁰² DOMÍNGUEZ M, José A. Dirección de Operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw Hill, 1995, p. 473 - 474.

que se habrían satisfecho sin problemas si el punto de pedido hubiera sido la demanda que figura en la columna en cuestión; de acuerdo con la definición dada anteriormente, éste sería el *nivel de servicio* ofrecido y, para calcularlo, bastara con dividir su frecuencia acumulada entre el máximo de la misma (113) y, para expresarlo en tanto por ciento, multiplicarlo por 100. Por último, la fila VI representará el riesgo de ruptura, obtenido de restarle a 100 el nivel de servicio anteriormente calculado.

Tabla 2. Tabla para el cálculo de *NS* *RR*

I	D_{TS_p}	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
II	f_i	1	4	12	24	30	20	16	4	2
III	f_{ai}	1	5	17	41	71	91	107	111	113
IV	$SS_{\min}$	0	0	0	0	0	186	386	586	786
V	<i>NS</i>	0.9	4.4	15.4	36.2	62.8	80.5	94.7	98.2	100
VI	<i>RR</i>	99.1	95.6	84.6	63.8	37.2	19.5	5.3	1.8	0

Como se verá a continuación, desde la Tabla 2 es fácil responder a cualquier pregunta sobre cualquiera de las variables en ella representadas.

- a. ¿Qué stock de seguridad será necesario mantener para dar un nivel de servicio del 90%? ¿Cuál será el punto de pedido?

Como se puede apreciar en la fila V, el *NS* del 90% se encuentra situado entre el 80.5 y el 94.7%, a los que les corresponde, respectivamente, un *SS* de 186 y 386; por lo tanto, el *SS* buscado estará entre ambos, pudiendo hacerse una interpolación para dar respuesta a la pregunta. Así pues, si para una diferencia de 200 unidades (386-186) la cobertura aumenta en 14.2 puntos (94.7-80.5), para 9.5 puntos (90-80.5) harán falta 134 unidades (obtenidas por una simple regla de tres: $200 \times 9.5 / 14.2 \approx 134$). El *stock de seguridad* solicitado será igual a 186 (necesario para dar el 80.5%) más 134 (para conseguir los 9.5 puntos que faltan para llegar a un *NS* de 90%), es decir, 320 unidades. Esto conlleva a tener un punto de pedido de $P_p = \overline{D}_{TS_p} + SS = 1214 + 320 = 1534$ unidades.

b. ¿Qué riesgo de ruptura se tendría con un SS de 500 unidades?

El problema aquí planteado es inverso al anterior. A partir de la **tabla YYY** se puede observar que, con dicho SS, se tendría un riesgo comprendido entre 5.3 y 1.8%, correspondientes, respectivamente, a unos SS de 386 y 586 unidades. La discrepancia de tres puntos y medio entre los riesgos de ruptura ($5.3 - 1.8 = 3.5$) corresponden a las 200 unidades de diferencia entre los SS; por tanto, interpolando linealmente, para las 114 unidades adicionales que implica el SS propuesto ($500 - 386$), encontramos que el riesgo de ruptura disminuiría aproximadamente en un 2% respecto al que provocaría un $SS = 386$, ($114 \times 3.5 / 200 \approx 2$), es decir, se tendrá un RR igual a $5.3 - 2 = 3.35$.

De igual forma se podría responder con respecto a los niveles de servicio o riesgos de ruptura que se tendrían al utilizar un determinado punto de pedido, ya que este coincidiría con D_{TS_p} (fila I).

Anexo P

Pruebas estadísticas de distribución de probabilidad

Ho = La distribución observada para la variable demanda, se comporta de acuerdo a la distribución teórica especificada (Normal, Exponencial y Uniforme)

H1 = La distribución observada para la variable demanda, no se comporta de acuerdo a la distribución teórica especificada (Normal, Exponencial y Uniforme)

Nivel de significancia fijado: 0.05. La hipótesis nula se acepta si el valor arrojado por el Test de Kolmogorov-Smirnov es mayor a 0.025, de lo contrario se rechaza la hipótesis nula.

La prueba fue aplicada para las siguientes distribuciones: Normal, Exponencial y Uniforme.

De los productos sometidos a pruebas estadísticas, 10 son anexados a continuación, a los cuales se les atribuye una mayor rotación, sólo para dos de ellos su demanda presenta un comportamiento normal.

Referencia: 100-2-1-50

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,23
	Std. Deviation	3,725
Most Extreme Differences	Absolute	,247
	Positive	,247
	Negative	-,193
Kolmogorov-Smirnov Z		1,692
Asymp. Sig. (2-tailed)		,007

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	18
Most Extreme Differences	Absolute	,565
	Positive	,565
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		3,874
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,b}	Mean	4,61
Most Extreme Differences	Absolute	,541
	Positive	,541
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		3,107
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 14 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-2-1-80

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,79
	Std. Deviation	3,700
Most Extreme Differences	Absolute	,154
	Positive	,154
	Negative	-,153
Kolmogorov-Smirnov Z		1,053
Asymp. Sig. (2-tailed)		,218

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	15
Most Extreme Differences	Absolute	,472
	Positive	,472
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		3,238
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,t} Mean		5,39
Most Extreme Differences	Absolute	,571
	Positive	,571
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		3,281
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 14 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-2-1-90

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	4,21
	Std. Deviation	4,549
Most Extreme Differences	Absolute	,220
	Positive	,220
	Negative	-,177
Kolmogorov-Smirnov Z		1,505
Asymp. Sig. (2-tailed)		,022

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	19
Most Extreme Differences	Absolute	,557
	Positive	,557
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		3,816
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,t} Mean		5,82
Most Extreme Differences	Absolute	,563
	Positive	,563
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		3,282
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 13 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-2-3-60

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,68
	Std. Deviation	4,065
Most Extreme Differences	Absolute	,205
	Positive	,205
	Negative	-,183
Kolmogorov-Smirnov Z		1,404
Asymp. Sig. (2-tailed)		,039

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	16
Most Extreme Differences	Absolute	,453
	Positive	,453
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		3,109
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,t} Mean		4,94
Most Extreme Differences	Absolute	,402
	Positive	,402
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		2,379
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 12 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-5-PL-40

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	5,60
	Std. Deviation	7,386
Most Extreme Differences	Absolute	,240
	Positive	,240
	Negative	-,224
Kolmogorov-Smirnov Z		1,645
Asymp. Sig. (2-tailed)		,009

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	28
Most Extreme Differences	Absolute	,544
	Positive	,544
	Negative	-,043
Kolmogorov-Smirnov Z		3,730
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,b} Mean		7,74
Most Extreme Differences	Absolute	,537
	Positive	,537
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		3,130
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 13 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-5-PL-45

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	5,09
	Std. Deviation	8,361
Most Extreme Differences	Absolute	,272
	Positive	,240
	Negative	-,272
Kolmogorov-Smirnov Z		1,862
Asymp. Sig. (2-tailed)		,002

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	39
Most Extreme Differences	Absolute	,629
	Positive	,629
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		4,312
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

	DEMANDA
N	47 ^c
Exponential parameter ^{a,t} Mean	8,54
Most Extreme Absolute	,798
Differences Positive	,798
Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z	4,220
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 19 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-5-PLR-45

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	DEMANDA
N	47
Normal Parameters ^{a,b} Mean	1,55
Std. Deviation	3,006
Most Extreme Absolute	,314
Differences Positive	,314
Negative	-,303
Kolmogorov-Smirnov Z	2,155
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	17
Most Extreme Differences	Absolute	,680
	Positive	,680
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		4,659
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,b} Mean		4,06
Most Extreme Differences	Absolute	1,762
	Positive	1,762
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		7,475
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 29 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 101-1

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,74
	Std. Deviation	3,529
Most Extreme Differences	Absolute	,243
	Positive	,243
	Negative	-,218
Kolmogorov-Smirnov Z		1,664
Asymp. Sig. (2-tailed)		,008

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	13
Most Extreme Differences	Absolute	,493
	Positive	,493
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		3,377
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,b} Mean		4,30
Most Extreme Differences	Absolute	,659
	Positive	,659
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		3,610
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 17 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-2-L

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,74
	Std. Deviation	6,254
Most Extreme Differences	Absolute	,279
	Positive	,279
	Negative	-,275
Kolmogorov-Smirnov Z		1,910
Asymp. Sig. (2-tailed)		,001

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	22
Most Extreme Differences	Absolute	,605
	Positive	,605
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		4,151
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a,b} Mean		8,38
Most Extreme Differences	Absolute	1,382
	Positive	1,382
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		6,335
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

c. There are 26 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución exponencial.

Referencia: 100-2-1-70

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DEMANDA
N		47
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2,28
	Std. Deviation	2,795
Most Extreme Differences	Absolute	,220
	Positive	,220
	Negative	-,208
Kolmogorov-Smirnov Z		1,510
Asymp. Sig. (2-tailed)		,021

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 2

		DEMANDA
N		47
Uniform Parameters ^{a,b}	Minimum	0
	Maximum	14
Most Extreme Differences	Absolute	,579
	Positive	,579
	Negative	-,021
Kolmogorov-Smirnov Z		3,970
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Uniform.

b. Calculated from data.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución Uniforme.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 4

		DEMANDA
N		47 ^c
Exponential parameter ^{a, b} Mean		3,69
Most Extreme Differences	Absolute	,775
	Positive	,775
	Negative	,000
Kolmogorov-Smirnov Z		4,174
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

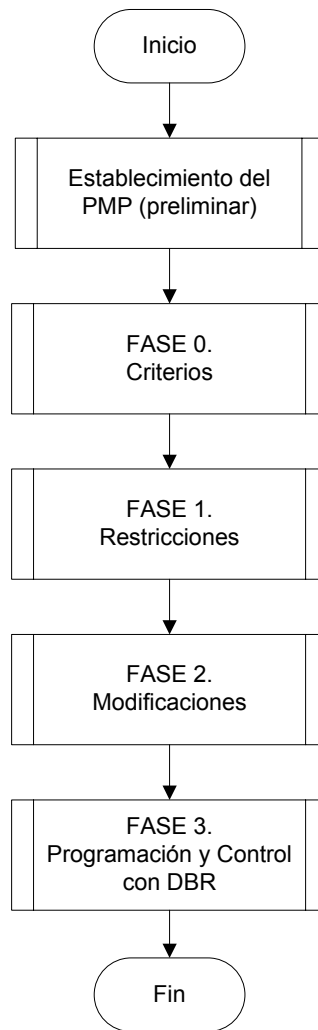
b. Calculated from data.

c. There are 18 values outside the specified distribution range. These values are skipped.

A un nivel de confianza del 95% y de acuerdo a los resultados obtenidos del Test de Kolmogorov-Smirnov realizado, se concluye que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en donde la demanda se comporta de acuerdo a la distribución Exponencial.

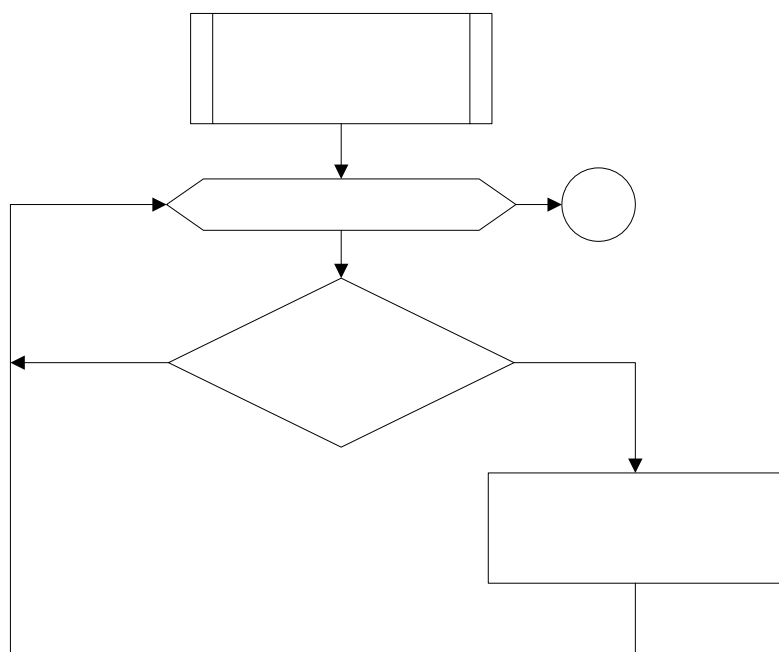
Anexo Q

Diagrama de flujo general para la Programación de la Producción



Anexo R

Diagrama de flujo Fase 0. Paso 1: Asignación de artículos con una única ruta



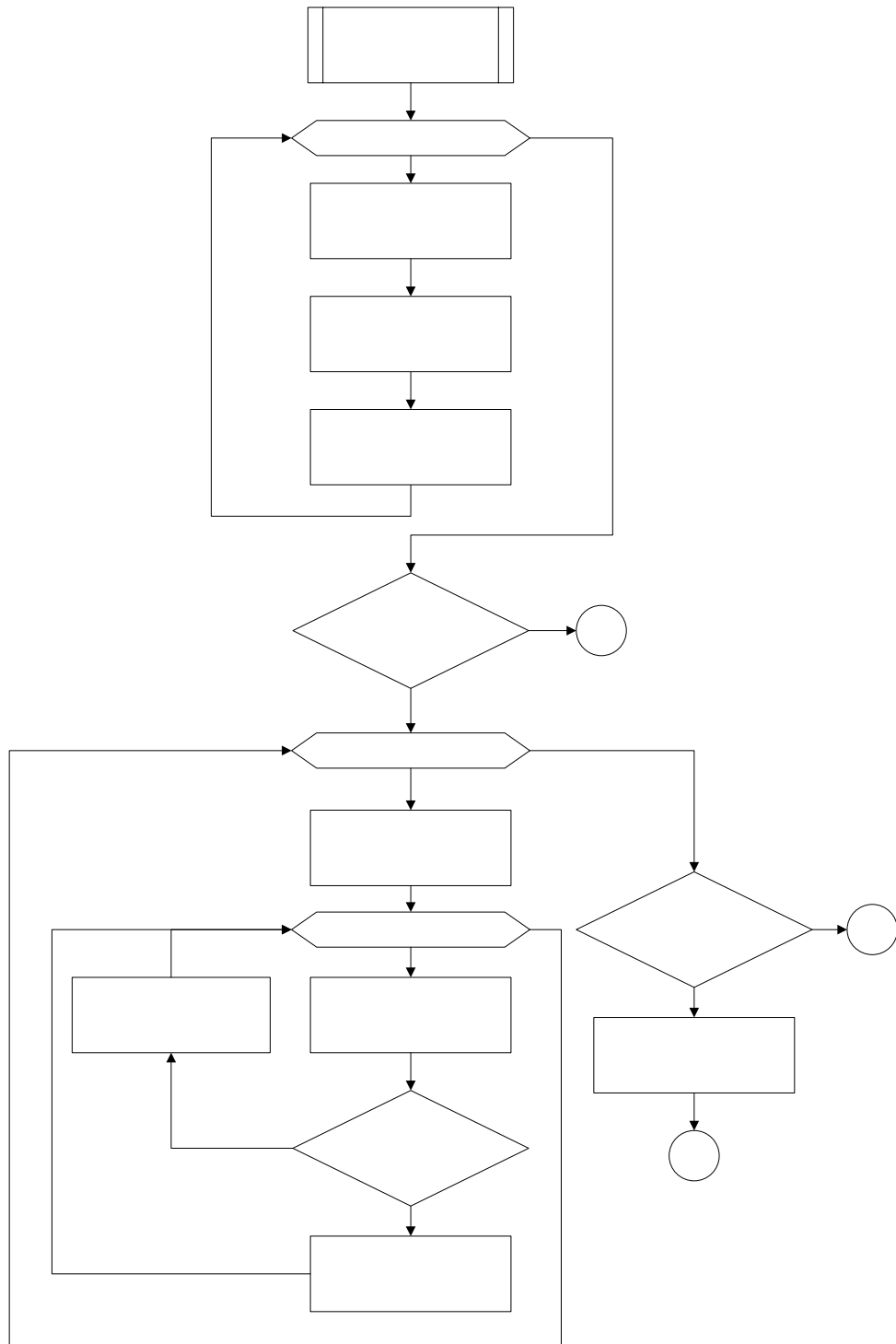
FASE 0. I
Asignación d
con una ún

Artículo

SI ¿Hay más de un
para su fab

Anexo S

Diagrama de flujo Fase 0. Paso 2: Asignación de artículos con más de una ruta



FASE 0.
Asignación de
con mas de

Artículo

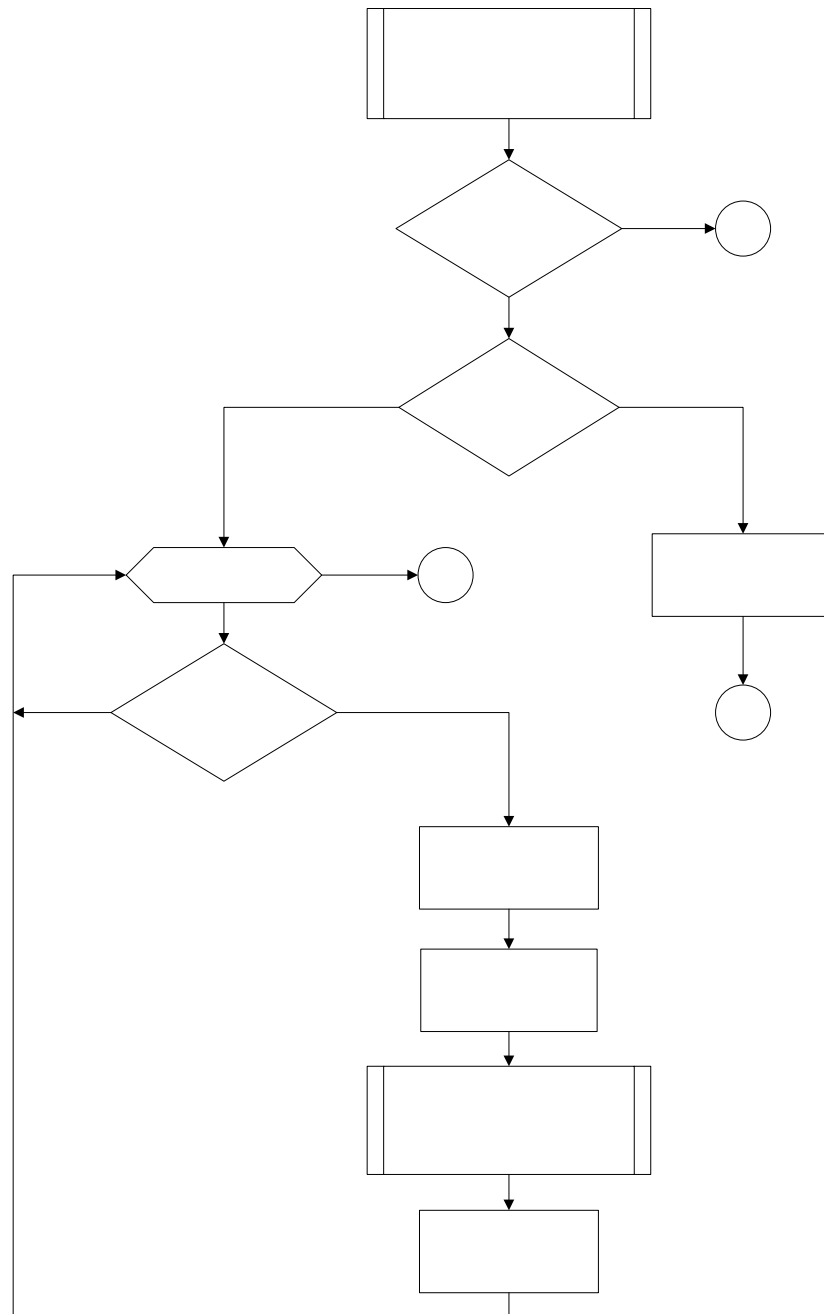
Detectar ruta

Calcular los P
Redu

Calcular la D
artículo

Anexo T

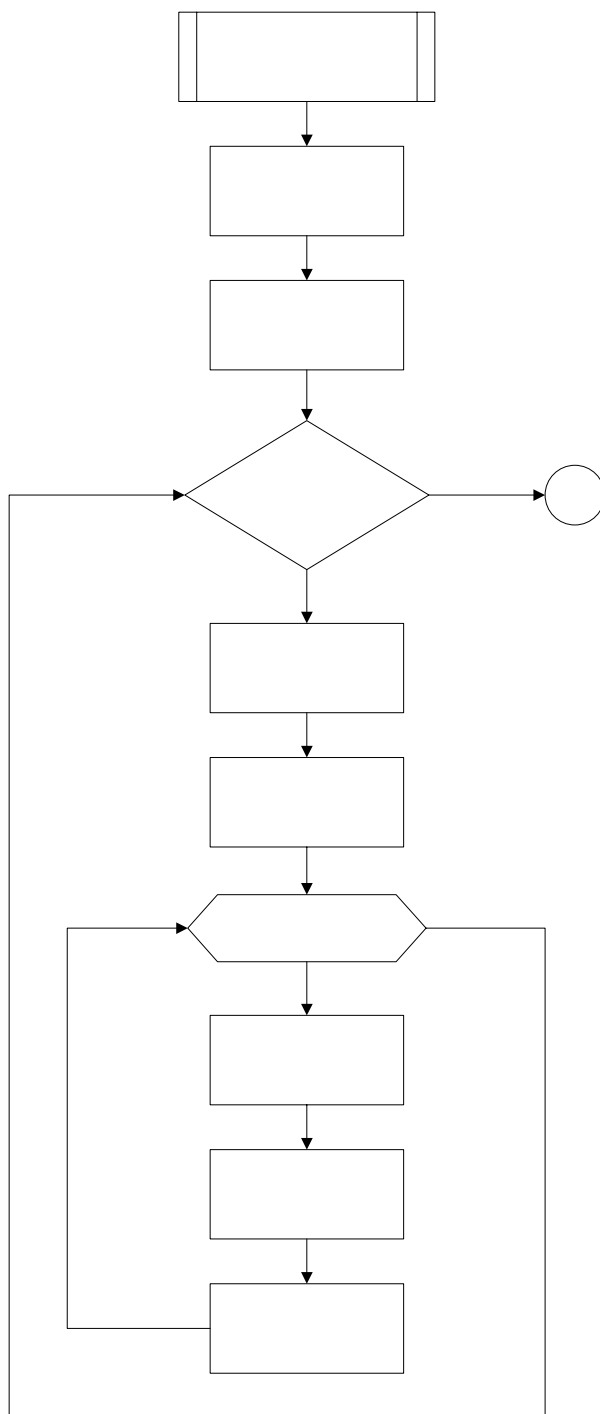
Diagrama de flujo Fase 0. Paso 3. Etapa 1: Ordenamiento inicial
(Algoritmo de la búsqueda preferente por profundidad para el caso particular)



NO

Anexo U

Diagrama de flujo Fase 0. Paso 3. Etapa 2: Ordenamiento posterior



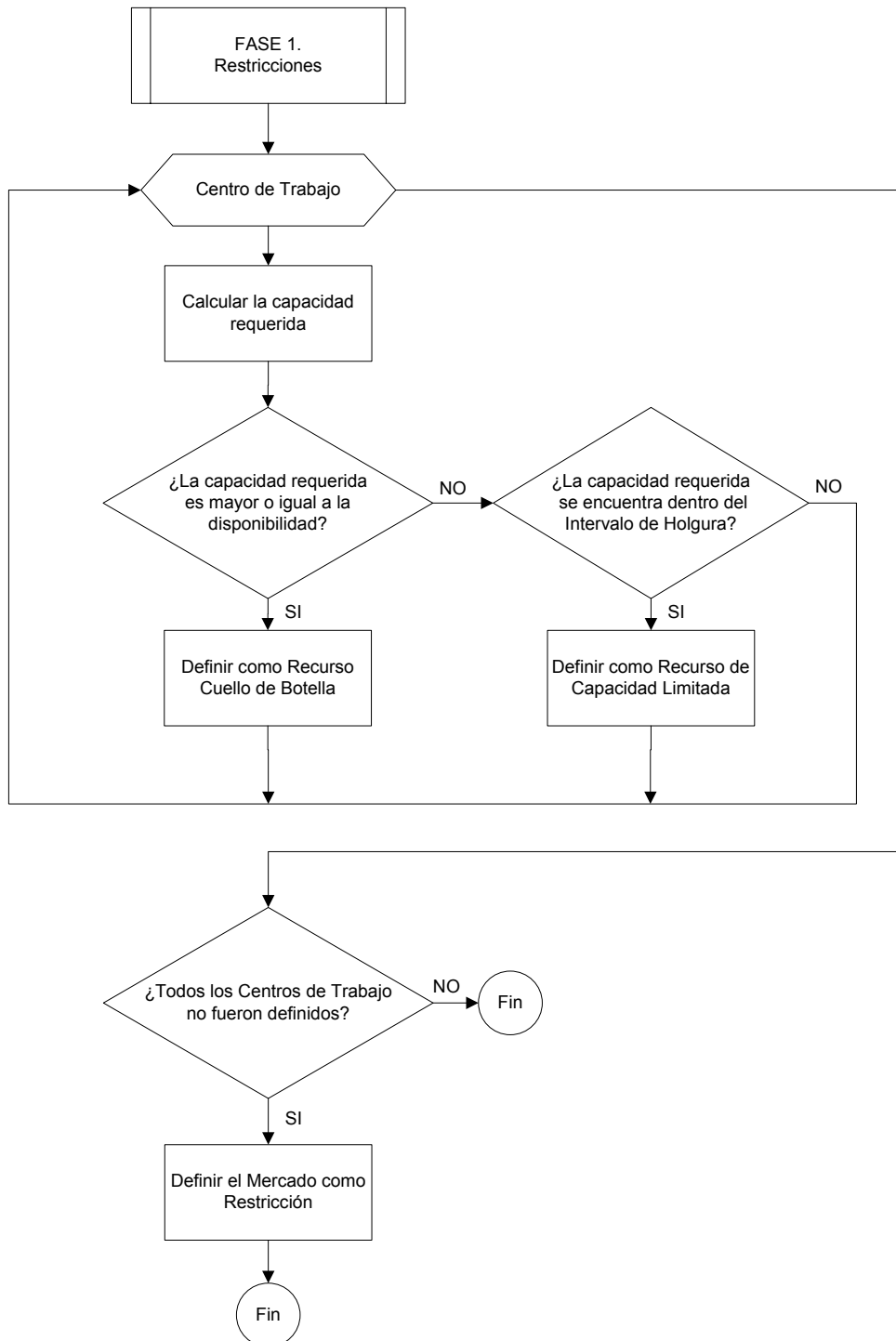
FASE 0
Orden

To
resu

¿Har
todas

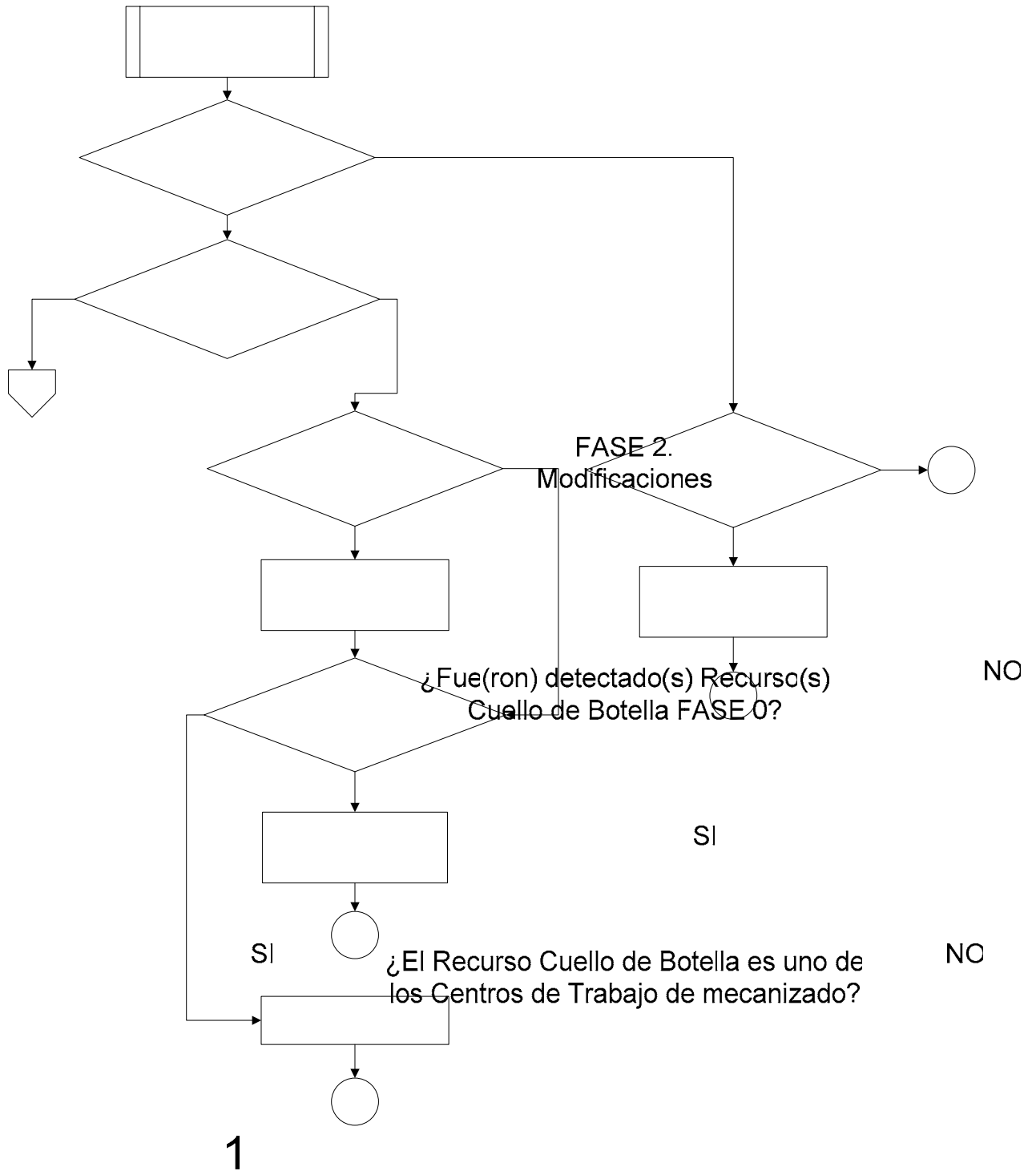
Anexo V

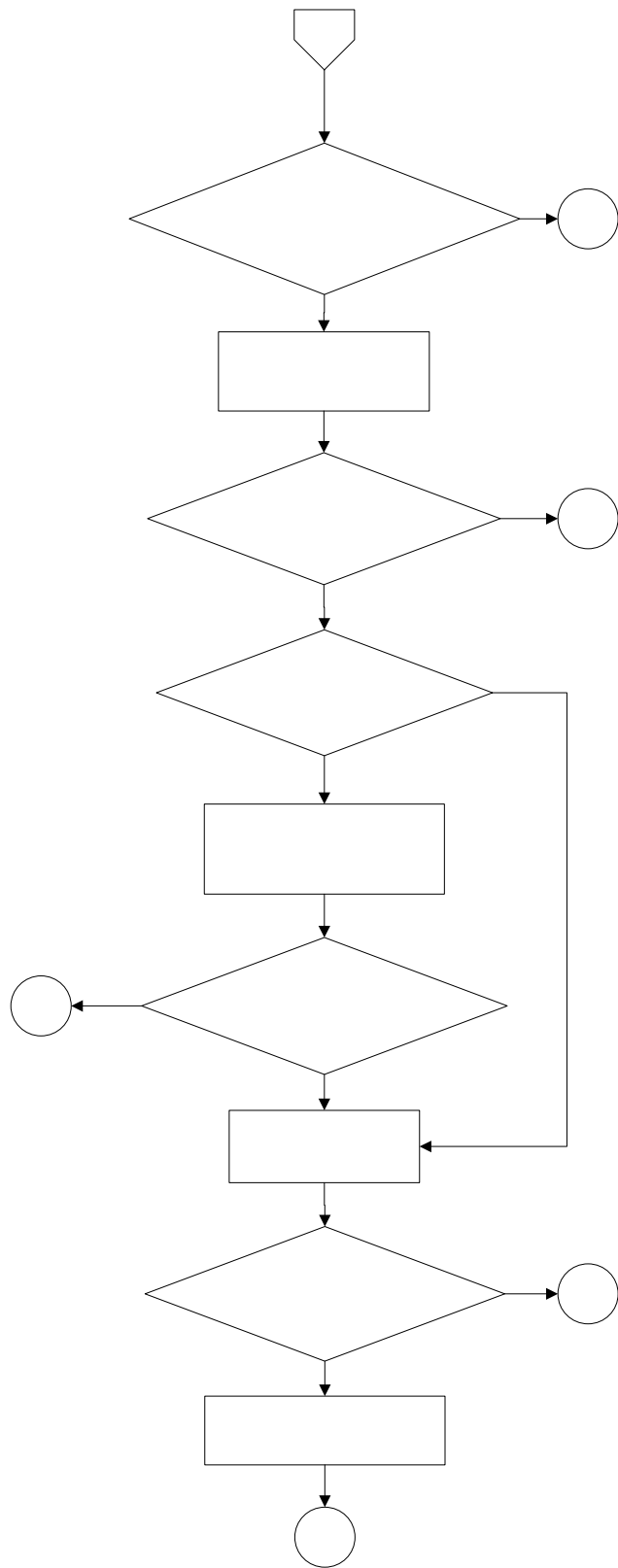
Diagrama de flujo Fase 1: Restricciones



Anexo W

Diagrama de flujo Fase 2: Modificaciones





¿Se desea f
Trabajo enco
dura

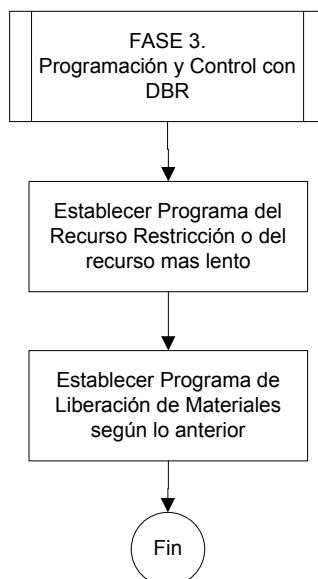
Man
asig

¿Continua el
siendo

¿Se pueco
m

Anexo X

Diagrama de flujo Fase 3: Programación y control con DBR



ANEXO Y

Artículos restringidos a operarse en una sola ruta

Referencia	Nombre	Ruta	Razón
101-4	Gancho Lateral	Suizo	Materia prima
101-2-3-60	Barra Transversa *60	CNC	Materia prima
101-2-3-80	Barra Transversa *80	CNC	Materia prima
101-2-3-100	Barra Transversa *100	CNC	Materia prima
100-2-1-50	Barra longitudinal x 50	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-60	Barra longitudinal x 60	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-70	Barra longitudinal x 70	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-80	Barra longitudinal x 80	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-90	Barra longitudinal x 90	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-110	Barra longitudinal x 110	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-130	Barra longitudinal x 130	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-150	Barra longitudinal x 150	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-180	Barra longitudinal x 180	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-210	Barra longitudinal x 210	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-300	Barra longitudinal x 300	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-2-1-480	Barra longitudinal x 480	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-4-3-M	Gancho laminar mediano	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-4-3-MR	Gancho laminar de red.	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-4-4	Gancho pedicular	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-4-4R	Gancho pedicular de red.	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-4-5	Gancho torácico	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto
100-4-5R	Gancho torácico de red.	CNC	Características geométricas y dimensionales del producto

Anexo Z

Porcentajes de Reducción de los artículos procesados en ambas rutas

Referencia	Nombre	Tiempos (min)		Porcentaje de Reducción (%)
		Ruta CNC	Ruta Suizo	
100-6	Tuerca	5.655	2.664	52.89
100-5-P-CP	Cabeza poliaxial	20.816	3.148	84.88
100-5-P-CPR	Cabeza poliaxial de reducción	32.394	4.864	84.98
100-5-P-EP	Ensamblador poliaxial	9.042	1.285	85.79
100-5-PT-30	Cuerpo poliaxial torácico x 30	28.861	4.270	85.21
100-5-PT-35	Cuerpo poliaxial torácico x 35	29.768	4.794	83.89
100-5-PT-40	Cuerpo poliaxial torácico x 40	30.799	5.232	83.01
100-5-PL-30	Cuerpo poliaxial lumbar x 30	25.251	5.544	78.04
100-5-PL-35	Cuerpo poliaxial lumbar x 35	26.097	5.840	77.62
100-5-PL-40	Cuerpo poliaxial lumbar x 40	26.337	4.791	81.81
100-5-PL-45	Cuerpo poliaxial lumbar x 45	26.554	5.266	80.17
100-5-PL-50	Cuerpo poliaxial lumbar x 50	27.309	5.737	78.99
100-5-MT-30	Tornillo monoaxial 5.0 x 30	23.959	5.339	77.72
100-5-MT-35	Tornillo monoaxial 5.0 x 35	26.062	5.810	77.71
100-5-MT-40	Tornillo monoaxial 5.0 x 40	26.198	6.370	75.69
100-5-MTR-30	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 30	25.793	6.805	73.62
100-5-MTR-35	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 35	27.147	7.244	73.32
100-5-MTR-40	Tornillo monoaxial red. 5.0 x 40	27.147	6.219	77.09
100-5-ML-30	Tornillo monoaxial 6.0 x 30	27.302	6.456	76.35
100-5-ML-35	Tornillo monoaxial 6.0 x 35	26.232	7.266	72.30
100-5-ML-40	Tornillo monoaxial 6.0 x 40	26.530	7.563	71.49
100-5-ML-45	Tornillo monoaxial 6.0 x 45	26.600	5.823	78.11
100-5-ML-50	Tornillo monoaxial 6.0 x 50	26.950	6.616	75.45
100-5-MLR-30	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 30	27.806	7.056	74.62
100-5-MLR-35	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 35	28.126	7.265	74.17
100-5-MLR-40	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 40	28.452	8.001	71.88
100-5-MLR-45	Tornillo monoaxial red. 6.0 x 45	28.909	8.327	71.20
102-1-4	Tuerca de rótula	3.778	2.664	29.49
102-2-L	Shans o pin lumbar medimax	55.458	6.320	88.60

ANEXO 1

Mensaje de salida: Mercado como restricción

MEDIIMPLANTES Ltda. es una empresa restringida por el mercado

En este momento la empresa tiene una excesiva capacidad de producción que no se puede convertir en throughput en las condiciones actuales del mercado y de su funcionamiento. Por ello, las estrategias destinadas a aumentar la producción o a incrementar la productividad, son inútiles.

La estrategia sugerida para MEDIIMPLANTES dada que es una empresa restringida por el mercado, es aumentar la demanda de sus productos. Esto se consigue con la potencialización de sus factores de ventaja competitiva:

- Producir artículos de alta calidad.
- Ofrecer un desempeño superior en el aspecto de las entregas.
- Producir a bajo costo.

ANEXO 2

Tiempo de la operación de Ensamble

NOMBRE	TOTAL (s)	TOTAL (m)
Tornillos Poliaxiales	20.084	0.335

ANEXO 3

Rubros que componen el Indicador Inventarios en MEDIIMPLANTES

CUENTA	DESCRIPCION
	Producto terminado y en proceso ¹⁰³
1455	Materiales y repuestos (materia prima)
1520	Maquinaria y equipo
1524	Equipo de oficina
1528	Equipo de computación y comunicación
1532	Equipo médico - científico
1540	Flota y equipo de transporte
1592	Depreciación acumulada (-)

¹⁰³ Equivale al valor de la materia prima de los productos terminados y en proceso. No tiene asociado a el una cuenta del PUC ya que la contabilidad tradicional no lo maneja de esta manera.

ANEXO 4

Rubros que componen el Indicador Gastos de Operación en MEDIIMPLANTES

CUENTA	DESCRIPCION
51	GASTOS OPERACIONALES DE ADMINISTRACION
5105	Gastos de Personal
5110	Honorarios
5115	Impuestos
5120	Arrendamientos
5125	Contribuciones y Afiliaciones
5130	Seguros
5135	Servicios
5140	Gastos Legales
5145	Mantenimiento y Reparaciones
5150	Adecuación e instalación
5155	Gastos de viaje
5195	Diversos
52	GASTOS OPERACIONALES DE VENTAS
5205	Gastos de personal
5210	Honorarios
5215	Impuestos
5220	Arrendamientos
5230	Seguros
5235	Servicios
5240	Gastos Legales
5245	Mantenimiento y Reparaciones (equipo medico-científico)
5255	Gastos de viaje
5295	Diversos (se incluyen las comisiones)
53	GASTOS NO OPERACIONALES
5305	Financieros (incluye descuentos en venta)
5320	Traslado de costos
5395	Diversos
73	GASTOS DE PRODUCCION
7301	Honorarios
7305	Arrendamientos
7310	Servicios
7315	Mantenimiento y reparaciones
7320	Gastos de viaje
7325	Gastos diversos
7330	Legales
7335	Costos indirectos de fabricación