



*Universidad de Matanzas*

*Facultad de Ciencias Empresariales*

*Tesis en opción al título de Máster en Administración  
de Empresas, Mención Gestión de la Producción y los  
Servicios.*

*Título: Procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en  
la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.*

*Autor: Ing. Rodolfo Martínez Chávez*

*Tutora: DrC. Maylín Marqués León*

*Matanzas, 2019*

*Pensamiento:*

*“Hay que prever y marchar con el mundo. La gloria no es para los que van para atrás, sino para adelante.”*

*José Martí*

## Declaración de Autoridad:

Yo, Rodolfo Martínez Chávez, declaro ser el único autor de esta Tesis en opción al título de Máster en Administración de Empresas y autorizo a la Universidad de Matanzas " a disponer de su uso cuando estime conveniente.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 2019.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

-----  
Firma del presidente del tribunal

-----  
Miembro del tribunal

-----  
Miembro del tribunal

-----  
Miembro del tribunal

Dado en Matanzas, el día \_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 2019.

## **Dedicatoria:**

A mi mamá Niurka por todo el esfuerzo y sacrificio que ha hecho para que yo esté en el lugar que me encuentro ahora. Gracias por todo ese infinito amor que siempre me has brindado y por la confianza que has inspirado en mí. Gracias por ser la mejor mamá del mundo.

## **Agradecimientos:**

A mi Lary por estar a mi lado, sin dudar ni un segundo, enfrentándose a esta travesía que llamamos vida. Gracias por existir y por permitirme disfrutar de tu compañía cada segundo que cuenta el reloj.

A mi tutora por darme el empuje que necesitaba para concluir esta etapa de mi vida.

A mi hermano Cristhian por darme el orgullo y la satisfacción de ver cómo se convierte en un hombre de bien.

A tío Robe por estar ahí, siguiendo cada paso de mi vida para aconsejarme y brindarme todo su apoyo incondicional.

A abuelo por enseñarme desde chiquito el valor del trabajo y de las buenas acciones.

A mi papá “El Yoyo” por guiarme en este mundo de locos en el que vivimos y por mostrarme el camino a seguir. Por enseñarme a desenvolverme en cualquier ambiente.

A Yoel por dibujarle a mi mamá una sonrisa en sus labios y por cuidar a mi familia.

A madrina Nenita por todo el apoyo que nos ha brindado desde que tengo conciencia y mucho antes. Gracias por todo.

A suegra Lucía por su comprensión y por dar a luz a una criatura tan bella.

A mis abuelos paternos Miguel y Cachita por su cariño.

A mis hermanas mayores Adriana y Yaneysis porque a pesar de la distancia ahora estamos más unidos que nunca. Gracias por traer al mundo dos criaturitas tan bellas como mis sobrinas Laurita y Gaby.

## Resumen

El ferrocarril es uno de los transportes terrestres más importante, ha evolucionado notablemente en su diseño y tecnología, además en la programación de sus usos. En Cuba se están dando pasos de avances en este sentido, la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” es un ejemplo de ello, ya que se dedica a la construcción y reparación de los mismos. La presente investigación se desarrolla en el taller de reparaciones de dicha empresa, pues se hace necesario analizar los tiempos de procesamiento de los equipos para optimizar el proceso. Es por ello que el objetivo general es proyectar acciones para la mejora de la planificación de sus operaciones. Para el desarrollo de la investigación se utilizan técnicas y herramientas como: revisión de documentos, entrevistas, diagrama OPERIN, matriz de las relaciones cruzadas, árbol de realidad actual y futura, métodos de previsión de la demanda, cálculo de variación estacional, Método tabular para la determinación del Plan Maestro de Producción, Método Proporcional para el cálculo de capacidad instalada, Método Tabular para el cálculo de los Tiempos Totales de Procesamiento, reglas de despacho para obtención de secuencias de fabricación de artículos, diagrama Gantt y Simulación de procesos. Los softwares más recurrentes fueron: Microsoft Office Visio, Microsoft Office Project, End Note X7 y Rockwell Arena 15.0. Dentro de los principales resultados obtenidos durante la elaboración del presente trabajo contamos con una variedad de técnicas, agrupadas en un procedimiento, que dan respuestas a una serie de problemáticas presentes en los diferentes niveles de la planificación de operaciones en la empresa. Además una vez concluido el estudio se corre una simulación del sistema con el plan de mejoras incluido, la cual demuestra la efectividad de los resultados que se proyectaron.

## **Abstract**

The railroad is one of the most important terrestrial transports, it has evolved notably in its design and technology, also in the programming of its uses. In Cuba steps of advances are giving in this sense, the Rail Industrial Company "José Valdés Reyes" it is an example of it, since it is devoted to the construction and repair of the same ones. The present investigation is developed in the shop of repairs of this company, because it becomes necessary to analyze the times of prosecution of the teams to optimize the process. It is for it that the general objective is to project actions for the improvement of the planning of its operations. For the development of the investigation they are used technical and tools like: revision of documents, interviews, diagram OPERIN, womb of the crossed relationships, tree of current and future reality, methods of demand forecast , calculation of seasonal variation, Tabular Method for the determination of the Master Production Plan, Proportional Method for the of installed capacity determination, Tabular Method for the calculation of the Total Times of Prosecution, rules for obtaining of sequences of production of articles, diagram Gantt and Simulation of processes. The most recurrent softwares were: Microsoft Office Visio, Microsoft Office Project, End Notices X7 and Rockwell Sand 15.0. The main results obtained during the elaboration of the present work were a variety of technical, contained in a procedure that give you answers to a series of present problems in the different levels of the planning of operations in the company. Also once concluded the study one runs a simulation of the system with the included plan of improvements, which demonstrates the effectiveness of the results that they were projected.



# Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1. Marco teórico referencial.....	7
1.1 El sector ferroviario .....	8
1.1.1 El sector ferroviario en Cuba.....	8
1.1.2 Normativas del sector ferroviario en Cuba.....	9
1.1.3 Perspectivas del sector ferroviario en América Latina .....	10
1.2 Administración de operaciones.....	11
1.2.1 Funciones de la administración de operaciones .....	15
1.3 Previsión de la demanda .....	16
1.4 Capacidad.....	17
1.5 Planeación agregada .....	19
1.5.1 Plan Maestro de Producción .....	19
1.6 Programación de las operaciones .....	19
1.6.1 Funciones de la programación de las operaciones.....	21
1.6.2 Procedimientos para la programación de operaciones. ....	22
1.7 Conclusiones parciales.....	25
Capítulo 2. Procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes .....	26
2.1 Procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones .....	26
Etapa I. Caracterización y clasificación de la entidad objeto de estudio.....	26
Etapa II. Descripción del flujo productivo del taller .....	28
Etapa III. Diagnóstico de la planificación de operaciones .....	31
Etapa IV. Aplicación de métodos de gestión de operaciones para su mejora. ....	34
Etapa V. Propuesta de acciones de mejora para la planificación de las operaciones .....	42
2.2 Conclusiones parciales.....	45

Capítulo 3. Aplicación del procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” .....	46
Etapa I. Caracterización y clasificación de la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” .....	46
Etapa II. Descripción del flujo productivo del taller .....	47
Etapa III. Diagnóstico de la planificación de operaciones.....	48
Etapa IV. Aplicación de métodos de planificación de operaciones para su mejora.....	52
Etapa V. Propuesta de acciones de mejora para la mejora de la gestión de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”. .....	63
3.1 Conclusiones parciales.....	67
Conclusiones generales.....	68
Recomendaciones .....	69
Bibliografía.....	70
Anexos .....	77

## Introducción

El ferrocarril es un medio de transporte con ventajas comparativas en ciertos aspectos, tales como su rapidez, el consumo de combustible por tonelada/kilómetro transportada, la entidad del impacto ambiental que causa o la posibilidad de realizar transportes masivos, que hacen relevante su uso en el mundo moderno (Falcón, 2015).

El mismo autor lo clasifica como un medio rápido, económico y más seguro. El ser humano constantemente demanda bienes y servicios, lo cual promueve el aumento de la productividad, gracias a este se puede trasladar bienes y servicios a las poblaciones lejanas, a fin de satisfacer sus necesidades.

Los países más desarrollados del mundo hacen importantes inversiones en sus sistemas ferroviarios, único sistema de transporte terrestre con enorme capacidad de transportar personas o cargas con bajo impacto para el medio ambiente, con una pequeña tasa de siniestralidad y con alta eficacia en los traslados (Falcón, 2015).

Durante muchos años, el ferrocarril fue el medio de transporte que soportó sobre sus hombros el peso del desarrollo económico de Cuba, además de ser la solución menos costosa para el movimiento de pasajeros, hace algunos años ya, en Cuba se transportaba 30 millones de pasajeros al año, hoy lo hacen un aproximado de solo 10 millones, lo que demuestra la decadencia del mismo, influyendo en esto diversas variables (Fuentes, 2014).

A casi dos siglos de su introducción, el sistema ferroviario de la isla comienza a recuperar poco a poco su vitalidad, tras varias décadas de una profunda crisis económica que casi lo lleva a la extinción (Fuentes, 2014).

El sistema ferroviario trae consigo muchísimas ventajas, que hacen que se vuelva una urgente necesidad la de rescatar este sector en Cuba. Algunas de estas son: gran capacidad, ya que permite el transporte de grandes cantidades de mercancías en largos recorridos, los costos de la operación son, por lo general, bastante bajos; flexibilidad, ya que es posible transportar variedades de mercancías; baja siniestralidad; poco contaminante; en comparación con el transporte por carretera, evita los problemas de la congestión de tráfico; posibilidad de intermodalidad con otros métodos de transporte y segmentación de productos, o sea, productos de poco peso y mucho volumen o de mucho peso y poco volumen cuyo transporte idóneo es el ferrocarril. Por todas estas ventajas que presenta el sistema ferroviario, tanto para la economía

como para la sociedad del país, hacen que sea necesario rescatarlo y continuar desarrollándolo (Ferrari, 2013).

El mundo actual presenta como cualidad más importante de las empresas su competitividad, la cual constituye la condición esencial para su supervivencia. Llegar a ser competitivas no resulta de un camino fácil, ya que es necesario vencer una gran cantidad de obstáculos pues los sistemas productivos contemporáneos están sometidos a un gran número de exigencias, entre ellas la de dar respuesta, en el tiempo más breve posible, a las necesidades de sus clientes, las que cada vez son más diversas e individualizadas (Stoner, J. , 2007).

La aptitud de una empresa radica en su capacidad de operar en una situación de cambio continuo del entorno de forma tal que garantice un nivel de satisfacción del cliente y un nivel de eficiencia del sistema por encima de sus competidores (Chen, 2016). Para lograr dar respuesta rápida a los requerimientos de los clientes, las empresas deben estar provistas de una alta capacidad de reacción que les permita satisfacerlos con el producto o servicio que este demanda, en el momento que lo demanda y con la calidad y precios deseados (Guo, 2016).

La administración de operaciones es el proceso de transformación que convierte los insumos (personal, tecnología, capital, equipo, materiales e información) y los transforma a través de diversos procesos, procedimientos, actividades laborales, etc., en productos y servicios terminados (Lorenzo, 2007). Es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones y se relaciona con la producción de bienes y servicios (Ortiz-Triana and Caicedo-Rolón, 2015).

La administración de operaciones procura asegurar de forma rápida, ágil y sencilla el abordaje de los problemas empresariales desde una visión centrada en el proceso, la capacidad, el inventario, la fuerza de trabajo y la calidad. En este sentido, supone el cambio de la organización basado en la implicación de las personas para mejorar los resultados de la misma; un cambio que trata de construir una nueva realidad, no de destruir la anterior (Marqués León, M. , 2013).

La administración de operaciones ha sido un elemento medular para el incremento de la productividad que han registrado empresas de todo el mundo. Para crear una ventaja competitiva con las operaciones es preciso comprender cómo la función de operaciones y suministro contribuye a incrementar la productividad. En las empresas de hoy están de moda tres temas: la administración de la cadena de suministro, el Six-Sigma y los sistemas de planeación de los recursos de la empresa. Muchos de los temas de la administración de operaciones y suministro deben abordarse con un enfoque global. La mejor manera de administrar las operaciones y el suministro es mediante una considerable integración de diversas funciones. La contabilidad, las

finanzas, el marketing, la administración de los recursos humanos, las compras, la logística y la ingeniería repercuten en la manera que las compañías manejan sus operaciones. Es muy importante el enlace entre la administración de operaciones y suministro y el éxito competitivo de la empresa. Las actividades de las operaciones y el suministro de la empresa deben apoyar, en términos estratégicos, las prioridades competitivas de la empresa. Para que una empresa no deje de ser competitiva, todas las actividades de operaciones deben reforzar su estrategia. Las compañías que son fuertes en términos de operaciones pueden generar más utilidad por cada unidad de moneda de ventas y, por lo tanto, resultan inversiones atractivas. (Chase, Richard B. and Jacobs, F. R; 2011)

La programación de operaciones es una de las funciones o áreas de la administración de operaciones, la cual consiste en identificar, organizar y ordenar en secuencia lógica, todas las actividades derivadas de un proyecto, programa o plan de producción y ubicarlas a la altura del tiempo en que se realizan, dentro del tiempo total del proyecto. Lo anterior implica preservar las relaciones de interdependencia de las actividades, así como asignar tiempos, responsables de ejecución y comprobación de recursos para cada una de las actividades ((MITRANS), 1999a).

La programación de las operaciones determina en gran medida el nivel de servicio al cliente. Componentes del servicio como el cumplimiento a la fecha de entrega, el tiempo de entrega y el costo se ven afectados por las decisiones que tomen los responsables del proceso en términos de secuenciación de los pedidos, asignación de tareas a máquinas y a personas y programación de tiempo extra. También incide en los días de atraso y en el tiempo de ciclo de la orden. Los proyectos de programación de operaciones exigen un alto compromiso de todas las personas involucradas, la correcta sincronización de los procesos de apoyo y el realizar un análisis de las posibles barreras políticas, culturales, tecnológicas, de información y físicas, para realizar acciones que reduzcan el riesgo de ocurrencia. Además, tener presente los problemas de calidad que afectan directamente la ejecución del proceso de programación(Adam and Ebert, 2012).

Impulsar el programa de recuperación y desarrollo del ferrocarril dentro del proceso inversionista del país, considerar fuentes de financiamiento a largo plazo, culminar el perfeccionamiento del sistema, con énfasis en el rescate de la disciplina en el funcionamiento de la actividad ferroviaria, constituye uno de los Lineamientos a seguir de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 (Lineamientos del Partido Cuba, 2011).

El Perfeccionamiento Empresarial se integrará a las políticas del Modelo Económico a fin de lograr empresas más eficientes y competitivas, precisamente por el objetivo de este lineamiento

se rige la política de la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes, la cual es una entidad estatal cubana miembro del Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica (GESIME), que pertenece al Ministerio de Industria, ubicada su sede principal en Carretera a Máximo Gómez Km. 1½, en la Ciudad de Cárdenas, Provincia Matanzas.

En la actualidad bajo nuevas condiciones históricas y necesidades del país, la entidad se centra en la tarea de reparación de equipos ferroviarios de carga, para responder a estas necesidades encausa su desarrollo en función de lograr un mayor aprovechamiento de las materias primas y el cumplimiento de su plan de producción, por lo que la misma se encuentra actualmente en un proceso de reorganización y revitalización.

A partir de entrevistas a directivos de la empresa, revisión de documentos como: actas del consejo de dirección, informes de calidad y más de 15 trabajos de curso y 8 tesis de diploma precedentes de estudiantes de Ingeniería Industrial<sup>1</sup> y del banco de problemas de la empresa se constatan un número de deficiencias en la planificación de las operaciones como:

- ❖ No existencia de procedimientos de previsión de la demanda.
- ❖ No se elabora el plan maestro de producción.
- ❖ Desconocimiento de la capacidad instalada.
- ❖ Mala planificación de los recursos (existe una deficiente planificación de los recursos por un déficit de pronósticos de demanda y baja calificación de los empleados, lo cual causa retrasos en los tiempos de entrega de los equipos)
- ❖ Desconocimiento de la cantidad y modelos de equipos a reparar con previa antelación.
- ❖ Falta de documentación en los puestos de trabajo (no existe una suficiente documentación de los puestos de trabajo, lo que impide el buen desempeño de la actividad laboral)
- ❖ No conformidades de producto terminado.

La UEB Construcción y Reparaciones Ferroviarias está subdividida en dos talleres principales: Construcción de partes y piezas; y Reparación de equipos ferroviarios. El primero está compuesto por las brigadas de Maquinado, Corte y conformado, y Subconjuntos; y el segundo por las brigadas: Sistema de tracción y choque, Sistema de freno, Estructura y Pintura. Dentro de las principales deficiencias detectadas podemos citar que falta información gráfica en las brigadas del taller, no existen líneas para el parqueo de la producción terminada y falta de organización y

---

<sup>1</sup> Los cuales fueron asesorados por el autor de esta investigación en su función de profesor a tiempo parcial de la carrera de Ingeniería Industrial y representante de la misma en la empresa.

planificación de las tareas administrativas. Además, se detectó la falta de procedimientos para las funciones de previsión de la demanda, planeación agregada, secuenciación y temporización de manera global. Durante la revisión bibliográfica se constató que, aunque se ha trabajado en esta esfera no existe un proceder que abarque y analice la UEB como sistema, sino investigaciones de carácter similar que solamente se enfocaban en el estudio de los principales productos.

La situación anterior evidencia la necesidad de un estudio que brinde a la empresa un proceder, de acorde a las características de su sistema productivo, que le permita ser efectivos a la hora de administrar sus operaciones principales. Lo antes planteado posibilitó la propuesta del siguiente **problema científico**:

Las deficiencias en la planificación de operaciones en la Empresa Industrial José Valdés Reyes impiden aprovechar las reservas de productividad existentes en sus procesos clave. Se pretende dar respuesta al problema, a través de la siguiente **hipótesis**:

Si se aplica un procedimiento para la planificación de operaciones en la Empresa Industrial José Valdés Reyes se logrará un mejor aprovechamiento de las reservas de productividad en los procesos clave.

*Variable Independiente:*

Procedimiento para la planificación de operaciones

*Variable Dependiente:*

Aprovechamiento de las reservas de productividad

**El objetivo general** está encaminado a:

Aplicar un procedimiento de planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” que logre un mejor aprovechamiento de las reservas de productividad en los procesos clave.

**Objetivos específicos:**

1. Sintetizar los referentes teóricos y metodológicos relacionados con la administración de operaciones, en particular con las funciones de previsión, planeación agregada, capacidad, programación de operaciones en las empresas y simulación de procesos.
2. Estructurar un procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.

3. Aplicar el procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” y evaluar a través de la simulación el aprovechamiento de las reservas de productividad en el proceso de reparación de equipos ferroviarios de carga.

La presente investigación se estructura de la siguiente forma:

**Capítulo I:** Marco teórico donde se exponen una serie de elementos sobre la gestión de las operaciones, métodos de previsión de la demanda, planeación agregada, capacidad, programación de operaciones en las empresas, así como los diferentes métodos y condiciones para su uso. Además, se resumen elementos relacionados con el sector ferroviario.

**Capítulo II:** Descripción del procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.

**Capítulo III:** Aplicación del procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.

Para el desarrollo de la investigación se utilizan técnicas y herramientas como: revisión de documentos, entrevistas, diagrama OPERIN, matriz de las relaciones cruzadas, árbol de realidad actual y futura, métodos de previsión de la demanda, cálculo de variación estacional, Método tabular para la determinación del Plan Maestro de Producción, Método Proporcional para el cálculo de capacidad instalada, Método Tabular para el cálculo de los Tiempos Totales de Procesamiento, reglas de despacho para obtención de secuencias de fabricación de artículos, diagrama Gantt y Simulación de procesos. Los softwares más recurrentes fueron: Microsoft Office Visio, Microsoft Office Project, End Note X7 y Rockwell Arena 15.0.

El estudio cuenta con un total de 99 bibliografías de las cuales el 9% está en otro idioma, el 22% es de los últimos 5 años y el 34% es de los últimos 20 años.



## Capítulo 1. Marco teórico referencial

En este capítulo se exponen elementos de gran importancia que facilitan el entendimiento del presente estudio. En la figura 1.1 se muestra el hilo conductor para la elaboración del marco teórico referencial.

Figura 1.1 Hilo conductor de la investigación.



*Fuente: Elaboración propia.*

## 1.1 El sector ferroviario

El ferrocarril, “el camino de hierro” de los franceses o “el burro de carga” de los alemanes, de un tiempo a la fecha se ha situado nuevamente como el transporte terrestre más importante del mundo, evolucionando notablemente tanto en su diseño y tecnología, como en la programación de sus usos; lo que ha logrado como consecuencia, incrementar la eficiencia de su destino y por tanto, la justificación económica y social de su uso, rescatando así, su lugar como medio de transporte ya sea de carga o como pasajero. Generaciones de ferroviarios han conseguido desarrollar un modo de transporte técnicamente muy eficaz. En efecto, el ferrocarril ofrece hoy un altísimo grado de seguridad, una notable eficiencia energética, una singular capacidad de transporte y una imbatible comodidad para los viajeros. Estos atributos han sido muy importantes en el pasado, y suficientes como para permitir la supervivencia de este modo de transporte durante tanto tiempo (García - Álvarez, 1998).

El único sistema de transporte terrestre que tiene enorme capacidad de transporte de personas y/o cargas sin atacar el medio ambiente, con muy poco consumo de combustible no renovable, sin accidentes y alta seguridad en el traslado es el ferrocarril (Aguilar, 2017).

El mismo posee grandes ventajas, algunas de estas son gran capacidad, ya que permite el transporte de grandes cantidades de mercancías en largos recorridos, los costos de la operación son, por lo general, bastante bajos, gran flexibilidad pues permite transportar variedades de mercancías, baja siniestralidad, poco contaminante, posibilidad de inter modalidad con otros métodos de transporte y en comparación con el transporte por carretera, evita los problemas de la congestión de tráfico (Arango - Serna, 2010).

### 1.1.1 El sector ferroviario en Cuba

El ferrocarril se gestó en las postrimerías del siglo XVIII y los inicios del XIX en el contexto de la Revolución Industrial que tuvo su centro en las regiones fabriles y mineras europeas. Esta invención surgió a partir de un proceso de creación colectiva basado en el perfeccionamiento de varias innovaciones precedentes, lo cual posibilitó en 1825 la inauguración del primer ramal ferroviario en Gran Bretaña (Lloga Fernández, 2016).

Desde el siglo XVIII, coincidiendo con el auge azucarero cubano, la sacarocracia<sup>2</sup> criolla cifró sus esperanzas en una línea férrea que reduciría a la mitad de los gastos de transporte del azúcar.

---

<sup>2</sup> Aristocracia azucarera

Con el ferrocarril triunfaban las ideas progresistas de la sociedad criolla frente al dogmatismo de la gobernación española. De esta manera surge hace más de 177 años el ferrocarril en Cuba. Su construcción comenzó en 1835 y su inauguración el 19 de noviembre de 1837, comenzando una nueva era en el desarrollo económico y el comienzo de la industrialización del país. Al inaugurarse, Cuba se situó en el segundo país en América Latina y en la séptima nación del mundo en poseer este adelanto científico-técnico, solo antecedido por Inglaterra, Estados Unidos, Francia, Austria, Bélgica y Rusia (Arroix Jiménez and Jimenez Vega, 2017)

La estructura socioeconómica erigida en la Isla de Cuba en la primera década del XX, implicó profundos cambios, siendo la economía el punto clave de los grandes monopolios extranjeros, cuyos intereses se encontraban en el desarrollo del ferrocarril y el azúcar (Arroix Jiménez and Jimenez Vega, 2017).

La introducción del ferrocarril en Cuba representó un verdadero hito desde el punto de vista socio-económico, territorial y urbano. Este adelanto tecnológico alivió las ingentes necesidades de comunicación entre las zonas productivas del interior de la Isla y los puertos para la exportación e importación, al mismo tiempo que estableció un nuevo sector de la economía basado en el trasiego de cargas y pasajeros (Lloga Fernández, 2016).

### **1.1.2 Normativas del sector ferroviario en Cuba**

La normación es una necesidad debido a su importancia en la realización de cualquier tarea, es por ello que el Ministerio del Transporte se dio a la tarea de confeccionar una serie de normativas por las cuales se rige el sector ferroviario. A continuación, se muestra una lista de las mismas:

- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 63: 2004 ((MITRANS), 2004). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Requisitos de circulación para equipos de Arrastre.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 58: 2002 ((MITRANS), 2002a). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Reglas para marcar los equipos ferroviarios.
- ❖ Norma Ramal NRMT 82: 2006 ((MITRANS), 2006a). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Codificación de los equipos de tracción y de arrastre ferroviarios.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 48: 2002 ((MITRANS), 2002b). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Reglas para la limpieza y fregado de los equipos ferroviarios.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 59: 2002 ((MITRANS), 2002c). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Preparación de superficies y aplicación de pinturas en los equipos ferroviarios.

- ❖ Ramal Obligatoria NRMT 96: 2005 ((MITRANS), 2005a). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Revisiones técnicas de vagones, inspección, recepción, despacho y control.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 112: 2006 ((MITRANS), 2006b). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Clasificación de vagones de carga.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 19: 2000 ((MITRANS), 2000a). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Frenos manuales. Calzos metálicos y de madera. Requisitos de seguridad en su empleo.
- ❖ Ramal Obligatoria NRMT 78: 2003 ((MITRANS), 2003). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Fabricación, ensayos y empleo de mangueras de aire del freno.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 2: 1999 ((MITRANS), 1999b). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Frenos neumáticos de equipos de arrastre y tractivos. Requisitos técnicos.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 18: 2000 ((MITRANS), 2000b). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Diagnóstico técnico para equipos tractivos. Requisitos generales.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 36: 2001 ((MITRANS), 2001). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Locomotoras diésel. Requisitos para la seguridad de circulación.
- ❖ Norma Ramal Obligatoria NRMT 103: 2005 ((MITRANS), 2005b). Transporte Ferroviario. Material Rodante. Requisitos de explotación, mantenimiento y reparación del equipamiento del sistema de frenos.

### **1.1.3 Perspectivas del sector ferroviario en América Latina**

Son muchas las perspectivas que tiene el sector ferroviario en América Latina. Entre los países con mayor red ferroviaria en el mundo encontramos cinco latinoamericanos: Argentina, Brasil, México, Chile y Cuba, (Muñoz -Negrón, 2009).

En México en el recién celebrado foro sobre las perspectivas del sector ferroviario ante la apertura energética, organizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) por conducto de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF), permitió analizar muchas de sus oportunidades y retos, con la idea de capitalizar las ventajas del transporte por ferrocarril como herramienta para implementar con éxito la reforma energética. Cada una de las ventajas del transporte ferroviario constituyen la fortaleza de este medio para competir en el traslado de hidrocarburos y que es necesario trabajar de manera coordinada con autotransporte y convertirse en modos de transporte eficientes y complementarios. Las inversiones públicas y privadas

acumuladas en el sector del 2013 a la fecha suman casi 100,000 millones de pesos, cifra sin precedente en la que la inversión pública representa 68% del total. Todo ello abona a fortalecer el ferrocarril, que es un elemento esencial en el objetivo del gobierno del señor presidente de la República, licenciado Enrique Peña Nieto, consistente en convertir a México en una plataforma logística global que capitalice su privilegiada ubicación geográfica (Ferroviario, 2017).

En Cuba, en la transportación ferroviaria actualmente se realizan gestiones para adquirir 240 coches de pasajeros, la mayoría de estos climatizados, lo cual permitirá alcanzar mayores niveles de confort, así como una mejor atención y calidad en el servicio. En estos momentos se monitorea el desempeño de las cooperativas aprobadas en esta esfera, con el fin de lograr una adecuada aplicación de esta forma de gestión ((MITRANS), 2013).

La inversión extranjera en el sector ferroviario cubano es una de las líneas dirigidas a soportar y apoyar el programa de recuperación del ferrocarril en la isla. Entre las inversiones se encuentra el proyecto de rehabilitación de las vías férreas con el apoyo de una sucursal rusa en Cuba, que garantizará el suministro, construcción y fungirá como contratista principal de la obra. Existen otros planes con empresas francesas sobre la reparación y puesta en explotación de los talleres de locomotoras Camagüey y Luyanó. Unido a ello, en esa área la obra de mayor envergadura se realiza con firmas rusas en el taller de reparación Ciénaga, en La Habana, para la construcción de una moderna planta de locomotoras. La Unión de Ferrocarriles de Cuba (UFC) está enfrascada en revitalizar los volúmenes de carga y de pasajeros, para ello, en los años 2016 y 2017 se adquirieron unos 588 vagones, y para 2018 está previsto el arribo de otros 203 equipos(Aguiar, 2017).

## **1.2 Administración de operaciones**

La palabra administración que proviene del latín ad, hacia, dirección, tendencia y minister, subordinación, obediencia, es la ciencia social y técnica encargada de “prever, organizar, dirigir, coordinar y controlar” los recursos (Fayol, 1916). En resumen, se puede plantear que la administración es un proceso que permite planificar, organizar, liderar y controlar los recursos (humanos, materiales, técnicos y financieros) con los que cuenta una organización, de manera eficaz y eficiente, para poder alcanzar los objetivos, la misión y la visión que ésta se ha planteado (Marqués León, M., 2009).

Según (Negrín Sosa, 2003)los términos producción/operaciones pueden definirse como un proceso de creación de productos (bienes y/o servicios) a partir de unos factores productivos. En

el mismo se crea valor pues los productos creados (outputs) presentan una mayor utilidad que los factores productivos empleados para su creación (inputs), siendo las operaciones el núcleo de todo sistema económico.

Las operaciones transforman insumos en bienes y/o servicios mediante la tecnología del proceso, que es el método particular que se utiliza para hacer la transformación. Si se cambia la tecnología, se altera la manera en que se utiliza un insumo en relación con otro, y también pueden cambiar los productos resultantes (Marqués León, M., 2009).

Los cambios que ha registrado la administración de operaciones han sido verdaderamente revolucionarios y el ritmo de su avance no exhibe señal alguna de que se vaya a moderar. En una economía global cada vez más interdependiente e interconectada, el proceso de trasladar los suministros y los bienes terminados de un lugar a otro tiene lugar gracias a una apabullante innovación tecnológica, ingeniosas aplicaciones nuevas de viejas ideas, unas matemáticas aparentemente mágicas, un software muy potente y los viejos concretos, acero y músculo (Chase, B. R. *et al.*, 2014)

La administración de operaciones es la toma de decisiones que abarca el diseño, planificación y control de muchos de los factores que afectan las operaciones, decisiones que pueden incluir cuáles productos producir, qué dimensión va a tener la instalación a construir, cuántas personas contratar y qué métodos utilizar para mejorar la calidad (Fernández- Sánchez, 1993). En la Tabla 1.1 se muestran algunos conceptos de administración de operaciones según varios autores.

Tabla 1.1. Definiciones de Administración de Operaciones.

Autores	Definiciones de Administración de Operaciones
(Fernández- Sánchez, 1993)	Es la toma de decisiones que abarca el diseño, planificación y control de los muchos factores que afectan las operaciones. Decisiones que pueden incluir cuáles productos producir, qué dimensión va a tener la instalación a construir, cuántas personas contratar y qué métodos utilizar para mejorar la calidad.
(Companys - Pascual, 1989 )	Es el subsistema de gobierno y de control del sistema físico. Habitualmente se asocia el concepto de gestión, también llamado <u>Management</u> (Administración o Dirección), al conjunto de planificación, organización y control.
(Koontz <i>et al.</i> , 2004)	Actividades necesarias para producir y entregar un servicio como un producto físico.
(Gaither and Frazier, 2000)	Es la administración del sistema de producción de una organización, que convierte insumos en productos y servicios.
(Negrín Sosa, 2003)	Es una ciencia que tiene como objetivo la planificación, organización y control de los procesos, utilizando los medios necesarios para lograr la producción de bienes o servicios.

Fuente: Elaboración propia en aproximación a (Marqués León, M. , 2013; Lao- León *et al.*, 2015).

Tabla 1.1. Definiciones de Administración de Operaciones (continuación).

Autores	Definiciones de Administración de Operaciones
(Parra Ferié, 2005)	Tiene como objeto principal la obtención de bienes y/o servicios.
(León- Delgado, 2017)	Actividad administrativa compleja que incluye planificar la producción, organizar los recursos, dirigir las operaciones y el personal y vigilar la actuación del sistema.
(Render and Heizer, 2009)	Son las actividades que se relacionan con la creación de bienes y servicios a través de la transformación de insumos en salidas.
(Lorenzo, 2007)	La administración de operaciones es el proceso de transformación que convierte los insumos (personal, tecnología, capital, equipo, materiales e información) y los transforma a través de diversos procesos, procedimientos, actividades laborales, etcétera, en productos y servicios terminados.
(Schroeder, R. , 2011)	Es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones y se relaciona con la producción de bienes y servicios.
(Chase, Richard B. and Jacobs, 2011)	El diseño, operación y mejoramiento de los sistemas que crean y proporcionan los productos y servicios primarios de una empresa.
(Marsán - Castellanos <i>et al.</i> , 2008)	Se refiere a la dirección y el control de los procesos mediante los cuales los insumos se transforman en bienes y servicios terminados.
(Mascott- Pérez, 2017)	Se establece sobre el sistema físico o de transformación, que tiene como meta la utilización de unos medios necesarios para alcanzar los objetivos previamente propuestos.
(Medina- León <i>et al.</i> , 2001)	Diseño, dirección y control sistémico de los procesos que transforman los insumos en servicios y productos destinados a clientes internos o externos.

Fuente: *Elaboración propia en aproximación a* (Marqués León, M. , 2013; Lao- León *et al.*, 2015).

La definición de administración de operaciones contiene conceptos claves, como los de recursos, sistemas y transformación y actividades de valor agregado, los mismos se muestran en la Tabla 1.2.

Decisiones estratégicas de la administración de operaciones(Heizer and Render, 2016):

- ❖ Diseño de bienes y servicios
- ❖ Administración de la calidad
- ❖ Estrategia del proceso
- ❖ Estrategias de localización
- ❖ Estrategias de distribución de instalaciones
- ❖ Recursos humanos
- ❖ Administración de la cadena de suministro
- ❖ Administración de inventarios
- ❖ Programación

❖ Mantenimiento

Tabla 1.2. Conceptos claves de la definición de administración de operaciones.

Conceptos claves	Explicación o fundamentación
Recursos	Son las personas, los materiales y el capital
Sistemas	Son arreglos de componentes diseñados para lograr los objetivos fijados en los planes. (Nuestro medio social y económico contiene muchos niveles de sistemas y subsistemas, los cuales a su vez componentes de sistemas mayores. Tenemos un sistema económico de libre empresa. Las empresas, que son los elementos componentes de ese sistema, contienen funciones de administración de personal, ingeniería, finanzas, operaciones y mercadotecnia, y todas ellas son subsistemas de las empresas).
Transformación y actividades de valor agregado	Combinan y transforman los recursos usando alguna forma de tecnología (mecánica, química, médica, electrónica, etc.). Esta transformación crea nuevos bienes y servicios con un mayor valor para los consumidores que los gastos de adquisición y procesado que tiene la organización.

Fuente: Referido en (Morales Higuera, s.a(a)).

Según (Chacón López and Zavaleta León, 2014) las responsabilidades de la administración de operaciones son las siguientes:

- ❖ Conseguir todos los insumos necesarios y trazar un plan de producción que utilice efectivamente los materiales, la capacidad y los conocimientos disponibles en las instalaciones de la empresa productora.
- ❖ Dada una demanda en el sistema, programar y controlar el trabajo para producir los bienes y servicios requeridos.
- ❖ Ejercer control sobre los inventarios, la calidad y los costos. Por tanto, las instalaciones deben mantenerse a sí mismas.

La administración de operaciones, como campo de estudio, trata de la producción de bienes y servicios. Sin una administración de operaciones eficaz, una sociedad industrializada moderna no puede existir (Ortiz-Triana and Caicedo-Rolón, 2015).

En la literatura internacional y nacional es reconocida también con los términos de dirección de operaciones y gestión de operaciones, sin que existan diferencias significativas en su esencia y contenido. Durante sus primeros años, estuvo relacionada a la producción manufacturera; sin embargo, la creciente importancia económica de una gama de actividades comerciales, no



manufactureras, permitió incrementar el alcance de la administración de operaciones (Negrín Sosa, 2003).

A continuación, se muestra un resumen de lo planteado según (Marqués León, M. , 2013): tiene como objetivo principal la administración de los procesos de producción de bienes y servicios (Koontz *et al.*, 2004); (Gaither and Frazier, 2000); (Robbins, 2005); (Parra Ferié, 2005); (Render and Heizer, 2009); (Negrín Sosa, 2010); (Schroeder, R. , 2011); (Krajewski *et al.*, 2012) a través de la transformación de insumos en salidas (Render and Heizer, 2009) y la utilización de los medios necesarios para alcanzar los objetivos previamente propuestos (Everet, 1991), (Negrín Sosa, 2010).

Es considerada como el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones (Vonderembse and White, 1988); (Parra Ferié, 2005); (Schroeder, R. , 2011). Incluye planificar la producción, organizar los recursos, dirigir las operaciones y el personal, y vigilar la actuación del sistema (controlar) (Stoner, J., 1996).

Constituye una base poderosa para el diseño y análisis de las operaciones y abarca las áreas de: producto, proceso, capacidad, inventario, recursos humanos y calidad; las que proporcionan la estructura necesaria para el funcionamiento de los gestores de operaciones (Parra Ferié, 2005).

La administración de operaciones es de vital importancia, pues la misma abarca tanto los servicios como la manufactura, maneja eficientemente la productividad y desempeña un rol estratégico en el éxito competitivo de una organización (Vilcarromero Ruiz, 2013).

El estudio de las funciones de la administración de operaciones es de vital importancia para las empresas, ya que esta brinda una vía para la optimización de los procesos de producción, como es el caso de la reparación de equipos ferroviarios.

### **1.2.1 Funciones de la administración de operaciones**

La administración de operaciones es una ciencia de mucha importancia para el bienestar de las organizaciones, pero existe una gran diversidad de criterio entre autores en cuanto a las funciones de la misma. En la Tabla 1.3 se exponen diferentes opiniones de varios autores.

Después de un análisis de la tabla anterior, según las coincidencias entre los autores se definen como funciones de la administración de operaciones: pronóstico, capacidad, planeación agregada, planeación maestra, control de la producción y la programación de las operaciones.

Tabla 1.3. Funciones de la administración de operaciones.

Autor	Funciones de la administración de operaciones
(Kruijff <i>et al.</i> , 2018)	Planeación agregada, programación maestra, programación, control, capacidad, administración de inventario, administración de la calidad.
(Schroeder, R. , 2011)	Calidad, capacidad, programación, pronósticos, inventario, control.
(Chase, Richard B. and Jacobs, 2011)	Pronóstico, planeación agregada, control, calidad, programación, capacidad.
(Acerro-Navarro, 2003)	Pronóstico de la demanda, planeación agregada, programación, gestión de materiales, control.

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 Previsión de la demanda

Los pronósticos son importantes en una empresa, ya que es necesario que toda empresa estime el comportamiento futuro de alguna variable ya sea a corto, mediano o largo plazo, es el punto de partida para la planeación. Un pronóstico es un procesamiento objetivo, en el que se utiliza información recabada en un espacio de tiempo, un pronóstico considera que las tendencias actuales continuarán en el futuro. El pronóstico se puede clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación. Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo, se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. La información anterior puede incluir varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas. El pronóstico causal, que se analiza utilizando la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico. (Chase, R. B. *et al.*, 2000)

Resulta importante el lograr una relación exacta entre el esfuerzo invertido en la previsión y los recursos obtenidos y por tanto, destinar grandes recursos solos a aquellos casos en los que un error en la previsión implique daños grandiosos, o que para su recuperación sea necesario invertir grandes recursos y mucho tiempo; pero si por el contrario una decisión errada puede ser rectificadas en un período corto, y con pocos recursos es fácilmente subsanable por ser parte de un proceso secuencial, no serán justificadas las grandes inversiones. (Torres Gemeil, M; Daduna, J.R. and Mederos Cabrera, B., 2003)

La elección del método más adecuado para la toma de decisiones en operaciones es vital, la Tabla 1.4 muestra la relación entre los métodos y el uso que se le dará a los pronósticos.

Tabla 1.4 Relación entre los métodos y el uso que se le dará a los pronósticos.

Uso de los pronósticos para las decisiones en operaciones	Horizonte de tiempo	Exactitud necesaria	Número de productos	Nivel gerencial	Métodos de pronósticos
Diseño del proceso	Largo	Media	Unos o pocos	Alto	Cualitativos o causales
Planeación de la capacidad de las instalaciones	Largo	Media	Unos o pocos	Alto	Cualitativos o causales
Planeación agregada	Mediano	Alta	Pocos	Mediano	Causales o series de Tiempo
Programación	Corto	La más alta	Muchos	Más bajo	Series de tiempo
Administración de inventario	Corto	La más alta	Muchos	Más bajo	Series de tiempo

Fuente: Medina León, A. [et al.].(2002).

#### 1.4 Capacidad

La primera decisión que debe tomar una empresa cuando decide fabricar un nuevo producto o atender un mayor número de clientes con los productos existentes, es incrementar la capacidad. Por el contrario, cuando la demanda de los productos disminuye o cuando el sector entra en crisis, es posible que tenga que disminuir la capacidad. En este sentido, el objetivo de la capacidad de una fábrica es satisfacer de la manera más eficiente y en el momento oportuno, la cantidad de productos requerida por el mercado.

Tabla 1.5 Definiciones de capacidad según varios autores.

Autor	Definición
(Machuca, J.A.D; García, S.; Domínguez, M.A.; Ruiz, A. and Álvarez, M.J. 1995)	Cantidad de producto o servicio que puede ser obtenido en una determinada unidad productiva, en cierto periodo de tiempo

(Schroeder. 1992)	La mayor producción que puede elaborarse a lo largo de un período.
(Fernández- Sánchez, E. 1993)	Es la máxima velocidad de producción de una operación

*Fuente: Elaboración propia.*

La previsión de la demanda es un elemento clave para determinar la capacidad de la empresa, por ello ha de ser lo más exacta y fundamentada posible. Sin embargo, es bastante corriente que la previsión no esté lo suficientemente detallada como para satisfacer las necesidades del planificador de la capacidad, por lo que se debe insistir en que la previsión:

- Tenga por lo menos cinco años de duración, ya que la capacidad es una decisión irreversible a corto plazo.
- Se exprese en unidades físicas y no en dinero.
- Incluya los posibles nuevos productos que serán introducidos durante el período de planificación considerado, y aquellos que serán abandonados dentro del mismo horizonte.
- Refleje el cambio de la estrategia competitiva que puede, por ejemplo, acentuar líneas novedosas de productos en detrimento de los productos más convencionales y estandarizados.
- Recojan los cambios demográficos futuros que afectarán a las tendencias de distribución y ventas.

Un nuevo diseño del proceso o mejoras en el mismo puede lograr incrementos que nos proporcionará la capacidad planificada con la tecnología actual. Las decisiones sobre la capacidad se dirigen al suministro de la cantidad correcta de capacidad, en el lugar correcto y en el momento exacto. La capacidad a largo plazo la determina el tamaño de las instalaciones físicas que se construyen. A corto plazo en ocasiones se puede aumentar la capacidad por medio de subcontratos, turnos adicionales o arrendamiento de espacio. Sin embargo, la planeación de la capacidad determina no sólo el tamaño de las instalaciones sino también el número apropiado de gentes en la función de operaciones. Se ajustan los niveles de personal para satisfacer las necesidades de la demanda del mercado y el deseo de mantener una fuerza de trabajo estable. A corto plazo, la capacidad disponible debe asignarse a tareas específicas y puestos de operaciones mediante la programación de la gente, del equipo y las instalaciones. (Fernández-Sánchez, E. 1993)

## 1.5 Planeación agregada

Según (Pérez- León, 2018), la planeación agregada es un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a mediano plazo. Se refiere a la determinación de la fuerza laboral, a la cantidad de producción y niveles de inventario en orden de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a mediano plazo, y el término agregada, hace referencia a que la planificación no desglosa la cantidad de producción por detalles de productos sino que los considera en varias familias, sin importar sus diferentes variantes de diseño o modelo (Dante *et al.*, 2007).

En la actualidad, la planeación agregada es una buena referencia para la planificación de ventas y operaciones, en la cual puede cumplir la función de pivote al integrar las funciones de operaciones de producción, de comercialización y financieras (Singhal and Singhal, 2006). Una de las primeras características de las metodologías de planificación agregada es la “Jerarquía”. El enfoque jerárquico es necesario para se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos del sistema productivo y además se establezca su relación horizontal con el resto de las áreas funcionales de la empresa (Miranda Gonzalez *et al.*, 2005).

### 1.5.1 Plan Maestro de Producción

El Plan Maestro de Producción o Programa Maestro de Producción (en inglés, Master Production Schedule, MPS) consiste en un plan que desagrega el plan agregado e indica las cantidades de cada producto que van a fabricarse en cada uno de los intervalos del horizonte. El MPS abarca un horizonte de planeación a corto plazo, que puede llegar hasta un año, como máximo (Companys -Pascual, 1989 ).

Las modalidades y procedimientos a utilizar concretamente en la elaboración del Plan Agregado son función del tipo y problemática de la empresa, del sistema productivo considerado y de la metodología de gestión de la producción utilizada. (Dilworth, J. 1989)

## 1.6 Programación de las operaciones

La programación es el vínculo crucial entre las etapas de planificación y ejecución de las operaciones. Esta asigna recursos a través del tiempo para la realización de tareas específicas, y la ejecución de estas de manera eficaz, es esencial para las operaciones exitosas ya que la programación es lo que hace que todas las actividades fructifiquen (Vega Mesa, 2015).

Uno de los aspectos que más influyen en la organización de una empresa es la programación de la producción. Siguiendo un ordenamiento lógico, la misma debe ser un paso posterior a la planeación. Con esta se determina cuándo se debe iniciar y terminar cada lote de producción, qué operaciones se van a utilizar, con qué máquina y con qué operarios. Un buen programa de producción trae algunas ventajas para la empresa. Entre ellas están (Morales -Castro *et al.*, 2010):

- ❖ Los pedidos se pueden entregar en las fechas estipuladas.
- ❖ Se calculan las necesidades de mano de obra, maquinaria y equipo. Así habrá una mejor utilización de estos recursos.
- ❖ Se pueden disminuir los costos de fabricación.

Según (Schroeder, R., 1992) en la práctica, la programación da como resultado un plan proyectado sobre el tiempo (o programa) de actividades. El programa indica lo que debe hacerse, cuándo debe hacerse, quién lo debe hacer y con qué equipo. En la programación se busca lograr distintos objetivos que entran en conflicto: un alto nivel de eficiencia, bajos inventarios y buen servicio a clientes. La eficiencia se logra mediante un programa que mantenga una alta utilización de mano de obra, equipo y espacio. El programa también debe buscar mantener bajos inventarios, que desafortunadamente pueden ocasionar una baja eficiencia debido a la falta de material disponible o a altos tiempos de preparación.

Según (Adam and Ebert, 2012) la programación de las operaciones determina en gran medida el nivel de servicio al cliente. Componentes del servicio como el cumplimiento a la fecha de entrega, el tiempo de entrega y el costo se ven afectados por las decisiones que tomen los responsables del proceso en términos de secuenciación de los pedidos, asignación de tareas a máquinas y a personas y programación de tiempo extra. También incide en los días de atraso y en el tiempo de ciclo de la orden. Los proyectos de programación de operaciones exigen un alto compromiso de todas las personas involucradas, la correcta sincronización de los procesos de apoyo y el realizar un análisis de las posibles barreras políticas, culturales, tecnológicas, de información y físicas, para realizar acciones que reduzcan el riesgo de ocurrencia. Además, tener presente los problemas de calidad que afectan directamente la ejecución del proceso de programación.

La programación de las operaciones es el proceso de asignación de los recursos productivos para la ejecución de las tareas planeadas que son requeridas para el cumplimiento de las

órdenes de fabricación, las cuales deben ser priorizadas y secuenciadas (Valencia- Rodríguez and Ayora- Piedrahita, 2017).

### 1.6.1 Funciones de la programación de las operaciones

La programación de las operaciones está formada por determinadas funciones, que permiten cumplir con su objetivo (Companys -Pascual, 1989 ). Estas son asignación, secuenciación y temporización.

#### ❖ Asignación

Asignación, según (Fundora Miranda, 1987), aborda aquellos problemas que se presentan cuando se tienen varias alternativas para la ejecución de un trabajo, pero existen limitaciones en la cantidad de recursos o en el modo de utilizarlos. En tal sentido se quiere distribuir los recursos de forma que se logre la alternativa más eficiente.

En la función asignación (Companys -Pascual, 1989 ), (Schroeder, R., 1992) y (Fundora Miranda, 1987) coinciden que entre los métodos más factibles a utilizar se encuentran el Método de los Índices, el de Transporte y el Húngaro, entre otros, cuyas condiciones de aplicación se muestran en el Tabla 1.5. Según (Chase, Richard B. *et al.*, 2005), el método de asignación es un caso especial del método de transporte de programación lineal.

Tabla 1.5. Métodos y condiciones de aplicaciones, para la asignación.

Método	Divisibilidad del trabajo	Tareas asignadas por puesto de trabajo	Tipo de solución	Restricciones
Índice	Es indivisible, un puesto de trabajo realiza plenamente la tarea.	Una o varias horas	Heurístico (no necesariamente óptima)	Se asignarán las tareas según la capacidad disponible de los puestos de trabajo
Transporte	Es divisible entre varios puesto de trabajo	Una o varias horas	Óptima	Se asignarán las tareas según la capacidad disponible de los puestos de trabajo
Húngaro	Es indivisible, un puesto de trabajo realiza la tarea.	Una	Óptima	Igual cantidad de tareas a puestos de trabajo.

Fuente: Referido en (García Romero, 2010).

### ❖ **Secuenciación**

La secuenciación juega un papel fundamental como función dentro de la programación debido a que es el proceso para establecer cuál tarea se realizará primero en una máquina o en un centro de trabajo cualquiera. Las prioridades son las que usamos para determinar la secuencia de las tareas, como sería el tiempo de procesamiento, la fecha de vencimiento o el orden de su llegada. Puede ser muy sencilla la secuenciación y requerir tan solo que las tareas sigan una secuencia de acuerdo con las reglas de prioridad, las cuales tratan de minimizar el tiempo medio de flujo, el tiempo medio de terminación y el tiempo medio de espera, y de maximizar el volumen total de la producción (Vega Mesa, 2015).

### ❖ **Temporización**

Según (Vega Mesa, 2015) la temporización es la última función dentro de la programación, y por cual no deja de ser importante, todo lo contrario, una vez determinadas cuáles serán las secuencias a seguir en el proceso se hace necesario calcular el tiempo total de procesamiento de todos los artículos que la componen. Existen tres variantes para su cálculo:

- **Gráficos de Gantt:** Es uno de los métodos que permite determinar la fecha de inicio y terminación de cada operación en cada puesto de trabajo, la duración total del ciclo de producción de cada artículo, así como el tiempo de procesamiento total de cada trabajo. Este método es útil tanto para programas ordenados como para los no ordenados, así como para cualquier tipo de desplazamiento del objeto de trabajo.
- **Teoría de las redes:** La teoría de las redes se aplica a partir de considerar que la secuencia tecnológica puede programarse en una red donde cada operación se relaciona con la precedente y su sucesora en el ciclo tecnológico de cada artículo. Este método solo es factible utilizarlo para programas ordenados.
- **Método tabular:** En este método se disponen los  $n$  trabajos y las  $m$  subdivisiones productivas en una tabla donde la fila representa la carga para cada puesto de trabajo y se establece para cada trabajo su fecha de inicio, terminación y duración en dependencia de la secuencia adoptada.

#### **1.6.2 Procedimientos para la programación de operaciones.**

Toda empresa necesita de una programación de sus operaciones, pero su estudio es complejo, por lo que para este se requiere de un modelo o procedimiento. Para el desarrollo de la



investigación se realizó una amplia búsqueda bibliográfica, donde se encontraron varios procedimientos para la programación de operaciones, a continuación se explican en qué consisten.

- ❖ Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa (Ortiz-Triana and Caicedo-Rolón, 2015)

Fue aplicado en una pequeña empresa de calzado ubicada en la ciudad de San José de Cúcuta. En el mismo se aplicó la teoría de restricciones en conjunto con técnicas de la investigación de operaciones específicamente la técnica de programación lineal. Se identificaron las restricciones del sistema productivo para el desarrollo de un modelo matemático, que determinó las cantidades óptimas de fabricación, maximizando el throughput (utilidades, o precio de venta, menos costo de materiales) para un período de tiempo dado. A partir del modelo matemático se plantea un procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado, el cual se validó mediante pruebas de hipótesis, comparando los datos reales de la producción durante el período de estudio con el procedimiento actual y los datos planificados desde el procedimiento propuesto, obteniendo como resultado que el procedimiento diseñado permite alcanzar un mayor throughput, disminución en los costos de inventarios y tiempos de entrega, logrando satisfacer la demanda en su totalidad.

- ❖ Programación de Operaciones en dos etapas para un Flow-Shop multiperíodo no tradicional (Orejuela- Cabrera, 2014)

Se desarrolla una metodología de dos etapas para programar las operaciones en un Flow-Shop multiperíodo, en el cual se tienen trabajos que aunque que se deben terminar en la misma ventana de tiempo, unos son de entrega inmediata y deben programarse en el momento más temprano de la ventana, y otros en el momento más tardío, de tal modo que se minimice su tiempo de permanencia en el sistema. Se plantea una estrategia de descomposición temporal para el problema multiperíodo, en la que se combina la programación estructurada con la programación lineal, de tal modo que para cada período se corren dos fases compuestas de dos modelos matemáticos que programan los trabajos según su prioridad.

- ❖ Modelo matemático para la programación de la producción (Valencia- Rodríguez and Ayora- Piedrahita, 2017)

Se realizó una investigación empírica en una empresa metalmecánica, con un enfoque cualitativo estudiando un fenómeno contemporáneo dentro del contexto de la vida real. La metodología de teoría de restricciones (TOC), permite realizar un análisis sistémico de la problemática de la empresa con el objetivo de incrementar la utilidad a partir del mejoramiento de la capacidad de la empresa para hacer dinero, la reducción de los inventarios y/o la reducción del costo directo. La solución de programación presentada para el proceso de producción tipo taller se realiza en dos etapas. En la primera etapa se utilizan métodos constructivos de aproximación para resolver el problema de definición de la secuencia con la cual los pedidos van a ser procesados. En una segunda etapa se utilizan métodos constructivos de aproximación para definir una solución propia para el problema de asignación de la máquina a los pedidos en la cual van a ser trabajados. En ambas etapas se utiliza como técnica de evaluación de las alternativas de solución el modelo scoring, atendiendo a la necesidad de considerar diferentes objetivos.

En el anexo 1 se muestra una tabla comparativa de los procedimientos anteriores. Después de un análisis detallado de los mismos se llega a la conclusión de que ninguno de ellos se ajusta al objetivo de la investigación, por lo que se decide elaborar una secuencia de pasos teniendo en cuenta las características tecnológicas del taller.

#### ❖ **Control de la Producción**

Una vez que se han disgregado las necesidades para la consecución de los objetivos del programa de producción es necesario establecer los mecanismos de control de las actividades de producción. (Domínguez Machuca *et al.*, 1995) Denominan gestión de talleres a todas las actividades cotidianas que tienen como objetivo elaborar programas, evaluaciones y controles de la producción para satisfacer el Programa Maestro, conjugando capacidad disponible y máxima eficiencia.

## 1.7 Conclusiones parciales

1. El sector ferroviario tiene grandes perspectivas; en Cuba se realizan acciones con el objetivo de incrementar el desarrollo del mismo, el cual es muy importante por ser el medio más rápido, menos costoso y de gran seguridad.
2. La administración de las operaciones denota gran importancia para las organizaciones, ya que ayuda a entender mejor sus procesos, aumenta la productividad laboral e incrementa la satisfacción del cliente, por lo que su perfeccionamiento dentro del sistema empresarial constituye una prioridad para la dirección del país.
3. El estudio de la planificación como función de la administración de operaciones es de vital importancia para las empresas, ya que esta brinda una vía para la optimización de los procesos de producción.

## **Capítulo 2. Procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes**

En el presente capítulo se muestra el procedimiento utilizado para la investigación, el cual se aplica para realizar la previsión de la demanda, determinar el plan maestro de producción, calcular la capacidad instalada y programar las operaciones de la Empresa Industrial Ferroviaria (EIF) “José Valdés Reyes”.

### **2.1 Procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones**

A partir de un análisis realizado en el Capítulo I se elabora un procedimiento según las características de la empresa objeto de estudio y el objetivo de la investigación, teniendo en cuenta las condiciones del entorno y en función del ambiente de producción que es de tipo Flow Shop<sup>3</sup>; en el mismo se realiza un análisis de causalidad a través de la Teoría de las Restricciones (TOC) y se elabora la simulación del proceso en función de la propuesta de mejora a través del software Rockwell Arena 15.0. Dicho procedimiento tiene como objetivo optimizar recursos, reducir el tiempo de procesamiento para la reparación de equipos ferroviarios y garantizar la satisfacción del cliente en tiempo, lugar y calidad adecuada, en la empresa. En la figura 2.1 se muestra el esquema del procedimiento.

#### **Etapas I. Caracterización y clasificación de la entidad objeto de estudio**

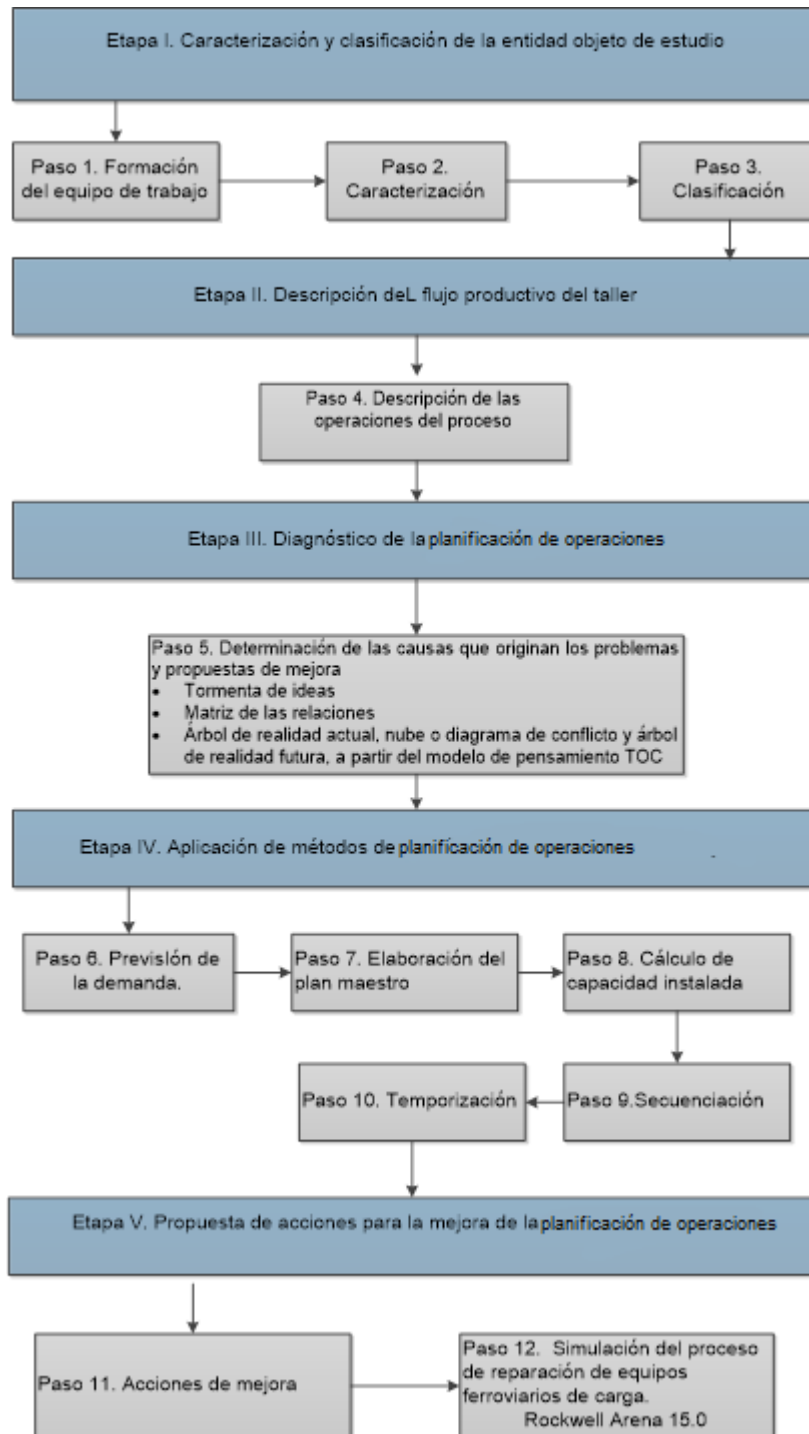
##### **Paso 1. Formación del equipo de trabajo**

El propósito de este paso es integrar un equipo de trabajo multidisciplinario, que ponga en práctica de forma satisfactoria la secuencia de pasos elaborada. Para la formación del equipo de trabajo se valoraron los criterios que ofrecen (González- Sánchez, 2016), (Negrín Sosa, 2003) y (Heizer and Render, 2016), los cuales coinciden que el equipo lo deben integrar entre 7 y 15 personas, en su mayoría miembros del consejo de dirección y de las diferentes áreas de resultado clave. Además deben tener al menos algún conocimiento básico sobre la planificación de las operaciones, disponer de la presencia de algún experto externo y nombrar a un miembro del consejo de dirección como coordinador del proyecto. Igualmente, debe establecerse una planificación para las reuniones y el desarrollo del proyecto con las fases y pasos definidos en la secuencia de pasos, en los cuales la composición del equipo puede variar en dependencia del nivel de detalle de los mismos.

---

<sup>3</sup>Programas ordenados

Figura 2.1 Esquema del procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones.



Fuente: Elaboración propia

## **Paso 2. Caracterización**

Este paso tiene como objetivo analizar las características que distinguen la actividad de la organización con el propósito de familiarizarse con la misma. Para la caracterización de los sistemas existen diversos criterios. La propuesta de (Nogueira- Rivera, 2002) constituye una de las más abarcadoras y aplicables a cualquier sistema de manufactura o servicio, además permite el análisis interno y externo de la organización a partir del despliegue de 14 variables, las cuales fueron modificadas por el colectivo de Gestión de Procesos del Departamento Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas a 13 incorporando elementos actuales de acuerdo a las exigencias del mundo empresarial.

Estas variables son:

- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Límite y frontera               | 8. Resultados                  |
| 2. Medio o entorno                 | 9. Retroalimentación y control |
| 3. Análisis estratégico            | 10. Estabilidad                |
| 4. Cartera de productos/ servicios | 11. Flexibilidad               |
| 5. Estudio de procesos             | 12. Inercia                    |
| 6. Transformación                  | 13. Jerarquía                  |
| 7. Recursos empresariales          |                                |

## **Paso 3. Clasificación**

Existen diferentes clasificaciones en dependencia del tipo de sistema. En correspondencia con (Medina- León *et al.*, 2001) para la clasificación de los sistemas de manufactura varios autores han emitido su criterio, los mismos se muestran en la Tabla 2.1. En la investigación se clasifica la entidad objeto de estudio a través de las clasificaciones de Mallo (s.a.), Arjona Siria (1979), Portuondo Pichardo (1983) y (Schroeder, R., 1992).

## **Etapas II. Descripción del flujo productivo del taller**

Esta etapa resulta fundamental para visualizar el proceso productivo, lo que permite posteriormente realizar un análisis causal y aplicar los métodos de gestión de operaciones para su mejora.

Tabla 2.1 Clasificación de los sistemas de manufactura.

<b>Autor</b>	<b>Criterio de clasificación</b>	<b>Variables</b>
Mallo (s.a.)	La empresa como sujeto	1. Simple 2. Múltiple-Alternativa 3. Convexa
Arjona Siria (1979)	Número de plantas producción	- Monoplanta - Multiplanta
Ottina (1988)	Modo de fabricación	1. Por procesos -Química -Mecánica 2. Por partes
Mallo (s.a.) y Arjona Siria (1979)	En relación con el tiempo de utilización del equipo productivo	- Continua - Discreta o Intermitente
Companys Pascual (1993) Buffa (1987)	Naturaleza del proceso productivo Concreción de la demanda	- Continua Almacenables Gran volumen de producción - Intermitente Talleres cerrados para producción Talleres abiertos a producción por pedido Proyectos singulares
Ottina (1988) Díaz (1993) Salvendy (1982) (Schroeder, R., 1992)	Realización del volumen de producción. Tipo de flujo del proceso Flujo material	- Continua (Línea) Continua Masiva - Intermitente (Por batch) - Proyecto
Portuondo Pichardo (1983)	Tipo de producción	-Masiva -Seriada Gran serie Mediana Pequeña -Unitaria
Arjona Siria (1979) (Schroeder, R., 1992)	Tipo de pedido Relación con el cliente	-Para inventario (Contra almacén) -Por pedido (Contra pedido)
Ottina (1988) Dilworth (1989)	Respuesta a la demanda	-Contra existencia -Montaje según pedido -Según pedido
Ochoa Laburu (s.a.)	Condiciones de la venta	-Contra Stocks -Contra pedido -Sobre catálogo -A medida

Fuente: Elaboración propia.

#### Paso 4. Descripción de las operaciones de los procesos clave.

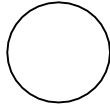
Inicialmente se realiza una clasificación del taller objeto de estudio y se utiliza para ello la de (Medina León *et al.*, 2014) en su libro Programación de la Producción, la cual se muestra a continuación:

1. Talleres de configuración continua o en serie: Aquellos en donde las máquinas y centros de trabajo se organizan de acuerdo a la secuencia de fabricación (líneas de ensamble), con procesos estables y especializados en uno o pocos productos y en grandes lotes. En ellos, las actividades de programación están encaminadas principalmente, a ajustar la tasa de producción periódicamente.
2. Talleres de configuración por lotes: Aquellos donde la distribución de máquinas y centros de trabajo, se organizan por funciones o departamentos con la suficiente flexibilidad para procesar diversidad de productos. Estos pueden ser de dos tipos:
  - ❖ Configurados en Flow Shop: Donde los distintos productos siguen una misma secuencia de fabricación.
  - ❖ Configurados en Job Shop<sup>4</sup>: Aquellos donde los productos siguen secuencias de fabricación distintas.

Una descripción detallada de los procesos es decisiva para su posterior planificación, para ello se utiliza el diagrama OPERIN, el cual representa un cuadro general de cómo se suceden las principales operaciones e inspecciones, sin tener en cuenta quién las ejecuta ni dónde se llevan a cabo, además se añade paralelamente una breve nota sobre la naturaleza de cada operación o inspección (Viteri Moya, 2014).



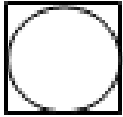
En este tipo de diagrama solo se representan las operaciones y las inspecciones llevadas a cabo durante un proceso productivo empleando para ello una serie de símbolos, los cuales se muestran a continuación en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Simbología del diagrama OPERIN.

Símbolo	Nombre	Explicación
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto del caso modifica cualquier característica física o química o cambia durante la operación. <ul style="list-style-type: none"> <li>• El objeto se monta o se desmonta en relación a otro o se prepara para otra operación.</li> <li>• Se da o se recibe información o se hacen cálculos o planos.</li> </ul>

<sup>4</sup>Programas no ordenados



		<p>Generalmente se realiza en un puesto de trabajo; varios puestos pueden realizar operaciones iguales, pero una misma operación no se segrega en varios puestos; también se presentan casos de un puesto realizando varias operaciones.</p> <p>Normalmente, en los procesos industriales, cada operación es realizada mediante un grupo determinado de herramientas y cuando se pasa de una a otra del producto en el proceso, se cambia el módulo de herramienta.</p>
	Inspección	<p>Se dice que hay una inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades. La inspección no contribuye a la conversión del objeto de trabajo en producto acabado. Únicamente sirve para comprobar si una operación o producto final ha sido ejecutado correctamente en lo que se refiere a calidad y cantidad.</p>
	Almacenamiento	<p>Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.</p>
	Actividades combinadas	<p>Salvo las operaciones, el resto de las actividades alarga el ciclo productivo y recarga el costo de producción sin aportar cambios cualitativos ni cuantitativos al objeto de trabajo, por lo cual resulta aconsejable minimizar su cantidad y duración en el proceso estudiado. Una vía para lograrlo es combinar actividades, o sea, que sean realizadas simultáneamente en un mismo lugar de trabajo por un mismo trabajador o equipo. Cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo en un mismo lugar de trabajo, se combinan los símbolos de tales actividades; por ejemplo, un círculo dentro de un cuadrado representa actividades combinadas de operación inspección.</p>

Fuente: Elaboración propia en aproximación a (Viteri Moya, 2014).

### **Etapas III. Diagnóstico de la planificación de operaciones**

El objetivo fundamental de esta etapa es realizar un diagnóstico para determinar las condiciones en la que se planifican las operaciones en la entidad objeto de estudio, para ello se realiza un análisis causal, lo que sirve de guía para identificar hacia dónde deben estar dirigidas las acciones de mejora.

#### **Paso 5. Determinación de las causas que originan los problemas y propuestas de mejora**

El objetivo que se busca en este paso es definir cuáles son los problemas fundamentales que afectan al proceso y las causas fundamentales que lo originan. Para la selección de estos problemas se utilizan herramientas como la tormenta de ideas (**Brainstorming**) que es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado, para liberar la creatividad de los equipos, generar un número extenso de ideas, involucrar a todos en el proceso e identificar oportunidades para mejorar. Los diferentes tipos de tormenta de ideas se exponen en la Tabla 2.3, la cual se muestra a continuación.

Tabla 2.3 Tipos de tormentas de ideas.

Flujo libre	En círculo	Tira de papel
Se escoge un facilitador, se lanza el tema a debatir y los participantes aportan sus ideas. Por último se revisa la lista para verificar su comprensión y se eliminan los aspectos de poco interés.	Posee las mismas metas que el Flujo Libre, la diferencia es que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado. Un miembro puede ceder su turno si desea.	Semejante al flujo libre pero los integrantes registran sus ideas en un papel. Este proceso dura cerca de 30 minutos y permite la creatividad y evita los conflictos e intimidación por parte del resto.

Fuente: Tomado de (Holohlavsky et al., 2016).

Tras un análisis de los criterios de varios autores acerca de la definición de la TOC y la clasificación de las restricciones (ver anexo 2) se puede decir que la Teoría de Restricciones es una filosofía de administración de sistemas o empresas que provee una metodología para que cada sistema desarrolle sus propias soluciones, basándose en relaciones lógicas de “efecto- causa-efecto” llevándolos a la mejora continua de su meta.

Para dar solución a los problemas de la gestión del proceso de producción tipo taller, se emplea el modelo de pensamiento a partir de la Teoría de las Restricciones (TOC), el cual se muestra en la figura 2.2.

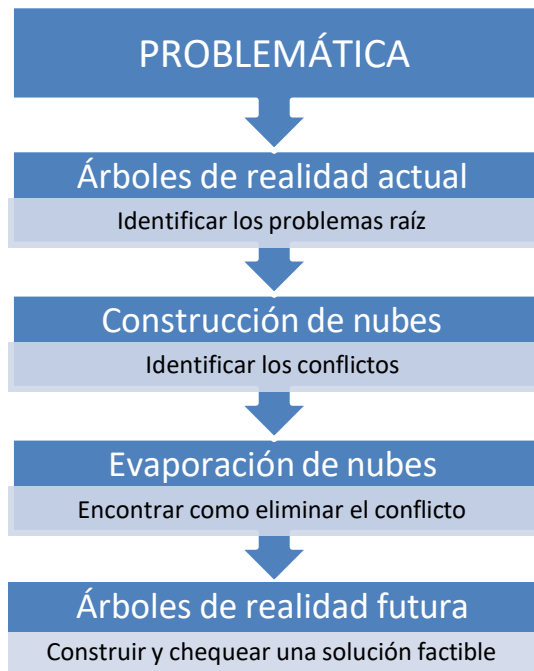
Con el objetivo de ver las relaciones que existen entre los efectos indeseables y las posibles causas se elabora la matriz de las relaciones teniendo en cuenta los anteriores y a cada uno se les asigna una nomenclatura antes de ser llevados a la matriz. Para ello se utiliza una escala dicotómica, de sí o no. La misma es de  $n \times n$  donde:

$n$  - efectos indeseables o posibles causas

❖ **Árbol de realidad actual (Arango - Serna)**

El árbol de realidad actual, el cual (en inglés CRT: currentrealitytree) evalúa la red de relaciones de causa-efecto entre los efectos indeseables; esta técnica consiste en detectar el problema raíz (problemas medulares), mediante la certificación de la causalidad en el paso correspondiente. Toda entidad en el árbol que no aparece como resultado de otra y cada punto de entrada al árbol, es una causa raíz. Siempre es posible construir un árbol de realidad actual claro y lógico en el cual cuando menos una de las causas raíz llevan a la mayoría de los efectos indeseables. Esta entrada no es solo una causa raíz como las demás, es el problema raíz (Holohlavsky et al., 2016).

Figura 2.2 Proceso de pensamiento TOC.



Fuente: En aproximación a (Cardona, 2016)

❖ Nube o diagrama de conflicto

La nube de conflicto (en inglés CRD: conflictresolutiondiagram) es una técnica que se utiliza para resolver conflictos que normalmente perpetúan las causas por una situación indeseable. Lo que busca esta técnica es presentar un problema como un conflicto entre dos condiciones necesarias (Holohlavsky *et al.*, 2016).

A través de la metodología de construcción de las nubes se identifican el objetivo a alcanzar, las dos condiciones necesarias para alcanzarlo y el conflicto generado entre estas acciones. El objetivo es mejorar la flexibilidad del proceso productivo. Como condiciones necesarias para alcanzarlo se tienen las siguientes: incrementar la capacidad de los procesos críticos, con el fin de abastecer la demanda en cantidad y mezcla requerida. Por otra parte, se requiere sincronizar el proceso productivo con los procesos logísticos para garantizar el flujo del producto y reducir el exceso de inventarios y el efecto que esto trae en la eficiencia del proceso. El conflicto se genera ante el paradigma de que el incremento de capacidad se logra con la especialización y el incremento del tamaño de lotes respecto a la necesidad de lograr versatilidad en las líneas y reducir los lotes de producción (Adam and Ebert, 2012).

❖ **Árbol de realidad futura (ARF)**

El árbol de realidad futura (en inglés FRT: future reality tree), muestra los estados futuros del sistema, a partir de la aplicación de algunas acciones (inyecciones) que fueron elegidas para resolver la causa raíz descubierta en el ARA y así resolver el conflicto en la nube de conflicto. Para su elaboración se recurre nuevamente a las relaciones causa-efecto, se hace necesario, en ocasiones, implementar inyecciones adicionales para el logro de los objetivos y evitar crear nuevos efectos indeseables (Holohlavsky *et al.*, 2016).

**Etapas IV. Aplicación de métodos de gestión de operaciones para su mejora.**

Con esta etapa se pretende fundamentar las funciones de la gestión de operaciones a partir de los diferentes métodos abordados en el Capítulo I.

**Paso 6. Previsión de la demanda**

Las técnicas empleadas en la realización de pronósticos varían en función del contenido del contexto en que se mueve el fenómeno objeto de la previsión. En principio, las técnicas pueden clasificarse en dos grandes categorías: técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas. Varios autores (ver (Anderson s.a.); (Calero Viner. 1986); (Companys Pascual. 1990); (Ríos. 1983); Schroeder 1992; (Díaz. 1993); coinciden en que:

En ocasiones, las previsiones no se realizan utilizando modelos matemáticos formales, sino a través de las opiniones de los expertos en la materia. La práctica común consiste, en reunir a varios expertos en la materia, los cuales, tras una serie de reuniones y discusiones, llegan a una conclusión (dinámica de grupos). El problema de esta práctica es que en todo grupo suele surgir un líder, el cual ejerce tal influencia sobre los demás, que el grupo globalmente asume sus opiniones particulares. Para evitar este problema han surgido diversas variaciones a esta técnica: método Delphi, Brainstorming (tormenta de ideas), embalse de ideas, exposición de ideas, grupos nominales, 6-3-5, cinética, pensamiento lateral, analogías, analogías morfológicas, análisis de vacíos, vigilancia del entorno o monitoreo (monitoring) y consultas de mercado. En el Anexo 2 se resumen algunas características de algunos métodos cualitativos referidos en Padrón Robaina (1999).

Los métodos cuantitativos se basan en modelos matemáticos, principalmente de tipo estadístico, los cuales han de ser alimentados por abundante información histórica sobre las variables a estudiar. De ahí, que sólo sean realmente efectivos si el sistema ha alcanzado cierto nivel de

estabilidad. Según (Torres Gemeil, M; Daduna, J.R. and Mederos Cabrera, B., 2003) se pueden distinguir dos tipos de modelos:

- *Series temporales*: Se fundamenta en la recogida de unos conjuntos ordenados de observaciones para varios períodos iguales de tiempo, que indican, la evolución de los valores de las variables objeto de estudio en el tiempo y se trata de extrapolar ese comportamiento hacia el futuro. Las series temporales, desprovistas de estacionalidad, pueden ser analizadas por diversos procedimientos para ajustar la tendencia, los cuales se exponen en el Anexo No.3, con las recomendaciones para su utilización, dependiendo de: la voluntad o posibilidad de seguimiento al mercado (alto o bajo) y el número de períodos o información disponible.
- *Modelos causales*: En este caso, el tiempo no es la variable independiente base, para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son exactamente esas relaciones.

### **Paso 7. Elaboración del Plan Maestro**

Algunas empresas no tienen un proceso formal de planificación agregada: Utilizan el mismo plan año tras año, haciendo ajustes arriba y abajo únicamente para adecuarse a la nueva demanda anual. Este método ciertamente no proporciona mucha flexibilidad, y si el plan original no fuese óptimo, todo el proceso de producción quedaría atrapado en un rendimiento subóptimo. (Render, B. and Heizer, J. 2009)

- Métodos de tablas y gráficos

Las técnicas de tablas y gráficos son muy populares, ya que son fáciles de entender y de utilizar. Básicamente estos planes funcionan con unas pocas variables al mismo tiempo para permitir a los planificadores comparar la demanda estimada con la capacidad existente. Son métodos de prueba y error que no garantizan un plan de producción óptimo, pero requieren sólo unos pocos cálculos sencillos y pueden ser realizados por el personal de oficina.

- Método del transporte de la programación lineal

Cuando un problema de planificación agregada es visto como un problema de cómo asignar capacidad operativa para igualar la demanda prevista, entonces se puede formular como un problema de programación lineal. El método del transporte de la programación lineal no es un método de prueba y error como los métodos de tablas y gráficos, sino que proporciona un plan

óptimo para minimizar los costes. Es también flexible en tanto que puede especificar la producción a efectuar en horario normal o en horas extras para cada periodo de tiempo, el número de unidades que deben ser subcontratadas, los turnos de trabajo extras y el inventario transferido de un periodo al siguiente. El método del transporte de programación lineal descrito en el ejemplo anterior fue formulado originalmente por E. H. Bowman en 1956. Aunque funciona correctamente cuando se analizan los efectos de mantener inventarios, utilizar horas extras y subcontratar, no funciona cuando se introducen factores negativos o no lineales. En consecuencia, cuando se introducen otros factores como las contrataciones o los despidos, se debe utilizar el método más general de la programación lineal (Algoritmos Simples).

- Modelo de los coeficientes de gestión

El modelo de los coeficientes de gestión de Bowman constituye un modelo de decisión formal basado en las experiencias y en la eficacia de un directivo. La hipótesis es que si la actuación pasada de un director ha sido bastante buena, entonces puede ser utilizada como base para futuras decisiones. Este modelo utiliza un análisis de regresión de las decisiones de producción pasadas tomadas por los directivos. La línea de regresión proporciona la relación entre las variables (tales como demanda y mano de obra) para decisiones futuras. Según (Bowman. 1963), las deficiencias de los directivos son la mayoría de las veces inconsistencias en la toma de decisiones.

- Otros modelos.

Otros dos modelos de planificación agregada son la regla de decisión lineal y la simulación. La regla de decisión lineal (LDR: Linear Decision Rule) trata de especificar una tasa de producción y un nivel de mano de obra óptimos durante un periodo específico. Minimiza los costes totales de nómina, contratación, despidos, horas extras e inventarios mediante series de curvas de coste cuadráticas. Un modelo informático denominado planificación mediante simulación utiliza un procedimiento de búsqueda para hallar la combinación de valores de mano de obra y tasa de producción que proporcione un coste mínimo. (Render, B. and Heizer, J. 2009)

## **Paso 8. Capacidad**

La capacidad es la máxima velocidad de producción de una operación. Un error común en la medición de la capacidad es ignorar el tiempo. Por ejemplo, el número de camas de un hospital representa el tamaño de las instalaciones y no la velocidad de producción. El número de camas debe preverse con una duración estimada de estancia en el hospital para llegar a una medida de

la capacidad, por ejemplo, pacientes por mes. También se suele confundir la capacidad eficiente, con la capacidad pico y con el volumen. El volumen es la cantidad real de producción durante cierto período; mientras que la capacidad eficiente es la cantidad de producción que puede obtenerse al menor costo en condiciones normales de funcionamiento (Schroeder, 1992). Por su parte, la capacidad pico puede conseguirse sólo durante un período de tiempo muy corto, que suele ser de algunas horas por días o algunos días por mes: representa la capacidad eventual al máximo de la operación, considerando la inclusión de tiempo extra, trabajadores adicionales y políticas especiales para un mayor volumen. La mayoría de los elementos relacionados con el diseño del sistema productivo afectan directamente la capacidad de la planta. Los principales son los siguientes: instalaciones, producto, proceso, trabajadores, factores de producción y fuerzas externas. A continuación se muestra el desarrollo del método proporcional.

### **Método Proporcional:**

El procedimiento para el cálculo de la capacidad por el método proporcional es el siguiente:

1.- Determinar los gastos de tiempo de cada grupo homogéneo.

$$E (N_i * t_{ij})$$

2.- Calcular el fondo de tiempo de cada proceso (F<sub>j</sub>).

$$F_j = n_e * d * C_t * h * ((100 - P_s)/100)$$

3.- Calcular el coeficiente de correspondencia del proceso j.

$$b_j = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (N_i * t_{ij})} \quad \text{donde: } h \dots \text{número de horas laborables por día.}$$

$$i=1$$

N<sub>i</sub>...plan de producción.

n<sub>e</sub>...número de equipos.

d...días laborables.

C<sub>t</sub>...cantidad de turnos de trabajo.

P<sub>s</sub>...porcentaje de pérdidas estimado

4.- Calcular la cantidad posible de artículos por grupos homogéneos.  $C_{ij} = N_i * b_j$

5.- Determinar la capacidad del proceso j en función del artículo i (capacidad del punto fundamental) C<sub>ij</sub>.

6.- Determinar la producción posible del artículo i en el cuello de botella (punto limitante del proceso).

7.- Cálculo de la capacidad productiva.

$$C_j = b_j \cdot n_i$$

La capacidad de la Empresa la define la capacidad del grupo homogéneo que representa el punto fundamental y se calcula para cada tipo de producto.

\*El punto fundamental es suministrado por dato y se corresponde con los equipos más deficitarios, más costoso, etc.

\* El punto limitante o cuello de botella es aquel proceso que limita la capacidad y es identificado como el de menor  $b_j$  (coeficiente capacidad) y nos brinda la capacidad posible por cuello de botella.

Vinculado con el punto limitante podemos determinar el coeficiente de pérdidas por cuello de botella ( $C_p$ ) y el % de pérdidas de la capacidad por cuello de botella.

$$C_p = \frac{b_j - b_{ij}}{b_{ij}}$$

$b_i$  = coeficiente capacidad punto fundamental

$b_{ij}$  = coeficiente capacidad punto limitante

$$\% \text{ Pérdidas capacidad por cuello de botella} = \frac{\text{Capac. Pto fund} - \text{Capac Pto limitante}}{\text{Capacidad Pto. fundamental}}$$

Se pueden dar dos situaciones:

1.- Coincidir el punto fundamental y el punto limitante:

En este caso tanto el coeficiente como el % utilización de la capacidad por cuello de botella es 0 lo que quiere decir que se aprovecha al máximo la capacidad del punto fundamental.

2.- No coinciden el punto fundamental y el punto limitante:

En este caso debe determinarse tanto el coeficiente de pérdida como el % capacidad por cuello de botella. Esto quiere decir que no se aprovecha al máximo la capacidad del punto fundamental y entonces se limita la cantidad a producir a la magnitud de la capacidad del punto limitante.

Determinación del % utilización de la capacidad.

$$\text{carga} \quad 1$$



Se determina como la ----- o ---  
 capacidad bj

### Paso 9. Secuenciación

La programación proporciona una base para asignar tareas a los centros de trabajo. La secuenciación (también conocida como despacho) especifica el orden en que deben realizarse los trabajos en cada centro, es decir determinar el orden en que se deben realizar los trabajos (Heizer and Render, 2009).

La secuenciación como función dentro de la programación de la producción se realiza para establecer cuál tarea se realizará primero en una máquina o en un centro trabajo cualquiera (Medina León *et al.*, 2014).

Reglas de prioridad más usadas para la secuenciación de las tareas (Chase, Richard B. and Jacobs, 2011):

1. FCFS (first-come, first-served), primero en llegar, primero en ser atendido). Los pedidos se ejecutan en el orden en que llegan al departamento.
2. SOT (Shortest operating time) (tiempo de operación más corto). Primero se ejecuta la tarea que tenga el tiempo de terminación más corto, luego, el segundo más corto, etc. Este es idéntico al SPT (shortest processing time) (tiempo de procesamiento más corto).
3. Fecha de vencimiento: primero la fecha de vencimiento más temprana; primero se ejecuta la tarea que tenga la fecha de vencimiento más temprana. DDate (cuando se refiere a la tarea completa); OPNDD (cuando se refiere a la operación siguiente).
4. Fecha de iniciación: fecha de vencimiento menos plazo normal. (Ejecutar primero la tarea con la fecha de iniciación más temprana).
5. Primera aquella que tenga el valor más alto de las ventas.
6. STR (slack time remaining) (tiempo de calma restante). Se calcula como la diferencia entre el tiempo restante antes de la fecha de vencimiento menos el tiempo de procesamiento restante. Los pedidos que tienen el STR más corto se ejecutan primero.
7. El STR/OP (slack time remaining per operation) Los pedidos con STR/OP más cortos son ejecutados primero. El STR/OP se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{STR}{OP} = \frac{\text{Tiempo restante antes de la fecha} - \text{Tiempo de procesamiento restante}}{\text{Número de operaciones restantes}}$$

8. CR (critical ratio) (coeficiente critico). Se calcula como la diferencia entre la fecha de vencimiento y la fecha actual dividida par el número de días de trabajo restantes. Los pedidos que tienen el CR más pequeño se ejecutan primero.
9. QR (queue ratio) (coeficiente de la fila). Se calcula como el tiempo de calma restante en el programa dividido par el tiempo de fila restante planeado. Los pedidos que tengan el QR más pequeño se ejecutan primero.
10. LCFS (last-come, firstserved) (último en llegar, primero en ser atendido). Esta norma se presenta con frecuencia par defecto. A medida que llegan los pedidos, estos se colocan encima de la pila; el operador usualmente recoge el pedido de encima y lo ejecuta primero.
11. Orden aleatorio o caprichoso. Los supervisores u operadores usualmente escogen cualquier tarea que deseen ejecutar.

Existen distintos métodos para la secuenciación de acuerdo a la condición de programas ordenados o no ordenados. A continuación, se presenta la Tabla 2.4 como resumen de los métodos de la secuenciación.

Tabla 2.4. Métodos de secuenciación.

Métodos	Ordenados	No ordenados
	Johnson	ROT
	Johnson Modificado	AROT
	Campbell- Dudeck-Smith	Jackson
	Valoración del Trabajo	
	Reglas de Despacho	

Fuente: Tomado de (Vega Mesa, 2015).

### Paso 10. Temporización

La gráfica de Gantt es uno de los métodos que permite determinar la fecha de inicio y terminación de cada operación en cada puesto de trabajo, la duración total del ciclo de producción de cada artículo, así como el tiempo de procesamiento total de cada trabajo. Consiste en un cuadro donde el tiempo se encuentra a lo largo de la horizontal y los recursos, tales como máquinas, obreros u horas máquinas, en la vertical. Las tareas se programan acorde a su duración y al recurso en que se realiza. Resulta una ayuda visual a la programación y control de la producción y de gran uso en la manufactura, las tareas de mantenimiento y la actividad de los servicios. A partir de ello se puede determinar (Medina León *et al.*, 2014) :

- ❖ La fecha de inicio y determinación de cada operación en cada puesto de trabajo.

- ❖ El tiempo total de procesamiento (TTP).
- ❖ La duración del ciclo tecnológico de cada artículo e incluye los tiempos de interferencia.
- ❖ El tiempo en que los puestos de trabajo no tienen asignado trabajo (tiempo ocioso) durante el período de procesamiento de los artículos.
- ❖ El tiempo en que todos los artículos están almacenados (en proceso) entre los puestos de trabajo.
- ❖ La continuidad en el procesamiento de cada artículo.
- ❖ El porcentaje de utilización de los puestos de trabajo.
- ❖ La fecha de inicio y de terminación de cada operación de los artículos.
- ❖ Las operaciones y camino crítico.

Este método es útil tanto para programas ordenados como para los no ordenados, así como para cualquier tipo de desplazamiento del objeto de trabajo (García Romero, 2010).

Según (Ortíz *et al.*, 2018) para la determinación del ciclo tecnológico se utilizan los siguientes modelos de desplazamientos:

- ❖ Modelo consecutivo

Su esencia consiste en que todos los objetos de trabajo de un lote de producción son procesados en cada operación antes de que se traslade a la siguiente, o sea, que cualquier operación no comienza hasta tanto no se haya concluido el procesamiento de todas las piezas que conforman el lote de producción en la operación precedente.

El desplazamiento consecutivo garantiza plena continuidad en el trabajo sobre las operaciones (funcionando ininterrumpidamente los puestos de trabajo hasta procesar el lote completo), pero no logra la continuidad en el flujo de producción del artículo, ya que hay interrupciones en el mismo. Cada pieza del lote una vez que concluye su operación no pasa inmediatamente a recibir el procesamiento de la operación siguiente, puesto que tiene que esperar por las restantes piezas del lote.

- ❖ Modelo Paralelo

La esencia de este tipo de desplazamiento radica en que cada pieza pasa a la siguiente operación en cuanto se termina de procesar en la operación precedente, sin esperar a que sean procesadas las piezas restantes, o sea, sin estadía.

En este tipo de desplazamiento hay continuidad en el puesto de trabajo que ejecuta la operación más lenta. En el resto de los puestos de trabajo hay interrupciones de una pieza a otra del lote, esto no sucedería si todas las operaciones tuvieran igual magnitud en su duración.

#### ❖ Modelo Combinado

Este modelo puede considerarse como una combinación del consecutivo y del paralelo y con el mismo se trata de lograr una reducción de la duración total de la parte tecnológica del ciclo de producción (ciclo tecnológico), pero manteniendo plena continuidad en el trabajo sobre las operaciones una vez comenzado el puesto de trabajo a elaborar las unidades del lote. Para el cálculo de los tiempos de trabajo se pueden utilizar los métodos siguientes: por experiencia, estadístico histórico, analítico investigativo y analítico de cálculo (Marsán -Castellanos *et al.*, 2008).

El método por experiencia es aquel mediante el cual los gastos de trabajo necesarios para la realización de las operaciones o actividades se determinan sobre la base de la experiencia histórica existente. Se utiliza en aquellos casos en que no existen datos estadísticos, ni personal calificado en normación del trabajo que permitan determinar los gastos de trabajo necesarios por otros métodos de mayor rigor. Las normas elaboradas por este método son clasificadas como normas elementales (Marsán -Castellanos *et al.*, 2008).

### **Etapas V. Propuesta de acciones de mejora para la planificación de las operaciones**

#### **Paso 12. Simulación del proceso de reparación de equipos ferroviarios.**

Para la simulación del proceso se emplea el software Rockwell Arena 15.0, por ser uno de los más actualizados con respecto a la modelación y por la efectividad de los resultados en la salida del programa.

La simulación. Componentes del Rockwell Arena 15.0: Dentro de los programas que ayudan a simular, Arena combina la facilidad de uso de los simuladores de alto nivel con la flexibilidad del lenguaje de simulación, es decir es una herramienta orientada al proceso. Dada la orientación al proceso, el desarrollo de modelos en Arena se estructura sobre una base gráfica asociada a la construcción de diagramas de flujo, que describirán la serie de pasos que debe seguir una entidad conforme avanza en el sistema. Para ello Arena provee de una serie de módulos gráficos que permitirán desarrollar las descripciones de los procesos asociados a los sistemas que se modelarán (Holohlavsky *et al.*, 2016).

Elementos de un modelo de simulación en Arena:

Entidades: Son los elementos dinámicos del modelo, habitualmente se crean, se mueven por el modelo durante un tiempo y finalmente abandonan el modelo.

**Atributos:** Un atributo es una característica de todas las entidades, pero con un valor específico que puede diferir de una entidad a otra.

**Variables globales:** Una variable es un fragmento de información que refleja alguna característica del sistema, independientemente de las entidades que se muevan por el modelo.

**Recursos:** Son elementos estacionarios de un sistema donde pueden situarse las entidades. Poseen una capacidad y un conjunto de estados.

**Colas:** Cuando una entidad no puede continuar su movimiento a través del modelo, a menudo porque necesita un recurso que está ocupado, necesita un espacio donde esperar que el recurso quede libre, esta es la función de las colas.

**Acumuladores de estadística:** Son variables que recogen información conforme la simulación avanza para después poder obtener la salida. Sus tipos son:

- Time-persistent: media, máximo y mínimo respecto al tiempo.
- Tallies: media, máximo y mínimo de una lista de números.
- Contadores: suma acumulada de ocurrencias de un evento.
- Frecuencias: frecuencia de ocurrencia de una variable, expresión o estado de un recurso de Arena.
- Salidas: valor final de algún elemento.

**Eventos:** Un evento es algo que sucede en un instante determinado de tiempo en la simulación, que podría hacer cambiar los atributos, variables, o acumuladores de estadísticas.

Para construir modelos en el Arena es importante familiarizarse con el entorno de trabajo del programa (ver anexo 4).

En este se representan diferentes tipos de barras (proyecto, herramientas y estado) y paneles donde se trabajarán con los diferentes tipos de módulos (Flowchartview y Spreadsheetview).

Flowchartview: En este módulo las formas se colocan en la ventana de modelado y son conectadas en forma de diagrama de flujo.

Spreadsheetview: En este módulo contiene la información del modelo, ellos son editados a través de una interfaz de hoja de cálculo.

Para la construcción de los modelos en el programa Arena es fundamental la selección, en la barra de proyectos, de los módulos en los siguientes paneles (ver anexo 5).

Proceso Básico: Contiene los elementos básicos de construcción de modelos.

- ❖ Proceso Avanzado: Contiene más módulos para tareas adicionales.
- ❖ Transferencia Avanzada: Tiene opciones para mover entidades.

En el Anexo 6 se pueden ver las características y funciones de los módulos principales del panel de procesos básicos y el Anexo 7 muestra un ejemplo de salida de datos usando programas raíces del sistema.

Ventajas de la simulación:

- ❖ Elección correcta: La simulación permite probar cada aspecto de un cambio propuesto o adición sin comprometer recursos para su adquisición.
- ❖ Explore posibilidades: Una de las más grandes ventajas de usar el software de simulación es que una vez que se desarrolle un modelo válido de simulación, puede explorar nuevas políticas, procedimiento de operación o métodos sin el gasto y la ruptura de experimentar con el sistema real.
- ❖ Identificación de restricciones: Usando la simulación se puede realizar un análisis de los cuellos de botella y descubrir la causa de los retrasos en el proceso de trabajo, información, materiales u otros procesos.
- ❖ Especifique requerimientos: La simulación puede usarse para especificar los requerimientos para un diseño del sistema.

Desventajas de la simulación:

- ❖ Los resultados de la simulación pueden ser difícil de interpretar: Dado que muchas salidas del sistema son variables aleatorias, puede ser difícil determinar si una observación es un resultado de interrelaciones o aleatoriedad del sistema.
- ❖ El modelamiento y el análisis pueden consumir tiempo y ser caro: Escatimar recursos en el modelado y análisis puede producir resultados del modelo de simulación y/o análisis que no son suficientes para la tarea.

## 2.2 Conclusiones parciales

1. A partir de un amplio análisis se estructura un procedimiento para la mejora de la planificación de las operaciones, donde se emplean una serie de técnicas y herramientas.
2. Se utiliza la Teoría de las Restricciones para la determinación de las causas y el problema raíz, así como para la búsqueda de mejoras ante la problemática existente, por lo que despliegan métodos de previsión de la demanda, cálculo de variación estacional, Método tabular para la determinación del Plan Maestro de Producción, Método Proporcional para el cálculo de capacidad instalada, Método Tabular para el cálculo de los Tiempos Totales de Procesamiento, reglas de despacho para obtención de secuencias de fabricación de artículos, diagrama Gantt.
3. El uso de la simulación a través del software Rockwell Arena 15.0 permite probar cada aspecto de un cambio propuesto o adición sin comprometer recursos para su adquisición, explorar nuevas políticas y procedimientos, determinar los cuellos de botellas, entre otros elementos.

### **Capítulo 3. Aplicación del procedimiento para la mejora de la planificación de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”**

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos mediante la aplicación del procedimiento para la mejora de la planificación de las operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.

#### **Etapas I. Caracterización y clasificación de la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”**

##### **Paso 1. Formación del equipo de trabajo**

La formación del equipo de trabajo consta de siete personas, denominados expertos, dentro de las cuales se encuentran miembros del Consejo de Dirección y especialistas del taller de reparación de la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”. Para la realización de este equipo de trabajo fue necesaria una preparación previa con el objetivo de lograr homogenizar el lenguaje. En esta preparación se abordaron temas como la Gestión de Procesos, Administración de Operaciones, Capacidad Instalada, Pronóstico, Previsión de la demanda Programación de Operaciones, entre otros. Gracias a este intercambio se pudo apreciar que los miembros del equipo tenían conocimientos de algunas técnicas y herramientas que se utilizan en la investigación. El equipo de trabajo quedó formado por las siguientes personas:

1. Ileana Amparo Flores Morales (Directora General)
2. María Esther Montero Valdés (Director UEB Producción y Reparación Ferroviaria)
3. Pedro Lázaro Carrillo Cárdenas (Especialista Superior Mecánico)
4. Rodolfo Martínez Chávez (Analista “A” en Producción)
5. Ignacio Toscano Sosa (Especialista Mecánico)
6. María Cristina Morales González (Jefe de Taller de Reparaciones Ferroviarias)
7. Gilfredo Gómez Hernández (Jefe de Taller de Construcciones Ferroviarias)

##### **Paso 2. Caracterización**

La Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” es una entidad estatal cubana miembro del Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica (GESIME), que pertenece al Ministerio de Industria, la misma se dedica a la construcción y reparación de equipos ferroviarios. Para la mejor comprensión del funcionamiento de la EIF “José Valdés Reyes” se hizo énfasis en las variables propuestas (ver anexo 8). A partir del anexo 9 al anexo 13 se muestran datos estadísticos sobre la composición de la fuerza de trabajo, así como el organigrama de la empresa y para un mejor



entendimiento de la estructura funcional de la empresa en el anexo 14 podemos observar el mapa de procesos de la entidad.

### Paso 3. Clasificación

La EIF “José Valdés Reyes” brinda servicios a la Empresa de Ferrocarriles de Cuba, pero debido a las características tecnológicas de sus procesos posee como tipo de sistema el de manufactura, ya que se dedica a la reparación y construcción de equipos ferroviarios.

De acuerdo a los criterios de los autores seleccionados la entidad objeto de estudio se clasifica la entidad a partir de la confección de la Tabla 3.1, la cual se muestra a continuación.

Tabla 3.1 Clasificación de la entidad objeto de estudio.

<b>Autores</b> (Referido en(Medina-León <i>et al.</i> , 2001))	<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>
Portuondo Pichardo (1983)	Tipo de producción	Seriada
Arjona Siria (1979) (Schroeder, R., 1992)	Tipo de pedido	Contra pedido
Mallo (s.a.)	La empresa como sujeto	Simple
(Schroeder, R., 1992)	Tipo de flujo de proceso	Intermitente (por batch)

Fuente: Elaboración propia.

## Etapa II. Descripción del flujo productivo del taller

### Paso 4. Descripción de las operaciones del proceso de reparación de equipos ferroviarios.

El taller de reparaciones de la EIF “José Valdés Reyes” se clasifica en talleres de configuración por lotes, configurados en Flow Shop, aquellos donde los distintos productos siguen una misma secuencia de fabricación.

El proceso de reparación de equipos ferroviarios inicia con el arribo de los mismos al taller, seguidamente se realiza la limpieza de los mismos, después se realiza una defectación inicial estructural, la cual debe hacerse de forma exhaustiva y se procede a realizarse el desmantelo estructural. Posteriormente se procede al desmonte de trucks y seguidamente al montaje de elementos estructurales. Después se realiza el desmonte del sistema de tracción y choque, se pasa a realizar la reparación del mismo y posteriormente a su montaje. Seguidamente se realizará el montaje del sistema de frenos, después se realiza la limpieza del vagón y la aplicación de pintura anticorrosiva, después de que esta esté seca se aplica pintura de esmalte, posterior a este proceso se realiza el montaje de los trucks y luego la estabilización del equipo y se monta el

regulador de freno. Seguidamente se procederá a realizar una inspección de calidad y acto seguido se realiza una re-inspección (ver anexo 15).

El diagrama OPERIN muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones e inspecciones en un taller. Con el objetivo de visualizar el proceso de forma gráfica se realiza el diagrama OPERIN para la reparación de los equipos ferroviarios (Ver anexo 16).

### **Etapas III. Diagnóstico de la planificación de operaciones**

#### **Paso 6. Determinación de las causas que originan los problemas y propuestas de mejora**

Con el objetivo de verificar cuáles son los problemas fundamentales que afectan el proceso de reparación de equipos ferroviarios se realiza una lluvia de ideas donde participan los integrantes del equipo de trabajo. La misma se realiza de manera no estructurada, admitiéndose todo tipo de criterios, enfocados todos en las situaciones fundamentales que presenta el proceso. Con los resultados de la tormenta de idea se muestra los estados deseables del proceso en el taller de reparaciones a partir de la confección del árbol de realidad actual y futura, el cual se muestra en la figura 3.1.

Árbol de realidad actual:

Como primer paso para la práctica del método se realizó un listado de efectos indeseables (EIDEs) conseguidos a través de la tormenta de ideas que se realiza, la observación directa y la revisión de documentos.

EIDEs:

- ❖ Mala planificación de las tareas administrativas
- ❖ Incumplimiento de los planes de producción.
- ❖ Retraso en la entrega de piezas del taller de construcciones
- ❖ Deficiencias en la toma de decisiones por parte de la organización.

Una vez establecido el listado de efectos indeseables y posibles causas de los mismos se elabora la matriz de relaciones cruzadas, donde a cada efecto se le asigna una nomenclatura antes de ser llevadas a la matriz. La misma se muestra a continuación en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Matriz de relaciones cruzadas.

No.	Problemas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Falta de organización de la planificación de las tareas administrativas	---	no	sí	no	sí	no	no	no	no
2	No existencia de líneas para el parqueo de la producción terminada y la producción en proceso	no	---	no	no	no	no	no	no	no
3	No existencia de información clave para la toma de decisiones.	no	no	---	no	no	no	no	no	no
4	No existencia de un enfoque de procesos.	sí	no	no	---	no	no	no	no	no
5	Retraso en la entrega de piezas del taller de construcciones	no	no	sí	no	---	no	no	no	no
6	Deficiencias en la toma de decisiones por parte de la organización	no	no	sí	no	sí	---	no	no	no
7	Deficiencias en la gestión de las operaciones en taller de reparaciones	no	no	sí	sí	sí	sí	---	no	no
8	Obsolescencia tecnológica y no completamiento de gran parte del equipamiento del taller	no	no	sí	no	no	no	no	---	no
9	La falta de información gráfica en las brigadas del taller	no	no	sí	sí	no	no	no	no	---

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las relaciones entre los efectos indeseables, se pudo confeccionar el árbol de realidad actual, el cual permite identificar que la deficiente gestión de operaciones es el problema raíz en el taller de reparaciones.

Nube de conflicto:

La nube de conflicto crea una posibilidad de presentar de forma precisa el conflicto del problema raíz, en este caso la necesidad de un procedimiento que solvete las deficiencias en la gestión de operaciones, donde se dirija hacia la búsqueda de diferentes soluciones a los problemas que presente el proceso.

Árbol de realidad futura:

La solución inicial representa el punto de partida del árbol de realidad futura (ARF), el cual pretende eliminar los efectos indeseables principales. Esto conlleva a redactar lo opuesto a los EIDEs, que serían los efectos deseables (EDE).

- ❖ Eficiente organización de la planificación de las tareas administrativas
- ❖ Llegada a tiempo de las piezas del taller de construcciones
- ❖ Disminución el tiempo de estadía de los equipos en el proceso de reparación.
- ❖ Mejora la toma de decisiones por parte de la directiva de la organización.
- ❖ Existencia de información clave para la toma de decisiones.

La aplicación de esta técnica posibilita realizar un diagnóstico del proceso de gestión de operaciones, en el cual se verificó la existencia de varios elementos influyentes, lo cual reafirma la necesidad de un procedimiento que permita solventar dichos problemas.

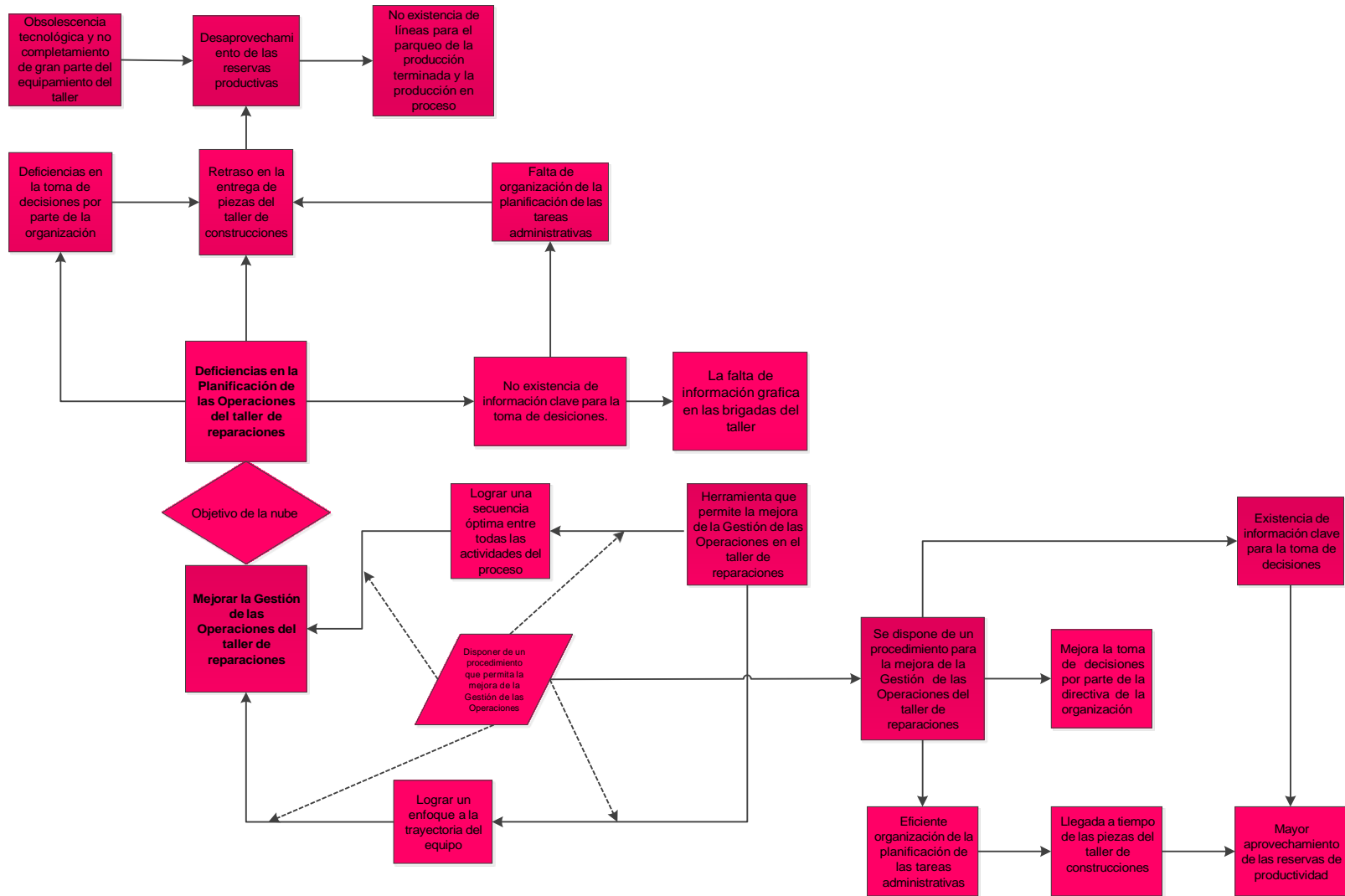


Figura 3.2 Árboles de realidad actual y futura. Fuente: Elaboración propia.

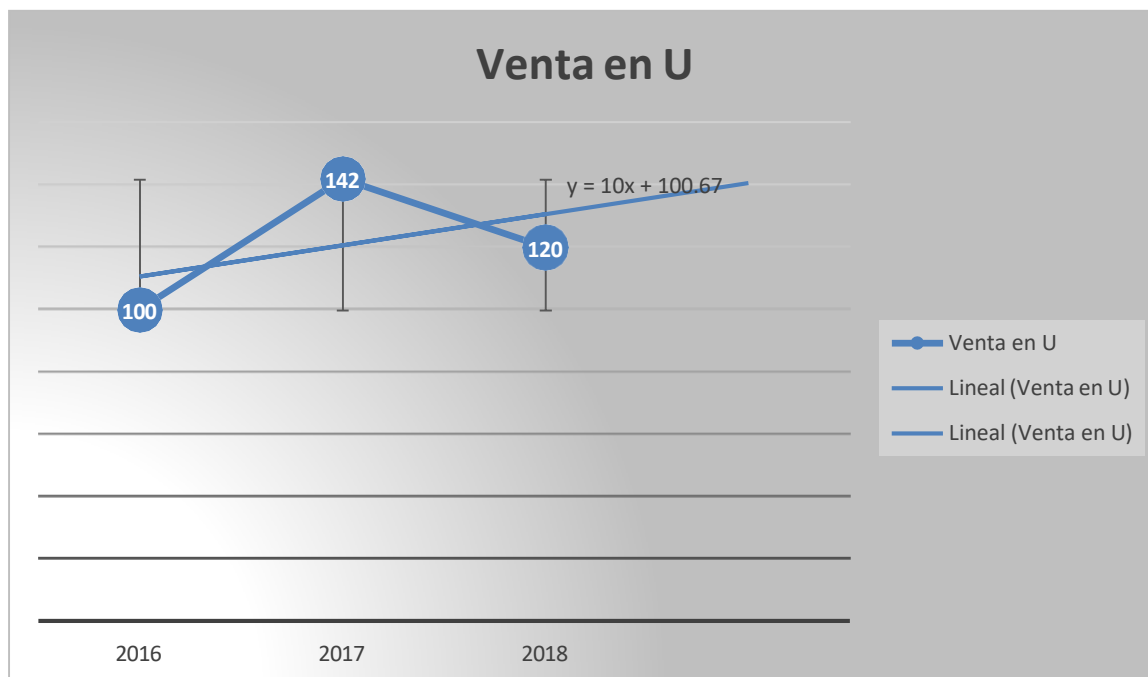
## Etapa IV. Aplicación de métodos de planificación de operaciones para su mejora.

### Paso 6. Previsión de la demanda.

Durante la revisión de documentos se constató que en la empresa no se realiza la previsión de la demanda, los planes operativos anuales se elaboran de manera empírica y sin tener en cuenta los datos históricos de producción, por lo que se decide elaborar la previsión de la demanda para el año 2019, usando un método cualitativo por serie de tiempo, como se dispone de información sólo de tres períodos de tiempo y bajo el criterio de selección de (Torres Gemeil, M; Daduna, J.R. and Mederos Cabrera, B., 2003) se elige el método de los semipromedios a pesar de estar clasificado como factible con riesgo.

El método de los semipromedios es una forma muy rápida de estimar una línea de tendencia recta. Los datos se dividen primero en dos partes, y luego se calculan los medios de los valores de cada una de ellas centrándolos en los puntos medios de los intervalos temporales abarcados por el sector respectivo. La recta que une ambas medidas (o semipromedios) es la línea de tendencia estimada. En la figura 3.3 podemos observar las ventas reales en unidades físicas para los años correspondientes además podemos observar la recta que representa los valores mostrados en tabla con la ecuación que la representa.

Figura 3.3 Histórico de ventas en unidades físicas.



Fuente: Elaboración propia.

Primer semipromedio: 100

Segundo semipromedio: 120

Si se sustituye el valor de los años por números consecutivos (más pequeños) y se traslada el eje de coordenadas, hasta coincidir el “cero” con el valor del primer semipromedio, se facilita enormemente el razonamiento posterior y los dos puntos calculados ahora serían (0; 100) y (3; 120).

Tabla 3.3 Valores de la variable x una vez trasladado el cero

2015	2016	2017	2018	2019
0	1	2	3	4

Fuente: *Elaboración propia*

Esta medida (Sesgo o **BIAS** en inglés y Error promedio para otros autores), al tomar un valor positivo indica que se están haciendo sobreestimaciones, y al contrario si es negativo. Para ello, se halla la media de las desviaciones, sin eliminar su signo:

$$B = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)}{n}$$

Observe que el denominador “n” está dado por el número de periodos para los cuales es posible conocer o comparar la estimación realizada con el valor real.

Desviación media absoluta (**MAD**).

Halla la media de las desviaciones absolutas de las previsiones respecto a los valores reales.

Esta medida penaliza de igual modo los errores grandes que los pequeños:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

Schroeder (1992) plantea como un uso del MAD, el hecho de determinar si el pronóstico está acorde con los valores reales de la serie. Para determinar esto, se calcula una señal de rastreo (SR):

$$SR = \frac{\text{Suma acumulada de la desviación del pronóstico}}{MAD}$$

La señal de rastreo es, por lo tanto, un cálculo de la tendencia en el numerador, dividida entre la estimación más reciente de MAD. Si se supone que las variaciones en la demanda son aleatorias, entonces los límites de control de  $\pm 6$  en la señal de rastreo asegurarán que sólo en una probabilidad máxima del 3% dichos límites serán excedidos por casualidad. De esta manera, cuando la señal de rastreo pasa de  $\pm 6$ , debe detenerse el método de pronóstico y volver a observar la demanda y estimarla de manera más exacta.

#### Desviación Cuadrática Media (**M.S.E**).

Halla la media de las desviaciones entre las previsiones y los valores reales elevados al cuadrado. De este modo las desviaciones grandes van aumentando su influencia respecto a las pequeñas, por lo que será mejor aquella técnica que garantice valores menores de MSE.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n \left( Y_t - \hat{Y}_t \right)^2}{n}$$

#### Desviación estándar.

Una forma de tener presente las desviaciones, consiste en definir un intervalo alrededor del valor estimado, dentro del cual deba estar el valor futuro con una cierta seguridad (o fuera del cual pueda encontrarse el valor futuro en pocas ocasiones). Companys (1989).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-2}}$$

Lo que permitirá decir que si la serie histórica se comporta según una distribución normal, los valores futuros estarán en determinado porcentaje en la zona delimitada por los límites de los diferentes múltiplos de  $\sigma$ .

#### Error Porcentual Medio Absoluto (**MAPE**).

Proporciona una idea sobre el volumen de los errores como un porcentaje de la demanda.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left[ \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \cdot 100 \right]}{n}$$



Tabla 3.4 Pronóstico 2019 con las medidas de error

Año	Producción	Pronóstico	BIAS	MAD	MSE	MAPE
2016	100	110,67	-10,67	10,67	113.85	- 10.67
2017	142	120,67	21,33	21,33	454.96	15.02
2018	120	130,67	-10,67	10,67	113.85	- 8.89
2019		140,67	-0,1	42,67	1820.72	4,54

Fuente: *Elaboración propia*

BIAS= -0,03      MAD= 14.22      SR= -0,007

MSE= 606.9      MAPE= - 1.51

El pronóstico para el año 2019 es de 141 unidades de producto terminado, como se puede apreciar el valor del BIAS es negativo y muy cercano a 0 lo que significa que se está subestimando el pronóstico, en cuanto a la señal de rastreo se encuentra dentro de los límites  $\pm 6$  por lo que el estudio con este método es válido.

### **Variación estacional.**

Mientras que el análisis de la tendencia tiene implicaciones en la planificación administrativa a largo plazo, el análisis del componente estacional de una serie histórica tiene implicaciones a corto plazo más inmediatas. Los planes del mercado y de fuerza de trabajo, por ejemplo, tienen que tomar en consideración los modelos estacionales esperados sobre el mercado de trabajo y en las compras de los consumidores. La identificación del componente estacional en una serie histórica difiere del análisis de la tendencia por lo menos en dos formas. Primero, mientras que la tendencia se determine directamente de los datos disponibles, el componente estacional se determina eliminando los otros componentes de los datos, de manera que sólo quede el estacional. Segundo, mientras que la tendencia se representa por una línea de mejor ajuste, o ecuación, un valor estacional diferenciado tiene que calcularse para cada mes (o estación, etc.) del año, generalmente en forma de un número índice.

El método del porcentaje promedio suministra un procedimiento rápido y simple para elaborar un índice estacional. El primer paso consiste en expresar la información de cada mes (o sub periodos) correspondientes, se promedian para obtener el conjunto de números que constituyen el índice estacional.

Tabla 3.5 Unidades de producto terminado mensualmente para cada año

	2016	2017	2018
Enero	3	5	6
Febrero	8	10	11
Marzo	7	14	14
Abril	12	14	9
Mayo	10	11	10
Junio	7	14	12
Julio	5	13	13
Agosto	6	10	7
Septiembre	9	10	8
Octubre	12	15	10
Noviembre	10	12	10
Diciembre	11	14	10
Total	100	142	120
Promedio	8.33	11.83	10.00

Fuente: Departamento de Operaciones

En la Tabla 3.6 las columnas (1), (2) y (3) es resultado de dividir el valor real de cada mes entre el promedio mensual para el año, expresado en por ciento. A continuación, se promedian los porcentajes de los mismos meses; para determinar el índice estacional, se utiliza una media o mediana.

Tabla 3.6 Variación estacional para el año 2019.

	2016	2017	2018	Indice	Pronóstico	2019
Enero	36.00	42.25	60.00	46.08451	5.41	5
Febrero	96.00	84.51	110.00	96.83568	11.38	11
Marzo	84.00	118.31	140.00	114.1033	13.41	13
Abril	144.00	118.31	90.00	117.4366	13.80	14
Mayo	120.00	92.96	100.00	104.3192	12.26	12
Junio	84.00	118.31	120.00	107.4366	12.62	13
Julio	60.00	109.86	130.00	99.95305	11.74	12
Agosto	72.00	84.51	70.00	75.50235	8.87	9
Septiembre	108.00	84.51	80.00	90.83568	10.67	11
Octubre	144.00	126.76	100.00	123.5869	14.52	15
Noviembre	120.00	101.41	100.00	107.1362	12.59	13
Diciembre	132.00	118.31	100.00	116.77	13.72	13

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculados los números índices, se requiere de realizar un pronóstico para el año próximo (por cualquiera de los métodos expuestos para el cálculo de la tendencia) y afectarlo por estos índices para obtener su correspondiente estimación mensual.

### **Paso 7. Elaboración del Plan Maestro de Producción.**

Se selecciona el método tabular para la elaboración del Plan Maestro de Producción ya que las técnicas de tablas y gráficos son fáciles de entender y de utilizar. Básicamente estos planes funcionan con unas pocas variables al mismo tiempo para permitir a los planificadores comparar la demanda estimada con la capacidad existente. Son métodos de prueba y error que no garantizan un plan de producción óptimo, pero requieren sólo unos pocos cálculos sencillos y pueden ser realizados por el personal de oficina.

Columna (1): Indica los intervalos en que se divide el horizonte

Columna (2): Días laborables para cada intervalo.

Columna (3): Días laborables acumulados.

Columna (4): Demanda estimada en unidades dentro del horizonte del plan.

Columna (5): Demanda estimada acumulada en unidades dentro del horizonte del plan.

Columna (6): Representa la razón de producción mensual. Establece la razón de producción diaria en el mes en curso necesaria a cumplimentar para garantizar el plan mensual una vez concluido el período, y se calcula.  $\text{Razón (6)} = (4) / (2)$ .

Columna (7): Representa la razón de producción acumulada. Establece la razón de producción “diaria” para todo el período en curso que permite garantizar al final del mismo el cumplimiento del plan con una razón de producción constante. Se calcula como la demanda acumulada entre los días laborables acumulados:  $\text{Razón (7) acum.} = (5) / (3)$ .

Columna (8): Contiene los datos del stock ideal, el cual es la cantidad de artículos que se desean tener fabricados sobre la demanda al final del mes en cuestión para satisfacer variaciones positivas en la demanda o subsanar errores en la previsión. Si las desviaciones son en el sentido de que la demanda real es inferior a la prevista, los stocks serán superiores a los planificados y por consiguiente en un nuevo ciclo de planificación se efectuará la corrección pertinente. Sin embargo, si la demanda es superior a la prevista se puede producir una rotura de stock, con la consiguiente pérdida de ventas y otros efectos perturbadores. Para eliminar estas desviaciones negativas, se acostumbra a fijar un plan asociado a un stock ideal, que, de cumplirse exactamente

las previsiones sobre la demanda, mantenga al final de cada mes un stock igual a un porcentaje de la demanda de dicho mes (usualmente igual al 10%).

Columna (9): Diferencia de stock, que se calcula:  $\text{Diferencia de stock} = \text{stock ideal} - \text{stock inicial}$

Esta diferencia de stock representa la variación entre lo que se quiere poseer en el stock y lo que realmente se espera tener en el mes anterior. Significa la cantidad con la que hay que rectificar la demanda. Por ejemplo, si a principios de enero el stock es de 100 unidades y se desea al final de dicho mes uno de 2100 unidades, la variación de stock exige producir en enero 2000 unidades más que la que indica la demanda; si al final de febrero el stock deseado es de 2300 unidades solamente, la variación de stock nos proporciona 200 unidades para atender la demanda, por lo que la producción de febrero deberá ser 200 unidades superior a dicha demanda, etc.

Columna (10): Contiene la demanda rectificada que se calcula:

$\text{Demanda Rectificada} = \text{Demanda (4)} + \text{Diferencia de stock (9)}$

Rectificar la demanda garantiza que al final de cada período se haya producido la demanda planificada y se garantice el porcentaje de stock fijado.

Columna (11): Representa la demanda rectificada acumulada hasta la fecha final del período analizado.

Columna (12): Representa la razón de producción mensual sobre la base de la demanda rectificada. Establece la razón de producción diaria en el mes en curso necesaria a cumplimentar para garantizar el plan de producción y además el porcentaje de stock fijado una vez concluido el período, y se calcula:  $\text{Razón (12)} = (10) / (2)$ .

Columna (13): Representa la razón de producción acumulada sobre la base de la demanda rectificada. Establece la razón de producción “diaria” para todo el período en curso que permite garantizar al final del mismo el cumplimiento del plan con una razón de producción constante y además al final de cada uno de los períodos el porcentaje de stock fijado. Se calcula como la demanda rectificada acumulada entre los días laborables acumulados:  $\text{Razón (13) acum.} = (11) / (3)$ .

Columna (14): Representa los niveles de existencia de producción en el período dado en función de la tasa de producción seleccionada. Para una tasa de producción constante, sobre la base de la demanda rectificada y garantizando un porcentaje prefijado de stock sería:

$\text{Columna (14)} = \text{Tasa seleccionada} * \text{Columna (2)} + \text{Existencia real en almacén en el período } n-1$ .

Columna (15): Niveles de existencia al final del período después de las ventas.

$$(15) = \text{Producción en existencia (14)} - \text{Demanda requerida (4)}$$

Columna (16): Diferencia de stock: Representa la diferencia entre la producción que se posee en existencia en el período dado y la demanda rectificada del propio período. Este resultado indica el comportamiento del stock en el período (exceso o ruptura de stock).

$$\text{Columna (16)} = (14) - (10)$$

Tabla 3.6 Plan Maestro de Producción año 2019.

1	2	3	4	5	6	7	8
MES	DIAS LAB	ACUMUL	DEMAND	DEM ACUM	TS MENS	TS ACUM	STOC DES
ENE	23	23	5	5	0.217	0.217	5
FEB	22	45	11	16	0.500	0.356	11
MAR	24	69	13	29	0.542	0.420	13
ABR	23	92	14	43	0.609	0.467	14
MAY	24	116	12	55	0.500	0.474	12
JUN	24	140	13	68	0.542	0.486	13
JUL	21	161	12	80	0.571	0.497	12
AGO	24	185	9	89	0.375	0.481	9
SEP	23	208	11	100	0.478	0.481	11
OCT	24	232	15	115	0.625	0.496	15
NOV	24	256	13	128	0.542	0.500	13
DIC	21	277	13	141	0.619	0.509	13
TOTAL	277		141		0.509		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.7 Plan Maestro de Producción año 2019. (Continuación)

9	10	11	12	13	14	15	16
DIFEREN	DEM.RECT	DEM.R.AC	TS M.RECT	TS AC. RECT	Exist. Prod	Ex. Al final del período	Diferencia de stock
0	5	5	0.217	0.217	5	0	0
6	17	22	0.773	0.489	17	6	0
2	15	37	0.625	0.536	15	2	0
1	15	52	0.652	0.565	15	1	0
-2	10	62	0.417	0.534	10	-2	0
1	14	76	0.583	0.543	14	1	0
-1	11	87	0.524	0.540	11	-1	0
-3	6	93	0.250	0.503	6	-3	0
2	13	106	0.565	0.510	13	2	0
4	19	125	0.792	0.539	19	4	0
-2	11	136	0.458	0.531	11	-2	0
0	13	149	0.619	0.538	13	0	0
2	143		0.516		143	2	0

Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar los datos el equipo de trabajo en base a los valores de las existencias al final del período, determinan no fabricar 6 unidades extra en el mes de febrero por dos principales razones: es el mes más uno de los meses más cortos del año y por el ciclo de entrada de las importaciones de materias primas al país por lo que se decide trasladar las unidades para los meses de mayo, julio y octubre. Además, se decide no fabricar las 2 unidades extra en marzo, puesto que no es interés de la empresa terminar el año con unidades en stock. La decisión de no fabricar en agosto las unidades que se trasladaron hacia otros meses está en función, de que es el uno de los meses de receso docente y muchos trabajadores planifican sus vacaciones para ese mes.

Después analizadas todas las consideraciones el Plan Maestro de Producción de la Empresa Industrial Ferroviaria para el año 2019 queda conformado como se muestra en la Tabla 3.8.

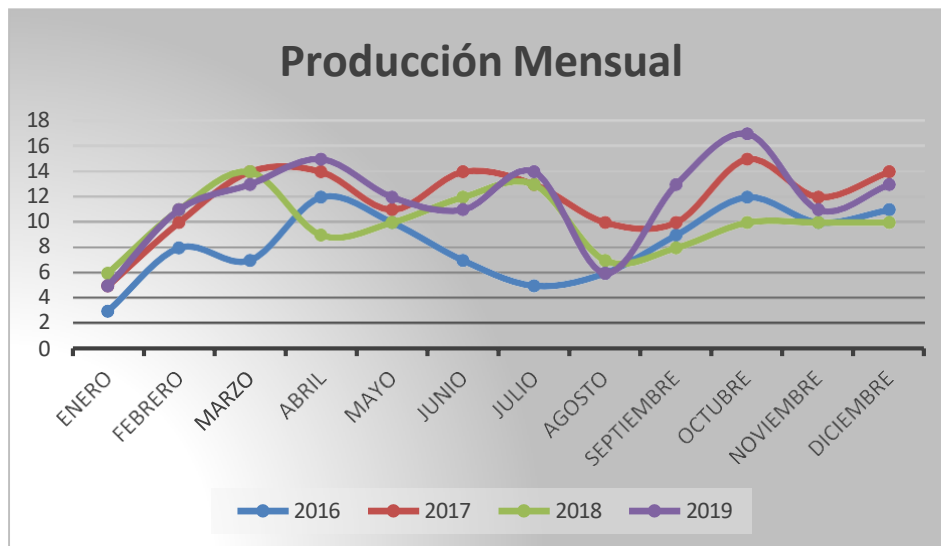
Tabla 3.8 Plan Maestro de Producción para el año 2019

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
5	11	13	15	12	11	14	6	13	17	11	13	141

Fuente: *Elaboración Propia*

Como se puede apreciar la Figura 3.4 muestra un patrón de datos que una vez representados se logra apreciar la concordancia que existe entre las decisiones tomadas por el grupo de expertos en función de los datos estadísticos.

Figura 3.4 Representación gráfica de la producción mensual.



Fuente: *Elaboración Propia*.

## **Paso 8. Cálculo de capacidad instalada**

Para el cálculo de la capacidad instalada se realizó una exhausta revisión de las normas de consumo elaboradas por el Departamento Técnico de cada modelo de equipo (Véase Anexo 17). Una vez terminada la revisión se elaboraron tablas resúmenes las cuales muestran los tiempos unitarios por operaciones para las brigadas de ensamblaje, las mismas agrupan la reparación del sistema de rodamientos, sistema de frenos, estructura, sistema de tracción y choque y la brigada de terminación. Como se clasificó anteriormente la empresa objeto de estudio brinda un servicio de reparación en el cual se desconoce el estado técnico de los equipos, pero se asume que los mismos arriban a la empresa para una reparación capital por lo que se calculó la capacidad en función de los tiempos totales de procesamiento. El análisis de la capacidad se realizó por brigadas, comenzando por la reparación del sistema de rodamiento (truck), el cual arrojó una capacidad total de 125 equipos al año (Véase del Anexo 18 al 37) en las condiciones actuales, la operación cuello de botella es la reparación de truck. Los puntos fundamentales en cada una de las brigadas coinciden con los puntos limitantes puesto que son operaciones mecánico-manuales y actualmente los recursos humanos de la empresa componen la principal ventaja competitiva en el entorno en el que se desarrolla. En el caso de la brigada de reparación del sistema de frenos se determinó una capacidad de 456 equipos al año por lo que en ese aspecto la mayor debilidad que posee la empresa es que cuenta con una sola máquina dobladora de tubos por lo que en estudios posteriores se debiera analizar la posibilidad de adquirir otra más, puesto que esta operación que la rotura de la misma supone la paralización del taller. En la reparación de estructura la operación cuello de botella es el Desarme estructural, la cual topa la capacidad a 136 equipos al año. En la reparación del sistema de tracción y choque el punto limitante es el Montaje con una capacidad de 267 equipos al año por lo que aparentemente no es necesario mejorar el proceso, pero realmente para dicha operación se utiliza la grúa viajera de 12,5 ton que la mayor parte del tiempo está enfrascada con la reparación estructural ya que debe brindarle apoyo a una media de 10 equipos simultáneamente, por lo que se hace necesario adquirir al menos dos brazos pescantes con una capacidad de carga de más de 2,5 ton, para lograr la máxima eficiencia del proceso. En el caso de la terminación el punto limitante es la imprimación de anticorrosivo y esmalte con una capacidad de 139 equipos al año. Cuando se revisa este estudio a simple vista se evidencia una contradicción con los resultados alcanzados en años anteriores, es necesario aclarar que estos resultados solo fueron posibles gracias a los trabajadores, que sacrificaron en incontables ocasiones su tiempo de descanso y acumularon un

sin número de horas extras para lograr esos resultados. Como se puede apreciar el sistema en condiciones normales no posee la capacidad para afrontar la demanda del año 2019.

### **Paso 9. Secuenciación.**

La secuenciación como se explica en el capítulo 1 se realiza para establecer el orden de las tareas, ya sea en una máquina o en un centro trabajo cualquiera. El taller objeto de estudio tiene dos indicadores principales de cumplimiento, el plan de ventas en cantidad de equipos y el plan de ventas en valor monetario, por lo que se generan dos secuencias principales en función de dos reglas de despacho con el objetivo de satisfacer dichas restricciones, primero se utilizó el tiempo de procesamiento más corto y después Primera que tenga el valor más alto de las ventas, para determinar la secuencia más eficiente se determinó el Tiempo Límite de Procesamiento (TLP) como medida de comparación (Véase Anexo 38) arrojando un valor total de 579 horas. La primera secuencia es E-H-F-G-C-A-B-D en función de la regla de despacho, Tiempo de Procesamiento más corto (SPT). Para la segunda secuencia no se poseen los datos monetarios de los artículos, pero se pudo inferir que la secuencia se construye en función del tiempo de procesamiento más largo puesto que uno de los principales componentes del precio final es el valor agregado por concepto de mano de obra, por lo que a mayor tiempo de procesamiento de artículo mayor valor total, considerando que todas las operaciones son mecánico-manuales. Por lo que la secuencia quedó establecida como D-A-B-C-F-G-H-E. Una vez establecidas las secuencias se procede a calcular el Tiempo Total de Procesamiento (TTP) para las dos secuencias con el objetivo de seleccionar la más adecuada, mediante el Método Tabular, ya que se desea seleccionar cual brinda el menor tiempo de procesamiento. Para la secuencia E-H-F-G-C-A-B-D el Tiempo Total de Procesamiento del lote es de 929 horas (Véase Anexo 39) y para la secuencia D-A-B-C-F-G-H-E es de 867 horas (Véase Anexo 40) por lo que definitivamente la segunda secuencia es más eficiente que la primera.

### **Paso 10. Temporización**

Para realizar la temporización se decide aplicar el diagrama Gantt, ya que visualiza el paso del tiempo con la programación, es continuo, resumido y de fácil lectura, además de ser fácil de confeccionar y visualiza rápidamente los retrasos (Medina León *et al.*, 2014) y de ser una solicitud de la Dirección General de la empresa pues es una necesidad de la misma. Para la construcción del diagrama Gantt se utiliza el modelo de desplazamiento combinado, el cual es una combinación del consecutivo y del paralelo, ya que en dicho diagrama se muestran actividades



que dependen de la anterior (consecutivo) y otras que no, es decir que se pueden hacer a la vez pues son de otra brigada (paralelo). El mismo se vincula a este documento puesto que el número de operaciones con la cantidad de artículos genera un diagrama que no es visualmente entendible en el formato del presente documento. ([Diagrama Gantt](#)).

### **Etapas V. Propuesta de acciones de mejora para la mejora de la gestión de operaciones en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.**

Tabla 3.9 Plan de acciones de mejora de la gestión de operaciones.

<b>Deficiencias</b>	<b>Propuestas</b>	<b>Responsable</b>	<b>Objetivos a alcanzar</b>
No existencia de un procedimiento para el cálculo de la previsión de la demanda	Implementar en el manual de procedimientos el método de la previsión de la demanda desarrollado en este estudio.	Dirección UEB Reparaciones y Construcciones ferroviarias.	Mejora la toma de decisiones por parte de la directiva de la organización.  Existencia de información clave para la toma de decisiones.  Eficiente organización de la planificación de las tareas administrativas
No se determina adecuadamente la variación estacional	Implementar en el manual de procedimientos el cálculo de variación estacional desarrollado en este estudio.	Dirección UEB Reparaciones y Construcciones ferroviarias.	Mejora la toma de decisiones por parte de la directiva de la organización.  Existencia de información clave para la toma de decisiones.  Eficiente organización de la planificación de las tareas administrativas
No existencia del Plan Maestro de Producción.	Implementar en el manual de procedimientos el cálculo del plan maestro de producción desarrollado en este estudio.	Dirección UEB Reparaciones y Construcciones ferroviarias.	Mejora la toma de decisiones por parte de la directiva de la organización.  Existencia de información clave para la toma de decisiones.  Eficiente organización de la planificación de las tareas administrativas

Tabla 3.9 (Continuación) Plan de acciones de mejora de la gestión de operaciones.

Baja capacidad de proceso de reparación del sistema de rodamientos	Crear una brigada de trabajo con obreros de la brigada de reparación de sistema de freno; con la adecuada capacitación, para balancear la línea de producción.	Dirección de Recursos Humanos Dirección Reparaciones y Construcciones ferroviarias. UEB	Transferir carga de un subsistema a otro. Aumentar capacidad de proceso de reparación del sistema de rodamientos Disminuir el tiempo de estadía de los equipos en el proceso de reparación.
Baja capacidad de proceso de Terminación y acabado.	Adquirir un airless o cuatro pistolas de vaso <sup>1</sup>	Dirección Reparaciones y Construcciones ferroviarias. Dirección Logística. UEB	Aumentar capacidad de proceso de Terminación y acabado. Disminuir el tiempo de estadía de los equipos en el taller
Baja capacidad de proceso de Reparación de Estructura	Adquirir cinco equipos de soldar	Dirección Reparaciones y Construcciones ferroviarias. Dirección Logística. UEB	Aumentar capacidad de proceso de Reparación de Estructura Disminuir el tiempo de estadía de los equipos en el taller
Falta de organización de la planificación de las tareas administrativas	Aplicar secuencia de procesamiento de artículos y utilizar el Diagrama Gantt como base para la planificación de las actividades del taller de reparaciones	Dirección Reparaciones y Construcciones ferroviarias. UEB	Mejorar la Gestión de las Operaciones del taller de reparaciones. Disminuir el tiempo de estadía de los equipos en el taller

<p>Deficiencias en la toma de decisiones por parte de la organización</p>	<p>Contratar al menos dos especialistas mecánicos que se encarguen de inspeccionar todos los subsistemas de los equipos en aras de determinar exactamente cuáles son las condiciones de los equipos que arriban al taller.</p>	<p>Dirección de Recursos Humanos Dirección de Reparaciones y Construcciones ferroviarias.</p>	<p>UEB y</p> <p>Disminuir el tiempo de estadía de los equipos en el proceso de reparación. Llegada a tiempo de las piezas del taller de construcciones. Eficiente organización de la planificación de las tareas administrativas. Existencia de información clave para la toma de decisiones</p>
---	--	---	--

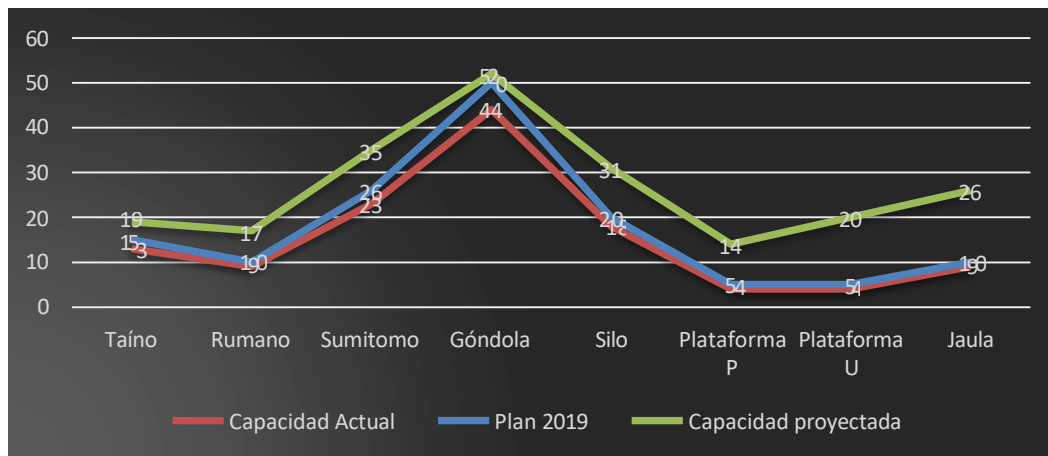
Fuente: *Elaboración propia.*

<sup>1</sup> Poco recomendable puesto que cubre menor superficie y representa un mayor gasto de pintura por concepto de pérdidas por atomizado.

### Paso 12. Simulación del proceso de reparación de equipos ferroviarios.

Con el objetivo de determinar si el plan de mejoras propuesto cumple el objetivo general de la investigación se realiza la simulación del proceso de reparación de equipos ferroviarios, ofreciendo como dato de entrada el plan proyectado para el año 2019 y la capacidad actual. (Véase Anexo No. 42). Para un mejor entendimiento de los resultados se elabora la Figura 3.4.

Figura 3.4 Plan año 2019 vs Capacidad proyectada.



Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede apreciar si se aplica el plan de mejora en la empresa la capacidad de la misma sufre un incremento del 71%, bajo el supuesto de que se cuenta con todo el sistema logístico necesario para ejecutar las actividades. Por lo que la hipótesis se valida pudiendo afirmar si se aplica el procedimiento propuesto para la planificación de operaciones en la Empresa Industrial José Valdés Reyes se logrará un mejor aprovechamiento de las reservas de productividad en los procesos clave.

### 3.1 Conclusiones parciales

1. La Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” es miembro del Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica (GESIME), que pertenece al Ministerio de Industria, la misma se dedica a la construcción y reparación de equipos ferroviarios.
2. La construcción de los árboles de realidad actual y futura a través de la aplicación de la Teoría de las Restricciones permite el diagnóstico de los problemas que inciden en el taller y se evidencia la necesidad de una mejora de la gestión de operaciones.
3. El pronóstico para el año 2019 es de 141 unidades de producto terminado, la señal de rastreo se encuentra dentro de los límites  $\pm 6$  por lo que el estudio con este método es válido.
4. A partir de los resultados del pronóstico y de los cierres económicos de años anteriores se calculó la variación estacional.
5. Se calculó el plan maestro de producción usando como datos de entrada los resultados de la variación estacional.
6. Se determinó la capacidad instalada mediante el Método Proporcional, arrojando un valor de 125 equipos al año.
7. Se determinó la secuencia óptima de reparación de equipos ferroviarios quedando D-A-B-C-F-G-H-E con un Tiempo Total de Procesamiento de 867 horas para todos los modelos de equipo.
8. Se confeccionó el Diagrama Gantt de las actividades a desarrollar pudiendo visualizar todas las operaciones para los diferentes modelos de equipo.
9. A partir de las deficiencias detectadas se elaboró el plan de mejoras.
10. Se simuló el proceso de reparación de equipos ferroviarios teniendo en cuenta las medidas propuestas en el plan de mejoras y arrojó un total de 214 equipos al año, validando así la hipótesis.

## Conclusiones generales

1. El transporte ferroviario es de gran importancia ya que permite el traslado de grandes cantidades de mercancías en largos recorridos, los costos de la operación son relativamente bajos, posee gran flexibilidad, la tasa de siniestralidad es baja y evita los problemas de la congestión de tráfico.
2. El estudio de la administración de operaciones y sus funciones es de vital importancia, pues abarca tanto los servicios como la manufactura, maneja eficientemente la productividad y desempeña un rol estratégico en el éxito competitivo de las organizaciones.
3. Se estructura un procedimiento que incluye una serie de métodos y técnicas como: diagrama OPERIN, matriz de las relaciones cruzadas, árbol de realidad actual y futura, método de previsión de la demanda, cálculo de la variación estacional, método tabular para la determinación del Plan Maestro de Producción, método proporcional para la determinación de la capacidad, diagrama Gantt y la simulación, entre otras que contribuyen a la mejora de la planificación de las operaciones.
4. La Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” es una entidad estatal cubana miembro del Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica (GESIME), la cual debido a sus características tecnológicas posee como tipo de sistema el de manufactura, pues se dedica a la construcción y reparación de equipos ferroviarios.
5. La construcción de los árboles de realidad actual y futura a través de la aplicación de la Teoría de las Restricciones permite el diagnóstico de los problemas que inciden en el taller de reparaciones de la empresa.
6. El pronóstico para el año 2019 es de 141 unidades de producto terminado, la señal de rastreo se encuentra dentro de los límites  $\pm 6$  por lo que el estudio con este método es válido. A partir de los resultados del pronóstico y de los cierres económicos de años anteriores se calculó la variación estacional y usando como datos de entrada los resultados del método anterior se determinó el plan maestro de producción para el 2019.
7. Se determinó la capacidad instalada arrojando un valor de 125 equipos al año.
8. Se determinó la secuencia óptima quedando D-A-B-C-F-G-H-E con un Tiempo Total de Procesamiento de 867 horas para todos los modelos de equipo y se construyó el Diagrama Gantt.
9. Se simuló el proceso de reparación de equipos ferroviarios teniendo en cuenta las medidas propuestas en el plan de mejoras y arrojó un total de 214 equipos al año, validando así la hipótesis.

## Recomendaciones

1. Incluir este proceder dentro del Manual de procedimientos de la empresa como guía para la planificación de operaciones
2. Utilizar el presente estudio como base para una posterior investigación de carácter similar en el taller de construcciones ferroviarias.
3. A partir de los resultados alcanzados en el estudio generar una investigación concerniente a la gestión de inventarios con el objetivo de determinar con exactitud los inventarios ociosos.
4. Ampliar el estudio de previsión de la demanda incorporando al principal cliente con el objetivo de establecer un cronograma de entradas y salidas de equipos al taller de acorde al plan de producción propuesto.

## Bibliografía

1. Falcón, R., «*El sistema ferroviario en el desarrollo de la nación.*». 2015, [fecha de consulta: 15/2/18]. Disponible en: <http://www.elmundo.com.ve/firmas/moises-bittan/el-sistema-ferroviario-en-el-desarrollo-de-la-naci.aspx>
2. Fuentes, Ileana «*El ferrocarril en cuba, gloria de otros tiempos.* ». 2014, [fecha de consulta: 16 diciembre 2017]. Disponible en: <https://tocorotravel.com/blogs/.../el-ferrocarril-en-cuba-gloria-de-otros-tiempos7>
3. Ferrari, Bruno, «*Ferrocarriles argentinos*». 2013, [fecha de consulta: 17 febrero 2018]. Disponible en: <http://ferrocarriles-argentinos.blogspot.com/2013/10/ventajas-y-desventajas-del-transporte.html>
4. Stoner, J. . «*Administración de Empresas*», Sexta Edición, 2007, ISBN 9688806854.
5. Chen, J.C. (et. al). «*Capacity planning in thin film transistor – Liquid crystal display cell process.*» Journal of Manufacturing Systems, 2016, 39, 63-78, 0278-6125.
6. Guo, Zhaomiao (et. al). «*Infrastructure planning for fast charging stations in a competitive market.*» Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2016, 68, 215-227, 0968-090X.
7. Lorenzo, P., «*La importancia de ferrocarril en todo el país.*». Asociación Ferrotur Trasandino, 2007, [fecha de consulta: 31/3/18]. Disponible en: <https://ferroturtrasandino.wordpress.com/2008/02/03/la-importancia-del-ferrocarril-en-todo-el-pais/>
8. Ortiz-Triana, V. K. and Caicedo-Rolón, A. Jr. «*Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa.*» 2015, 1, 16, 0717-9103  
0718-8307.
9. Marqués León, M. , «*Modelo y procedimientos para la planificación de medicamentos y materiales de uso médico en instituciones hospitalarias del territorio matancero.*», [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas], Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Departamento de Ingeniería Industrial, 2013.
10. Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 2: Transporte ferroviario. Material rodante. Frenos neumáticos de equipos de arrastre y tractivos. Requisitos técnicos., NRMT 2: 1999, 1999a, La Habana, Cuba.
11. Adam, J. E. and Ebert, R. J. «*Administración de la producción y las operaciones.*», Prentice Hall Hispanoamericana SA., México, 2012, ISBN 9789688802212.
12. Cuba, Partido Comunista de. *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.* La Habana, Cuba, Gaceta Oficial, 2011.
13. García - Álvarez, Alberto. «*Operación de trenes de viajeros. Situación actual y perspectivas futuras.*» 1998,
14. Aguiar, Ricardo, «*Cuba prevé inversión extranjera en sector ferroviario.*». Prensa Latina, 2017, [fecha de consulta: 26/1/18]. Disponible en: <http://prensa-latina.cu/index.php?o=rn&id=130711&SEO=cuba-preve-inversion-extranjera-en-sector-ferroviario>
15. Arango - Serna, M. D. «*Modelización difusa para la planificación agregada de la producción en ambientes de incertidumbre.*», 2010, ISBN 0012-7353.



16. Lloga Fernández, R. «*La labor de los ingenieros militares en los ferrocarriles de Cuba .*» Arquitectura y urbanismo., 2016, 85-97.
17. Arroix Jiménez, T. and Jimenez Vega, M., P. «*La evolución del ferrocarril de Júcaro a Morón, en el contexto de la estructura socio-económica del estado nación de 1899-1920.*» Universidad y ciencia., 2017, 2227-2690.
18. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 63: 2004. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 63: Transporte ferroviario. Material rodante. Requisitos de circulación para equipos de arrastre.*, La Habana, Cuba, 2004.
19. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 58: 2002. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 58: Transporte ferroviario. Material rodante. Reglas para marcar los equipos ferroviarios.*, La Habana, Cuba, 2002a.
20. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 82: 2006. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 82: Transporte ferroviario. Material rodante. Codificación de los equipos de tracción y de arrastre ferroviarios.*, La Habana, Cuba, 2006a.
21. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 48: 2002. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 48: Transporte ferroviario. Material rodante. Reglas para la limpieza y fregado de los equipos ferroviarios.*, La Habana, Cuba, 2002b.
22. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 59: 2002. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 59: Transporte ferroviario. Material rodante. Preparación de superficies y aplicación de pinturas en los equipos ferroviarios.*, La Habana, Cuba, 2002c.
23. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 96: 2005. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 96: Transporte ferroviario. Material rodante. Revisiones técnicas de vagones, inspección, recepción, despacho y control.*, La Habana, Cuba, 2005a.
24. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 112: 2006. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 112: Transporte ferroviario. Material rodante. Clasificación de vagones de carga.*, La Habana, Cuba, 2006b.
25. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 19: 2000. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 19: Transporte ferroviario. Material rodante. Frenos manuales. Calzos metálicos y de madera. Requisitos de seguridad en su empleo.*, La Habana, Cuba, 2000a.
26. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 78: 2003. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 78: Transporte ferroviario. Material rodante. Fabricación, ensayos y empleo de mangueras de aire del freno.*, La Habana, Cuba, 2003.
27. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 2: 1999. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 2: Transporte ferroviario. Material rodante. Frenos neumáticos de equipos de arrastre y tractivos. Requisitos técnicos.*, La Habana, Cuba, 1999b.
28. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 18: 2000. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 18: Transporte ferroviario. Material rodante. Diagnóstico técnico para equipos tractivos. Requisitos generales.* , La Habana, Cuba, 2000b.

29. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 36: 2001. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 36: Transporte ferroviario. Material rodante. Locomotoras diesel. Requisitos para la seguridad de circulación.* , La Habana, Cuba, 2001.
30. Ministerio del Transporte (MITRANS)/ Dirección de Transporte Ferroviario (DTF). NRMT 103: 2005. *Norma Ramal Obligatoria (NRMT) 103: Transporte ferroviario. Material rodante. Requisitos de explotación, mantenimiento y reparación del equipamiento del sistema de frenos.* , La Habana, Cuba, 2005b.
31. Muñoz -Negrón, D. F. «*Administración de Operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*», Mexico, 2009, ISBN 978-970-830-074-2.
32. Ferroviario, Agencia Reguladora del Transporte, «*Perspectivas del Sector Ferroviario Mexicano ante la Apertura Energética. 180° Aniversario del Ferrocarril en México.*». El Economista, 2017, [fecha de consulta: 25/2/18]. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Surgen-nuevas-oportunidades-para-el-sector-ferroviario-con-la-apertura-energetica-20171008-0084.html>
33. (MITRANS), Ministerio del Transporte. «*Balance y perspectivas del transporte.*» 2013, 2/3/18, 1563-8340.
34. Fayol. *Administración industrial y general.*, 1916.
35. Marqués León, M. "Aplicación de un procedimiento para la planificación de recursos en los servicios hospitalarios.". En: *VI Conferencia Internacional de la Universidad de Matanzas (CIUM 2009)* (Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Cuba.: 2009) [fecha de consulta: 25-9-2018]. Disponible en:
36. Negrín Sosa, E., «*El Mejoramiento de la Administración de Operaciones en Empresas de Servicios Hoteleros.*», [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas], Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Departamento de Ingeniería Industrial, 2003.
37. Chase, B. R. [*et al.*]. *Operations Management. Production and supply chain*, Mexico, DF: Mc Graw Hill Education, 2014.
38. Fernández- Sánchez, E. . «*Dirección de la producción I. Fundamentos Estratégicos.*», España, Editorial Civitas, S.A., 1993.
39. Companys -Pascual, R. «*Planificación y Programación de la Producción*», Barcelona, España, Ediciones Boixaren Marcombo, 1989
40. Koontz, H. [*et al.*]. «*Administración una perspectiva global.*», México, McGraw-Hill Interamericanas Editores, 2004.
41. Gaither, N. and Frazier, G. «*Administración de producción y operaciones.*», México, Editores International Thomson. S.A. de C.V., 2000, ISBN 970-686-013-2.
42. Lao- León, Y. [*et al.*]. «*Mejoras en las funciones de la administración de operaciones. Casos cubanos.*» 2015, 18, 114, 1909-2458.
43. Parra Ferié, C., «*Modelo y procedimientos para la gestión con óptica de servucción de los servicios técnicos automotrices como elemento del sistema turístico cubano*», [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas], Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Departamento de Ingeniería Industrial, 2005.

44. León- Delgado, I., «*Diseño de un sistema de inspección en el área de Corte y Conformado en la Empresa Industrial Ferroviaria "José Valdés Reyes."*», Empresa Industrial Ferroviaria "José Valdés Reyes", Cárdenas, Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos", Departamento de Ingeniería Industrial, 2017.
45. Render, B. and Heizer, J. «*Administración de operaciones.*», México, Pearson, 2009, ISBN 9786073200554.
46. Schroeder, R. . «*Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos.*», 5ta.Ed, Tomo I., México DF, Editorial McGraw Hill 2011, ISBN ISBN 607150600X.
47. Chase, Richard B. and Jacobs, F. R. «*Administración de Operaciones. Producción y cadenas de suministro*», decimotercera edición, México, McGraw Hill, 2011, ISBN 978-607-15-1004-4.
48. Marsán -Castellanos, J. [et al.]. «*Organización del trabajo. Estudio de tiempos.*», Tomo II, La Habana, Cuba, 2008.
49. Mascott- Pérez, Y. «*Surgen nuevas oportnidades para el sector ferroviario la apertura energética.*» El Economista, 2017, 25/2/18,
50. Medina- León, A. [et al.]. «*Clasificación y caracterización de sistemas productivos.*», Universidad de Matanzas, 2001.
51. Heizer, J. and Render, B. «*Operations management: Sustainability and supply chain management plus myomlab with pearson etext*», Pearson education limited, 2016, ISBN 1292148748.
52. Morales Higuera, R. . «*Administración de Operaciones*», s.a(a).
53. Chacón López, V. and Zavaleta León, V. J. . «*Modelo de administración de operaciones para la producción de cacao en la provincia de leoncio prado.*» Ciencia y Tecnología., 2014,
54. Robbins, S. «*Comportamiento Organizacional. Teoría y práctica.*», Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 2005.
55. Negrín Sosa, E. *Gestión de Operaciones. Curso de Maestría FUNIBER.* Matanzas, Cuba, 2010.
56. Krajewski, L. J. [et al.]. «*Operations Management: Processes and Supply Chains.*», Estados Unidos, Prentice Hall, 2012, ISBN 0132807394.
57. Everet, E. A. «*Administración de la producción y las operaciones. Conceptos. Modelos y funcionamientos.*», México, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1991.
58. Vonderembse, M. A. and White, G. P. «*Operations Management. Concepts, methods, and strategies*», United States of America, West Publishing Company, 1988.
59. Stoner, J. «*Administración.*», México DF, Editorial McGraw-Hill, 1996.
60. Vilcarrromero Ruiz, R., «*La gestión de la producción. Fundación universitaria andaluza inca garcilaso.*». 2013, [fecha de consulta: 19/2/18]. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1321/index.htm>
61. Kruijff, J. T. [et al.]. «*Integer programming models for mid-term production planning for high-tech low-volume supply chains*» European journal of operational research, 2018, 0377-2217.
62. Acerro-Navarro, E.G. «*Administración de operaciones aplicando la teoría de restricciones en una pyme*», Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2003.

63. Chase, R. B. [et al.]. «*Administración de la producción y operaciones. Manufactura y servicios.*», 8va. Edición, México, McGraw-Hill. Interamericana., 2000, ISBN 958-41-0071-8.
64. Pérez- León, J.C., «*Programación de Operaciones.*». 2018, [fecha de consulta: 25/3/18]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/70143645/21455770-Programacion-de-Operaciones>
65. Dante, O. [et al.], «*Estado del arte sobre planificación agregada de la producción.*», [Tesis Doctoral], Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Instituto de la organización y sistemas industriales, 2007.
66. Singhal, J. and Singhal, K. «*Holt, Modigliani, Muth, and Simons work and its role in the renaissance and evolution of operations management*» Journal of Operations Management., 2006,
67. Miranda Gonzalez, F.J. [et al.]. «*Manual de dirección de operaciones.*», Editorial Thomson, 2005.
68. Domínguez Machuca, José Antonio [et al.]. «*Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios.*», Madrid. España, McGraw-Hill/Interamericana de España, 1995.
69. Vega Mesa, Evelyn M., «*Propuesta de un procedimiento para la programación del personal en el Hotel Meliá "Las Antillas".*», [Tesis en opción al Título de Ingeniero Industrial], Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos", Departamento de Ingeniería Industrial, 2015.
70. Morales -Castro, M. [et al.], «*Plan Maestro.*». 2010, [fecha de consulta: 18/1/18]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/planmaestroitcg/5-1-necesidad-del-pronostico>
71. Schroeder, R. «*Administración de operaciones*», 3ra edición, 1992.
72. Valencia- Rodríguez, M. and Ayora- Piedrahita, C. X. «*Gestión de la innovación para la competitividad: Sectores estratégicos, tecnologías emergentes y emprendimientos.*» 2017,
73. Fundora Miranda, A. «*Organización y planificación de la producción II.*», Ciudad de La Habana, Cuba, 1987.
74. Chase, Richard B. [et al.]. «*Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva.*», I, II, III, Estados Unidos, Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba, 2005.
75. García Romero, Ariadna, «*Complementario para la enseñanza de la programación de operaciones.*», [trabajo de diploma para optar por el título ingeniería industrial], Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", 2010.
76. Orejuela- Cabrera, J. P., «*Programación de operaciones en dos etapas para un flowshop multiperíodo no tradicional.*», Colombia, Ingeniería y tecnología, 2014.
77. González- Sánchez, R. A., «*Procedimiento para la mejora del flujo de pacientes en los procesos asistenciales. Caso de estudio proceso de Urología del Hospital "Faustino Pérez Hernández".*», Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos", Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos", Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.
78. Nogueira- Rivera, D., «*Modelo conceptual y herramientas de apoyo para potenciar el control de gestión en las empresas cubanas.*», [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.], Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, 2002.

79. Companys Pascual, R. «*Previsión tecnológica de la demanda.*» (Editorial Boixerau Marcombo) Barcelona (1990)
80. Hernández- Nariño, A., «*Contribución a la gestión y mejora de procesos en instalaciones hospitalarias del territorio matancero*», Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Ingeniería Industrial, 2010
81. Medina León, Alberto. [et al.]. «*Programación de la producción* », 2014, ISBN 978-9942-9936-3-2.
82. Medina León, A. [et al.]. «*Técnicas de análisis empresariales en la certeza e incertidumbre.* » (2002) Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (Editorial FeGoSa) Morelia (Michoacán)
83. Viteri Moya, J. R., «*Gestión de la Producción con Enfoque Sistémico.*», 2014.
84. Holohlavsky, A. [et al.], «*Infraestructura ferroviaria en América Latina.*». 2016, [fecha de consulta: 3/5/18]. Disponible en: <https://www.facebook.com/profile.php?id=100008298675561&fref=ts>
85. Cardona, A., «*Ventajas y desventajas del transporte ferroviario de mercancías.*». Sertrans, 2016, [fecha de consulta: 1/4/18]. Disponible en: [www.sertrans.es/transporte-terrestre/ventajas-desventajas-transporte-ferroviario-mercancías/](http://www.sertrans.es/transporte-terrestre/ventajas-desventajas-transporte-ferroviario-mercancías/)
86. Heizer, J. and Render, B. «*Administración de Operaciones*», Séptima Edición, México, Prentice Hall, 2009, ISBN 978-607-442-099-9, 752.
87. Machuca, J.A.D; García, S.; Dominguez, M.A.; Ruiz, A. and Alvarez, M.J., «*Dirección de Operaciones: Aspectos Estratégicos en la producción y en los servicios*», McGrawHill. 1995.
88. Díaz, A. «*Producción, gestión y control.* » Editorial Ariel Economía. Barcelona.1993.
89. Ortíz, M. A. [et al.]. «*Dispatching algorithm for production programming of flexible job-shop systems in the smart factory industry*» Annals of Operations Research, 2018, 264, 1-2, 409-433, 0254-5330.
90. Anderson, D. et al. (s.a): «*Introducción a los modelos cuantitativos para la administración.* » (Grupo Editorial Iberoamericano) Barcelona.
91. Dilworth, J., «*Production and Operation Management. Manufacturing and Nonmanufacturing.* » Cuarta Edición. Ed. RandomHuouse, Inc, 1989.
92. Acerro Navarro, Elías Germán «*Administración de Operaciones aplicando la teoría de restricciones en una Pyme*», Lima, Perú Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ingeniería Industrial, 2003.
93. Ríos, S. «*Análisis estadístico aplicado.*» Editorial Paraninfo. Madrid. 1983.
94. Bowman, E. H. «*Consistency and Optimality in Managerial Decision Making*», Management Science 9, n.o 2: pp. 310-321. (enero de 1963)
95. Calero Viner, A. «*Estadística III.*» Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1986.

96. Chapman, S. N. «*Planificación y control de la producción.*», Primera Edición, México, 2006, ISBN 970-26-0771-X.
97. Padrón Robaina, V. «*Dirección de operaciones para empresas de servicios.* » (Material entregado como parte del diplomado impartido por La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) Matanzas(1999)
98. Medina León, A., et al. «*Métodos para la Reducción de programas de Producción.*», 1990.
99. Torres Gemeil, M; Daduna, J.R. and Mederos Cabrera, B «*Logística. Temas seleccionados.*» Primera Edición, Editorial Feijóo, La Habana, Cuba, ISBN 959-250-100-9. 2003



## Anexos

### Anexo 1. Procedimientos para la programación de operaciones.

Procedimientos	Ventajas	Desventajas
Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa (Ortiz-Triana and Caicedo-Rolón, 2015)	Puede ser utilizado como herramienta gerencial por cualquier pequeña empresa. Permite alcanzar un mayor <u>throughput</u> (utilidades, o precio de venta menos costo de materiales), disminución en los costos de inventarios y tiempos de entrega, logrando satisfacer la demanda en su totalidad.	Este procedimiento puede implementarse en pequeñas empresas de calzado que presenten las mismas características del caso de estudio.
Programación de Operaciones en dos etapas para un <u>FlowShop</u> multiperíodo no tradicional (Orejuela- Cabrera, 2014)	Se desarrolla una metodología para abordar el subproblema de la planeación operativa en un ambiente tipo <u>Flow Shop</u> .	Se plantea una estrategia de descomposición temporal para el problema multiperíodo, en la que se combina la programación estructurada con la programación lineal, de tal modo que para cada período se corren dos fases compuestas de dos modelos matemáticos que programan los trabajos según su prioridad.
Modelo matemático para la programación de la producción en la empresa metal-mecánica (Valencia-Rodríguez and Ayora-Piedrahita, 2017)	<p>Alinea la estrategia de la empresa con la caracterización de productos y clientes.</p> <p>Se tienen presentes los problemas de calidad que afectan directamente la ejecución del proceso de programación.</p> <p>Se realiza un análisis de las posibles barreras políticas, culturales, tecnológicas, de información y físicas, para realizar acciones que reduzcan el riesgo de ocurrencia.</p>	Se exige un alto compromiso de todas las personas involucradas y la correcta sincronización de los procesos de apoyo.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Definiciones de la Teoría de las Restricciones y clasificación de las restricciones.

Autores	Definición de TOC	Clasificación de restricciones
(Acerro Navarro, 2003)	<p>La Teoría de Restricciones es una filosofía de administración de sistemas o empresas llevándolos a la mejora continua de su meta.</p> <p>Esta filosofía de gestión permite enfocar las soluciones en función de los puntos críticos de las empresas (sin importar su tamaño o su giro) para que éstas se acerquen a su meta mediante un proceso de mejora continua.</p>	<p>Restricciones Físicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Mercado</li> <li>❖ Manufactura</li> <li>❖ Materias Primas</li> </ul> <p>Restricciones de Política:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Reglas</li> <li>❖ Entrenamiento</li> <li>❖ Medidores</li> </ul>
(Chapman, 2006)	<p>Conjunto de conocimientos que tratan con cualquier cosa que limite la capacidad que tiene una organización para alcanzar sus objetivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Físicas (como la disponibilidad de proceso o de personal, las materias primas o los suministros)</li> <li>❖ Inmateriales (como procedimientos, moral y formación).</li> </ul>
(Marsán - Castellanos <i>et al.</i> , 2008)	<p>Método sistemático de administración que se centra en administrar activamente las restricciones que impiden el progreso de la empresa hacia su meta de maximizar el total de fondos o ventas con valor agregado menos los descuentos y los costos variables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Físicas (por lo general, capacidad de máquinas, mano de obra o estaciones de trabajo o escasez de materiales, pero podría ser espacio o calidad)</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ De mercado (la demanda es menor que la capacidad)</li> <li>❖ Administrativas (políticas, indicadores de medición o modos de pensar que crean restricciones que entorpecen el flujo de trabajo)</li> </ul>
(Heizer and Render, 2009)	La TOC se centra en el papel que juegan las restricciones en los sistemas con el fin de mejorar el desempeño del mismo hacia la meta.	Las restricciones pueden ser de recursos internos, de mercado y políticas. Algunas restricciones comunes en los procesos productivos son la capacidad de almacenamiento de los inventarios, la disponibilidad de máquinas, la disponibilidad de recurso humano, reglas de despacho o almacenamiento de material, condiciones en las entregas de los proveedores, condiciones técnicas del proceso, entre otras.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Métodos cualitativos y criterios de aplicación

Métodos / Caract	Breve descripción	Horizonte	Datos	Complejidad	Pre-cisión	Tiempo elaboración	Costo	Nivel de utilización
Opiniones y juicios de ejecutivos	Equipos multidisciplinarios, opiniones subjetivas	Muy largo / largo	10 min	Media	Regular	Medio	Medio	Elevado
Opiniones de ventas	Estimaciones obtenidas de los expertos en ventas	Medio	5-20 personas	Mínima	Regular	Mínimo	Medio	Elevado
Estudios de mercado	Cuestionarios a los consumidores sobre tendencias futuras	Muy corto / corto	Mínimo 300	Media	Buena	Medio	Alto	Reducido
Opiniones y juicios de directivos	Estimaciones obtenidas de los directivos después de recopilar información	Muy largo / largo	5-20 personas	Media - alta	Buena	Alto	Medio a alto	Reducido
Opiniones del exterior	Expertos del exterior o consultores, opiniones subjetivas	Medio / largo	Sin mínimo	Mínima	Regular	Mínimo	Medio	Medio
Método Delphi	Cuestionarios anónimos de personas con conocimientos y experiencia logrando un consenso sobre el pronóstico final	Corto, medio y largo	9 personas	Media	Regular a muy buena	Medio	Medio a alto	Medio
Analogía de los ciclos de vida	Predicción basada en las fases de: introducción, crecimiento y saturación de productos similares. Aprovecha las curvas de crecimiento de las ventas	Medio / largo	Sin mínimo	Media	Regular a buena	Medio	Medio	Medio

Fuente: (Padrón Robaina. 1999)

Anexo 3. Resumen de los métodos para el cálculo de la tendencia y condiciones para su selección.

Métodos	Planificación estable, respuesta lenta al mercado	Respuesta rápida a los cambios de mercado	Periodos									
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Mano Alzada	Factible	Factible	NF	NF	NA	NA	P-	P-	P-	P-	P-	P-
Periodo anterior	Cumple	Nulo	UP	P-	P-	P-	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Media aritmética	Posible si hay estabilidad	Nulo	NF	Po	Po	P-	P-	NA	NA	NA	NA	NA
Semi-promedios	Menor que el anterior	Mayor a los anteriores	NF	P+	P+	P+	Po	Po	P-	P-	P-	P-
Promedios móviles (el resultado depende del valor de alfa)	Lo logra con riesgo	No aconsejable	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P	P
	Lo logra, precisión relativa	No aconsejable	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P
	Lo logra, favorece precisión	No aconsejable	NF	NF	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P
Promedios móviles ponderados	Lo logra con riesgo	Posible, favorece precisión	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P	P
	Lo logra, precisión relativa	Posible, precisión relativa	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P
	Lo logra, favorece precisión	Posible, pero con riesgo	NF	NF	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P
Promedios móviles con tendencia	Combina estabilidad y respuesta al mercado	Acercamiento por cambios sucesivos	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P	P
	Mayor estabilidad que el anterior	Respuesta menos rápida que el anterior	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P
	Mayor estabilidad que el anterior	Respuesta menos rápida que el anterior	NF	NF	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P

Leyenda: NF: No factible; NA: No aconsejable; P- : Factible, pero no aconsejable; UP: Unico posible; Po: Factible, pero poco ventajoso; P+: Factible, pero ventajoso con riesgo; P: Factible y ventajoso.

Fuente: (Torres Gemeil, M; Daduna, J.R. and Mederos Cabrera, B., 2003)

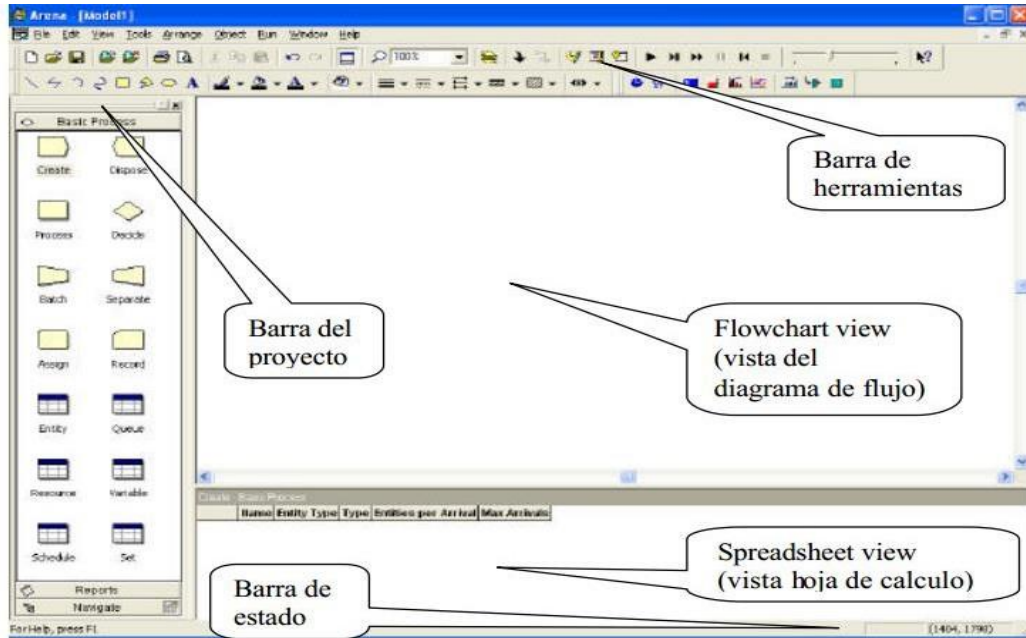
Anexo 3(Continuación) Resumen de los métodos para el cálculo de la tendencia y condiciones para su selección.

Métodos	Planificación estable, respuesta lenta al mercado	Respuesta rápida a los cambios de mercado	Periodos									
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Promedios móviles ponderados con tendencia	Menor que el posterior	Mejor que el anterior de (n = 3)	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P	P
	Menor que el posterior	Respuesta menos rápida que el anterior	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P
	Mas estable que el anterior de (n = 7)	Respuesta menos rápida que el anterior	NF	NF	NF	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P
Alisado exponencial simple	Garantiza	Menor que el posterior	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P	P
	Menor que el anterior	Garantiza										
Alisado exponencial doble	Garantiza más que el simple	Menor que el posterior	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P
	Menor que el anterior	Garantiza menos que el simple										
Alisado exponencial simple con tendencia	Menos que el anterior	Menor que el posterior	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P
	Menor que el anterior	Similar al simple pero más rápido										
Alisado exponencial doble con tendencia	Similar al doble, menos estabilidad	Menor que el posterior	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P
	Menor que el anterior	Similar al doble, más rápido										
Ajuste lineal	Nulo	Lo logra por cambios sucesivos	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P
Ajuste parabólico	Nulo	Lo logra por cambios sucesivos	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P
Ajuste exponencial	Nulo	Lo logra por cambios sucesivos	NF	NF	NF	P-	Po	P+	P	P	P	P
Box-Jenkins	Nulo	Lo logra por cambios sucesivos	NF	NF	NF	NF	P	P	P	P	P	P

Leyenda: NF: No factible; NA: No aconsejable; P- : Factible, pero no aconsejable; UP: Unico posible; Po: Factible, pero poco ventajoso; P+: Factible, pero ventajoso con riesgo; P: Factible y ventajoso.

Fuente: (Torres Gemeil, M; Daduna, J.R. and Mederos Cabrera, B., 2003)

#### Anexo 4. Entorno de trabajo de ARENA.



Fuente: Tutorial de ARENA.















Anexo 5. Paneles fundamentales de ARENA.



Fuente: Tutorial de ARENA.



## Anexo 6. Funciones de los módulos del Basic Process.

	<p>Representa la llegada de entidades al modelo de simulación.</p>		<p>Define los diversos tipos de entidades y su valor de imagen inicial en la simulación.</p>
	<p>Corresponde al principal método de procesamiento en simulación. Dispone de opciones para ocupar y liberar un recurso.</p>		<p>Puede usar para cambiar la regla de encolamiento para una determinada cola.</p>
	<p>Usa para asignar valores nuevos a las variables, a los atributos de las entidades, tipos de entidades, figuras de las entidades, u otras variables del sistema.</p>		<p>Define los recursos en un sistema de simulación, incluyendo información de costos y</p>
	<p>Permite a los procesos tomar decisiones en el sistema. Incluye la opción de tomar decisiones basándose en una o más condiciones o basándose en una o más probabilidades.</p>		<p>Se usa para definir una dimensión de variable y su valor(es) inicial(es).</p>
	<p>Funciona como un mecanismo de agrupamiento dentro del modelo. Los lotes pueden estar agrupados permanente o temporalmente.</p>		<p>Define varios tipos de conjuntos, incluyendo recursos, contadores, cuentas, tipos de entidad, y figuras de entidad.</p>
	<p>Puede usar para replicar la entidad entrante en múltiples entidades o para dividir una entidad previamente agrupada.</p>		<p>Puede usar en conjunción con el módulo Resource para definir una operación de planificación para un recurso o con el módulo Create para definir una planificación de llegada</p>
	<p>Usa para recoger estadísticas del modelo de simulación.</p>		
	<p>Representa el punto final de entidades en un modelo de simulación. Las estadísticas de la entidad se registrarán antes de que la entidad se elimine del modelo.</p>		

Fuente: Tutorial ARENA.

## Anexo 7. Salida de datos del Arena usando programas raíces del sistema.

### ARENA Simulation Results

License: 7328734345

### Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project

Run execution date : 3/ 7/2019

Analyst: Rockwell Automation

Model revision date: 3/ 7/2019

Replication ended at time : 2040.0 Hours

Base Time Units: Hours

### TALLY VARIABLES

Identifier	Count	Limit
------------	-------	-------

---

Cantidad	7	Infinite
Cantidad	6	Infinite
Cantidad	1	Infinite
Cantidad	11	Infinite
Cantidad	7	Infinite

Simulation run time: 0.03 minutes.

Simulation run complete.

*Fuente: Tutorial ARENA.*



Anexo 8. Caracterización de la EIF “José Valdés Reyes”.

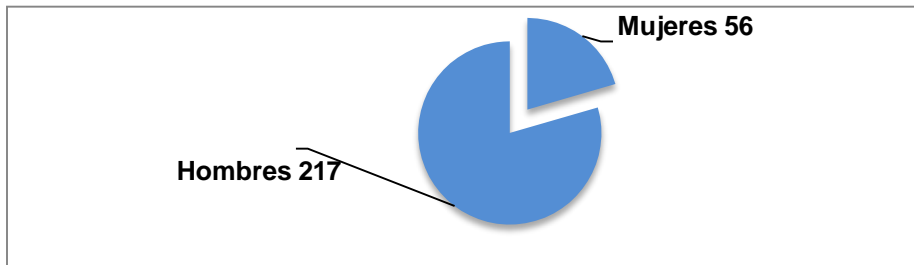
Variables	Caracterización
Límite y frontera	La Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” es una entidad estatal cubana miembro del Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica (GESIME), que pertenece al Ministerio de Industria, ubicada su sede principal en Carretera a Máximo Gómez Km. 1½, en la Ciudad de Cárdenas, Provincia Matanzas.
Medio o entorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Principales proveedores: Empresa de gases industriales, ACINOX Comercial, SUMIFER, DIVEP, CIMEX, Empresa de bujías, IMECA, Planta mecánica, NICARO.</li> <li>❖ Principales clientes: Empresas Ferrocarriles de Occidente, Empresas Ferrocarriles de Oriente, Empresas Ferrocarriles de Centro, Empresas Ferrocarriles de Centro Oeste, UEB Sitiecito y UEB Villa Clara y Centro Este UEB Camagüey.</li> </ul>
Misión	Fabricar, reparar y comercializar equipos ferroviarios de diferentes modelos y prestaciones con eficiencia y calidad en el tiempo planificado para la satisfacción de nuestros clientes.
Visión	Consolidar la posición líder indiscutible para el mercado nacional en la fabricación y reparación de equipos ferroviarios, asumiendo los retos que impone el futuro, para seguir siendo acreedores de la confianza de nuestros clientes.
Objetivos	Reparar 65góndolas en el año 2018.
Procesos	<p>Procesos estratégicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Gestión de la Dirección</li> <li>❖ Medición, Análisis y Mejora</li> </ul> <p>Procesos claves</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Gestión Logística Comercial</li> <li>❖ Gestión de Operaciones</li> <li>❖ Gestión de Mantenimiento</li> </ul> <p>Procesos de apoyo</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Gestión del Capital Humano</li> </ul>
<p>Cartera de productos/ servicios</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Construcción y reparación de equipos ferroviarios de carga (góndolas, tolva taíno, tolva rumana, tolva japonesa, tolva rusa, silocereales, jaulas de caña, plataforma portacontenedores)</li> <li>❖ Fabricación de ventanas de aluminio</li> <li>❖ Materiales de la construcción (molde de baldosa 30x30, 40x40, 50x50, molde para loza de techo, molde para viga de techo y molde para tanque de agua)</li> <li>❖ Porcino (platinas, carro de pienso, remolques y caja caseta)</li> <li>❖ Algunos trabajos de corte y conformado</li> </ul>
<p>Transformación</p>	<p>La UEB Producción y Reparaciones Ferroviarias cuenta con tres talleres principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Taller de Producciones Ferroviarias</li> <li>❖ Taller de Reparaciones Ferroviarias</li> <li>❖ Taller de Fabricación de Carpintería de Aluminio</li> </ul> <p>Dentro del taller de producciones ferroviarias de encuentran las brigadas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Corte y conformado</li> <li>❖ Maquinado</li> <li>❖ Subconjuntos 1 y 2.</li> </ul> <p>El Taller de Reparaciones está compuesto por 5 brigadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Truck</li> <li>❖ Estructura (pailería)</li> <li>❖ Sistema de tracción y choque (enganche)</li> <li>❖ Pintura</li> <li>❖ Sistema de freno (neumático)</li> </ul>
<p>Resultados</p>	<p>Actualmente la línea principal de la Empresa está enmarcada en la construcción y reparación de Equipos Ferroviarios, siendo estos: los vagones tolvas (taíno, japonesa, rumana y rusa), portacontenedores, carros jaula, góndola y silocereal; aunque también está prestando servicios de fabricación de módulos de viviendas entre ellos las ventanas</p>

	dobles, las simples y los baños, así como prestando servicios de parlería y arrendamiento de locales.
Recursos empresariales	<p>La Empresa Industrial Ferroviaria "José Valdés Reyes" cuenta con una plantilla aprobada de 323 trabajadores, mientras cubierta presenta 273 trabajadores. En el anexo 7 se analiza la fuerza laboral teniendo en cuenta la distribución por sexo. Se puede apreciar que en la empresa la mayor representatividad de la fuerza laboral en cuanto al sexo está dada por hombres con un valor de 217, lo cual representa un 79,48% del total de trabajadores.</p> <p>En los anexos 8 y 9 se observa que en la empresa, la mayor representatividad de la fuerza laboral, en cuanto a las categorías ocupacionales está dada por operarios con 194 trabajadores lo cual representa un 71% del total.</p> <p>En cuanto al nivel de escolaridad se puede apreciar en los anexos 10 y 11 que en la empresa la mayor representatividad de la fuerza laboral está dado por el nivel medio superior con 115 trabajadores lo cual representa un 42% del total de trabajadores.</p>
Flexibilidad	La empresa se encuentra en constante cambio debido a las incertidumbres que impone la vida en este tipo de servicio en cuanto a la escasez de recursos y las modificaciones en el sistema, por lo que conlleva esto a un estado sumo de flexibilidad por la influencia que representa en la calidad del servicio.
Inercia	La cultura organizacional de la institución existe y está plasmada en la actitud del colectivo de adaptarse y continuar lo esencial y espiritual del trabajo según esta cultura a pesar de un entorno cambiante.
Jerarquía	La empresa consta de una Dirección General con un director adjunto y cuatro direcciones: Dirección Contable Financiera, a su vez cuenta con tres UEB: Logística Comercial, Servicio de Mantenimiento Industrial, Producción y Reparaciones Ferroviarias, a las dos últimas UEB se le subdividen otras áreas como se muestra en el organigrama de la empresa (ver anexo 13).

Fuente: Elaboración propia en aproximación a (Nogueira- Rivera, 2002).

Anexo 9. Distribución de los trabajadores por sexo.



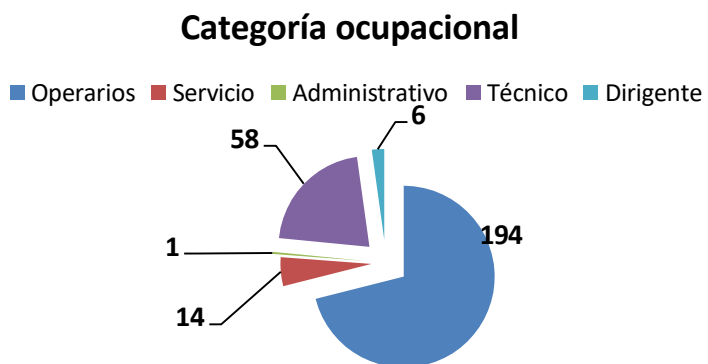
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Categoría ocupacional.

Categoría Ocupacional	Cantidad de trabajadores
Operarios	194
Servicio	14
Administrativo	1
Técnico	58
Dirigente	6

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Categoría ocupacional.



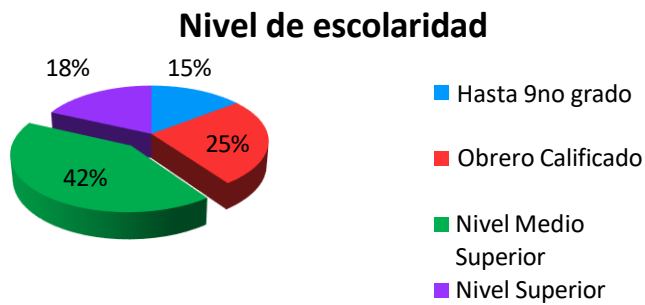
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12. Nivel de escolaridad.

Nivel de escolaridad	Cantidad de trabajadores
Hasta 9no grado	40
Obrero Calificado	70
Nivel Medio Superior	115
Nivel Superior	50

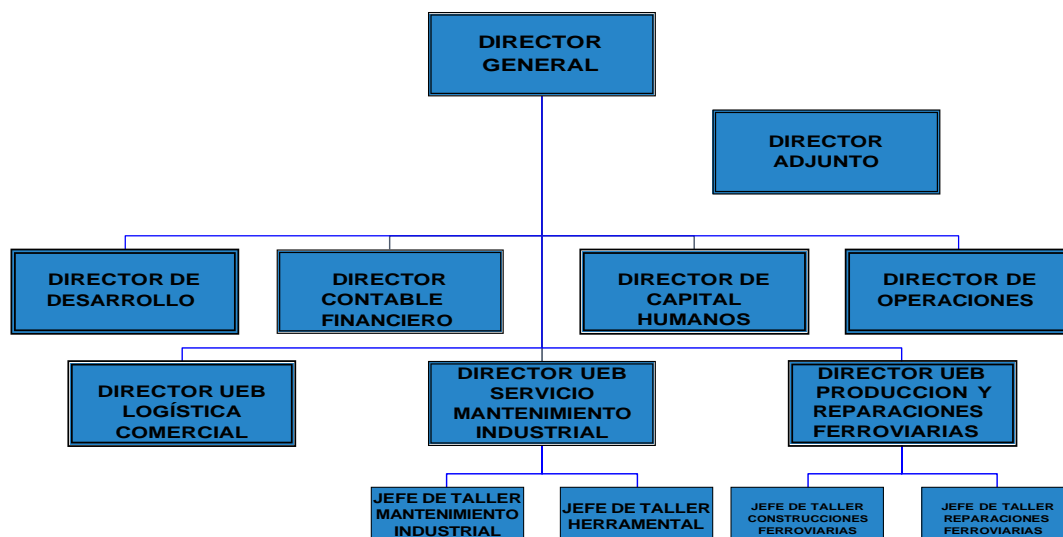
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12 Nivel de escolaridad.



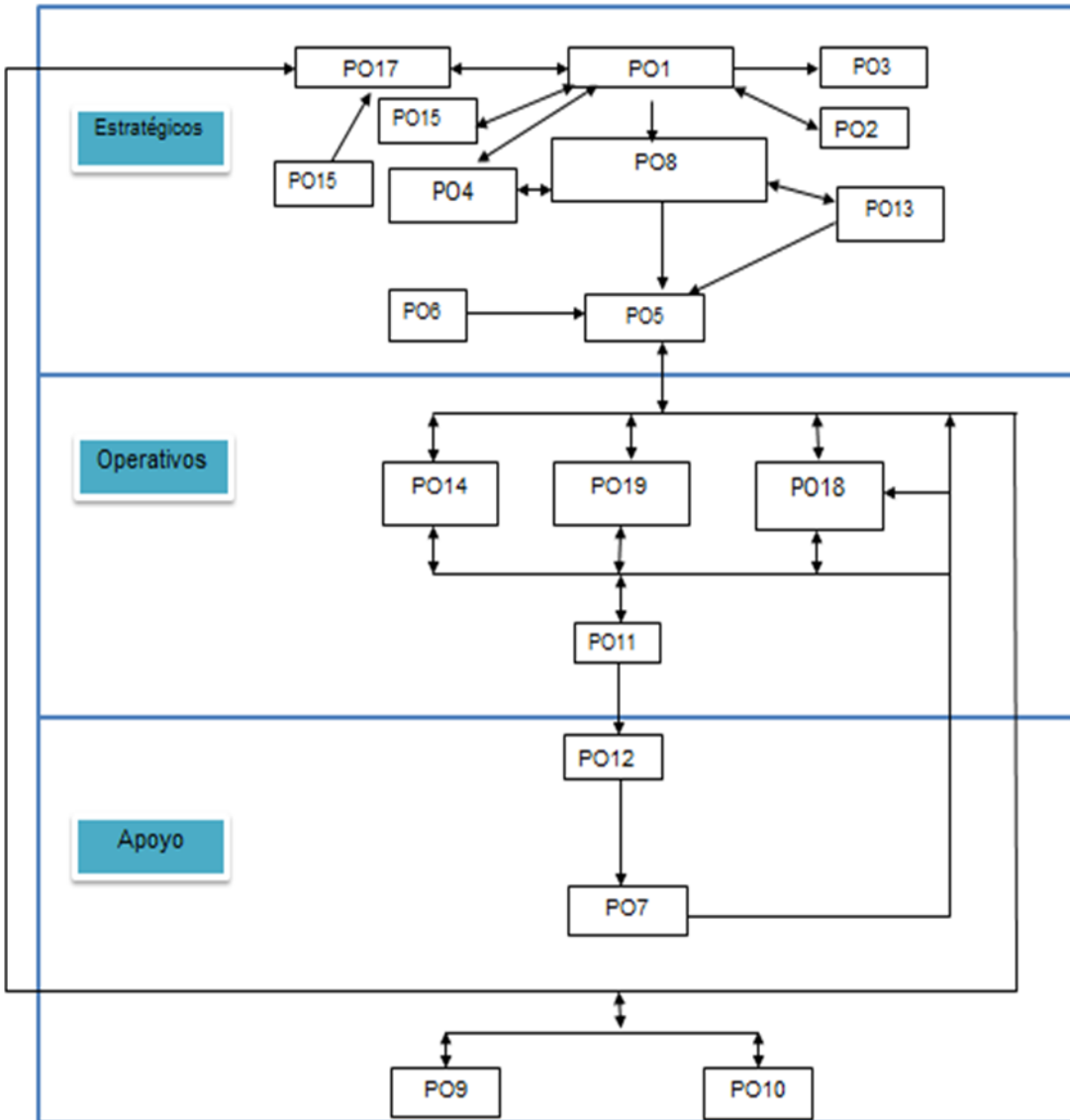
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13. Organigrama de la EIF “José Valdés Reyes”.



Fuente: Departamento de Capital Humano.

Anexo 14. Mapa de procesos de la Entidad



Fuente: Dirección de Producción.

Anexo 14(Continuación)

No	Procesos	Actividades relacionadas	Clasificación
PO1	Gestión Estratégica	Análisis del entorno, planificación y cultura empresarial (misión, visión, valores, políticas, objetivos estratégicos), despliegue de objetivos por AN, definición de indicadores, mecanismos de control.	Estratégico
PO2	Comunicación interna	Comunicación conducida por la alta dirección en las AN y Departamentos, asambleas de eficiencia económica, tablero de noticias, correo electrónico y el portal corporativo José Valdés Reyes, buzón de ideas y sugerencias de los empleados.	Estratégico
PO3	Gestión de calidad	Planificación y definición de objetivos de política de calidad, desarrollo e implantación del manual de calidad según ISO 9000, gestión de acciones preventivas, correctoras y de mejora.	Estratégico
PO4	Administración de los Recursos Humanos	Planificación de las necesidades, selección, remuneración, promoción, reconocimiento, evaluación del desempeño, Plan tecnológico, inventario de conocimiento existente, identificación de necesidades, identificación de personas claves, prácticas de motivación.	Estratégico

Fuente: Dirección de Producción.

PO5	Concertación de contratos	Presentación o recepción de la solicitud de servicio, análisis de la solicitud del servicio, preparación de oferta, presentación y negociación de ofertas, preparación del contrato, preparación y firma de contrato.	Estratégico
PO6	Evaluación de proveedores	Selección, evaluación y reevaluación, la evaluación de la experiencia pertinente, el desempeño de los proveedores en relación con los competidores, revisión de la calidad del producto, capacidad de respuesta ante los problemas.	Estratégico
PO7	Despacho de mercancías del almacén	Despacho de mercancías para la reparación de equipos ferroviarios.	Soporte
PO8	Investigación y desarrollo de nuevos productos y/o servicios	Estudio de mercado, análisis de productos de la competencia, vigilancia tecnológica, diseño, ingeniería, análisis del valor, inversiones puesta en práctica, comercialización.	Estratégico
PO9	Gestión de mantenimiento general	Planificación del mantenimiento general, aseguramiento de los recursos del mantenimiento, control de la ejecución y calidad del mantenimiento, Contratación con terceros.	Soporte
PO10	Gestión aseguramiento de transporte y de servicio	Control y registro de vehículos, planificación y aplicación del mantenimiento, aseguramiento de recursos para la ejecución del mantenimiento, evaluación del estado físico, control de optimización del transporte, contratación con terceros.	Soporte
PO11	Gestión de compra	Identificación, evaluación y selección de proveedores, negociación y alianzas estratégicas, confección del pedido, análisis de ofertas, realización de compras.	Clave

Fuente: Dirección de Producción.



Anexo 14(Continuación)

PO12	Recepción y almacenamiento del producto	Reproducción de la factura de compra, elaboración del informe de recepción "a ciegas", revisión y registro contable de las mercancías recibidas, registro de recepción de entrada de mercancías en el almacén, actualización del inventario, apertura de códigos, almacenamiento de la mercancía, clasificación de las mercancías para las diferentes brigadas..	Soporte
PO13	Identificación de los requisitos del cliente	Datos del cliente, descripción del pedido, tiempo de entrega, posibilidades de pago (según lo estipulado por el Ministerio de Finanzas y Precios), otros requisitos.	Estratégico
PO14	Reparación de Equipos Ferroviarios	Planificación de la producción, apertura de órdenes de trabajo, almacenamiento de herramientas, etc	Clave
PO15	Gestión de las inversiones	Gestión de permisos, Gestión de proyectos, análisis de inversiones.	Estratégico
PO16	Control interno	Auditorías de sistema, Auditorías de inventario, Gestión de control interno	Estratégico
PO17	Gestión Financiera	Planificación financiera, tesorería, pagos, cobros, auditorías, inventarios, estados financieros, presupuestos, divisas.	Estratégico
PO18	Fabricación de carpintería metálica	Planificación de la producción, apertura de órdenes de trabajo, control de normas de consumo	Clave
PO19	Servicios a terceros	Apertura de órdenes, revisión de documentación técnica	Clave

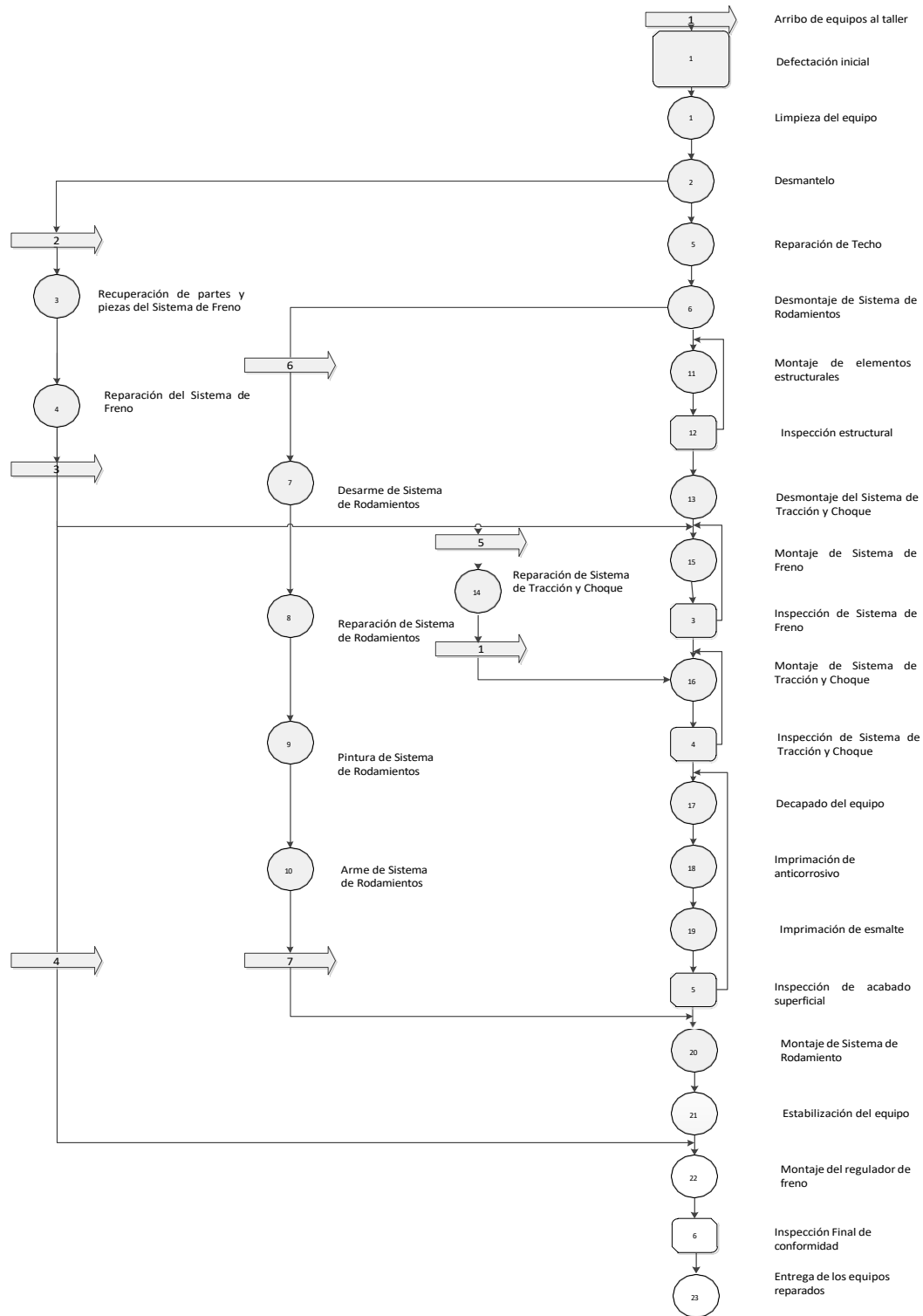
Fuente: Dirección de Producción.

Anexo 15. Ficha de proceso empresarial.

	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>		Código	
	<b>FICHA DEL PROCESO</b>		Revisión: 00	
			Página: 1 de 1	
<b>Responsable del Proceso:</b> María Esther Montero				
<b>Tipo de Proceso:</b> Clave		<b>Finalidad del Proceso:</b> Reparar y construir equipos ferroviarios		
<b>Objetivos del proceso:</b> Reparar y construir equipos ferroviarios de acorde a las normas cubanas para la actividad.				
<b>Proveedores:</b> SUMIFER, AUSA, DIVEP, BK Import, Tradex, CIMEX, Cubalub		<b>Entradas:</b> Equipos en mal estado		
<b>Clientes:</b> Unión de Ferrocarriles de Cuba		<b>Salidas:</b> Equipos reparados		
<b>Otros Grupos de Interés Implicados:</b> Clientes con contratos para la reparación de equipos ferroviarios				
<b>Contenido del Proceso</b>				
<b>Inicio del Proceso:</b> Apertura de orden de producción		<b>Fin del Proceso:</b> Entrega del equipo al cliente		
<b>Subprocesos:</b> Reparación de estructura, reparación de sistema de tracción y choque, reparación de sistema de rodamiento, reparación de sistema de freno, pintura , estabilización, elaboración de partes y piezas		<b>Actividades Incluidas:</b> Planificación y control de la producción, control de calidad, preparación de normas de consumo.		
<b>Procesos Relacionados:</b> Proceso de compra, recepción de órdenes de trabajo, venta.		<b>Actividades Relacionadas:</b> Gestión de documentación técnica		
<b>Características de Calidad:</b> Se expresan en las normas cubanas de la actividad		<b>Momentos de Verdad:</b> Entrega de los equipos terminados al cliente		
<b>Indicadores:</b> Cumplimiento del plan de producción Cumplimiento de las normas de tiempo Calidad del producto terminado.		<b>Medición de la Eficacia del Proceso:</b> Cumplimiento de las normas de consumo de materiales Calidad del producto terminado.		
<b>Documentos Relacionados:</b> Normas de consumo de materiales, Reportes de producción terminada, Vales de almacén				
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Cargo</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>
<b>Revisado por:</b>		<b>Representante Dirección</b>		
<b>Aprobado por:</b>		<b>Director General</b>		

Fuente: Dirección de Producción.

## Anexo 16. Representación gráfica del proceso de reparación de equipos ferroviarios.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17. Resumen de Normas de Consumo.

Modelo de equipo	Brigada	Normas
Taíno	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0230 NC: 01800
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0009 NC: 0013
	Reparación de estructura	NC: 0190 NC: 0065
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0076
	Terminación	NC: 0268
Rumano	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0230 NC: 01800
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0143 NC: 0006
	Reparación de estructura	NC: 0190 NC: 0065
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0076
	Terminación	NC: 0268
Sumitomo	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0230 NC: 01800
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0181 NC: 0182
	Reparación de estructura	NC: 0190 NC: 0065
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0076
	Terminación	NC: 0268
Góndola	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0014
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0392 NC: 0393
	Reparación de estructura	NC: 0312 NC: 0351
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0346

	Terminación	NC: 0386
Silo	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0230 NC: 01800
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0447 NC: 0450
	Reparación de estructura	NC: 0444
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0443
	Terminación	NC: 0451
Plataforma P	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0014
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0175 NC: 01800
	Reparación de estructura	NC: 0229 NC: 0162
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0076
	Terminación	NC: 0269
Plataforma U	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 0014
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0175 NC: 01800
	Reparación de estructura	NC: 0229 NC: 0162
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0076
	Terminación	NC: 0269
Jaula para caña	Reparación de Sistema de rodamientos	NC: 2014
	Reparación de Sistema de frenos	NC: 0440 NC: 008
	Reparación de estructura	NC: 0435
	Reparación de Sistema de tracción y choque.	NC: 0439
	Terminación	NC: 0448

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18. Tiempos unitarios en h por operaciones de la reparación de sistema de rodamientos.

Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula
Desmonte de Truck	2	2	2	2	2	2	2	2
Desarme	8	8	8	8	8	8	8	8
Limpieza y Pintura	4	4	4	4	4	4	4	4
Ensamblaje del par de ruedas	12	12	12		12			12
Montaje del par de ruedas	2	2	2		2			2
Reparación del Truck	32	32	32	32	32	32	32	32
Montaje general	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19. Cálculo del coeficiente de capacidad para la reparación de sistema de rodamientos.

	Plan anual	1	2	3	4	5	6	7
A Taíno	15	30	120	60	180	30	480	30
B Rumano	10	20	80	40	120	20	320	20
C Sumitomo	26	52	208	104	312	52	832	52
D Góndola	50	100	400	200			1600	100
E Silo	20	40	160	80	240	40	640	40
F Plataforma P	5	10	40	20			160	10
G Plataforma U	5	10	40	20			160	10
H Jaula	10	40	160	80	240	40	640	40
	<b>Qj (Carga total anual)</b>	302	1208	604	1092	182	4832	302
	<b>Fj (Fondo de tiempo anual)</b>	4496	4496	4496	2248	2135.6	4271	4496
	<b>bj</b>	14.89	3.72	7.44	2.06	11.73	0.88	14.89
	<b>% de utilización</b>	6.72	26.87	13.43	48.58	8.52	113.13	6.72

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20. Datos base para el cálculo del Fondo de tiempo anual para la reparación de sistema de rodamientos.

Datos cálculo fondo de tiempo							
	1	2	3	4	5	6	7
horas	8	8	8	8	8	8	8
ne...número de equipos.	2	2	2	1	1	2	2
d...días laborables.	281	281	281	281	281	281	281
Ct...cantidad de turnos de trabajo.	1	1	1	1	1	1	1
Ps...porciento de pérdidas estimado	1	1	1	1	0.95	0.95	1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21. Capacidad instalada de la para la reparación de sistema de rodamientos.

Capacidad instalada								
	Plan anual	1	2	3	4	5	6	7
<b>Taíno</b>	<b>15</b>	223	56	112	31	176	13	223
<b>Rumano</b>	<b>10</b>	149	37	74	21	117	9	149
<b>Sumitomo</b>	<b>26</b>	387	97	194	54	305	23	387
<b>Góndola</b>	<b>50</b>	744	186	372	103	587	44	744
<b>Silo</b>	<b>20</b>	298	74	149	41	235	18	298
<b>Plataforma</b>	<b>5</b>	74	19	37	10	59	4	74
<b>Plataforma</b>	<b>5</b>	74	19	37	10	59	4	74
<b>Jaula</b>	<b>10</b>	149	37	74	21	117	9	149

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22. Tiempos unitarios en h por operaciones de la reparación de sistema de frenos.

Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma	Plataforma U	Jaula
Desmantelo sistema de freno aut.	16	16	16	8	8	8	8	10
Desmantelo sistema de freno manual	4	4	16			24	24	4
Ensamble y punteo	2	2						
Soldadura General	1.5	1.5						
Corte de tubos	9.7	9.7	10	9.7	10	9.7	9.7	10
Doblado de tubos	4.33	4.33	5	8	8	8	8	8
Roscado de tubos	13.5	13.5	13.5	13.5	14	13.5	13.5	14
Montaje de soportes y tubería de aire				30	30	30	30	30
Adaptación de sistema neumático			48	10				
Montaje de sistema neumático	48	48		16	16	16	16	16
Prueba y ajuste del sistema de freno			8	8	8	8	8	2
Adaptación y Montaje de Freno Manual	4	4	12	32	12	32	32	15

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 23. Cálculo del coeficiente de capacidad para la reparación de sistema de frenos.

	Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma	Plataforma U	Jaula	Qj	Fj	bj	% de utilización
8	Desmantelo sistema de freno aut.	240	160	416	400	160	40	40	100	1556	8992	5.78	17.30
9	Desmantelo sistema de freno manual	60	40	416	0	0	120	120	40	796	8992	11.30	8.85
10	Ensamble y punteo	30	20	0	0	0	0	0	0	50	8992	179.84	0.56
11	Soldadura General	22.5	15	0	0	0	0	0	0	37.5	8992	239.79	0.42
12	Corte de tubos	145.5	97	260	485	200	48.5	48.5	100	1384.5	8542.4	6.17	16.21
13	Doblado de tubos	64.95	43.3	130	400	160	40	40	80	958.25	8542.4	8.91	11.22
14	Roscado de tubos	202.5	135	351	675	280	67.5	67.5	140	1918.5	8992	4.69	21.34
15	Montaje de soportes y tubería de aire	0	0	0	1500	600	150	150	300	2700	8992	3.33	30.03
16	Adaptación de sistema neumático	0	0	1248	500	0	0	0	0	1748	8992	5.14	19.44
17	Montaje de sistema neumático	720	480	0	800	320	80	80	160	2640	8542.4	3.24	30.90
18	Prueba y ajuste del sistema de freno	0	0	208	400	160	40	40	20	868	8992	10.36	9.65
19	Adaptación y Montaje de Freno Manual	60	40	312	1600	240	160	160	150	2722	8992	3.30	30.27

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24. Datos base para el cálculo del Fondo de tiempo anual para la reparación de sistema de frenos.

Datos cálculo fondo de tiempo												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
horas	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
ne...número de equipos.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4
d...días laborables.	281	281	281	281	281	281	281	281	281	281	281	281
Ct...cantidad de turnos de trabajo.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ps...porciento de pérdidas estimado	1	1	1	1	0.95	0.95	1	1	1	0.95	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25. Capacidad instalada de la para la reparación de sistema de frenos.

Capacidad Instalada													
Equipos	Plan Anual	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Taíno	15	87	169	2,698	3,597	93	134	70	50	77	49	155	50
Rumano	10	58	113	1,798	2,398	62	89	47	33	51	32	104	33
Sumitomo	26	150	294	4,676	6,234	160	232	122	87	134	84	269	86
Góndola	50	289	565	8,992	11,989	309	446	234	167	257	162	518	165
Silo	20	116	226	3,597	4,796	123	178	94	67	103	65	207	66
Plataforma P	5	29	56	899	1,199	31	45	23	17	26	16	52	17
Plataforma U	5	29	56	899	1,199	31	45	23	17	26	16	52	17
Jaula	10	58	113	1,798	2,398	33	89	47	33	51	32	104	33

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 26 Tiempos unitarios en h por operaciones de la reparación de estructura.

Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula
Limpieza				16		8	8	8
Desmantelo	32	32	32	144	20	52	52	12
Recuperación de piezas	32	32	32	30		6	6	8
Desmantelo del Techo	32	32	32					
Montaje de los Mecanismos de descarga	64	64	64					
Montaje del techo	40	40	40					
Montaje de Elementos Estructurales	24	24	24	112	16	49	49	24
Soldadura General				128	10	44	44	12
Terminación	12	12	12	32	12	16	16	8
Estabilización	16	16	16	16	16	16	16	16

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 27. Cálculo del coeficiente de capacidad para la reparación de estructura.

	Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula	Qj	Fj	bj	% de utilización
20	Limpieza	0	0	0	800	0	40	40	80	960	9554	9.95	10.05
21	Desmantelo	480	320	832	7200	400	260	260	120	9872	9554	0.97	103.33
22	Recuperación de piezas	480	320	832	1500	0	30	30	80	3272	9554	2.92	34.25
23	Desmantelo del Techo	480	320	832	0	0	0	0	0	1632	9554	5.85	17.08
24	Montaje de los Mecanismos de descarga	960	640	1664	0	0	0	0	0	3264	9554	2.93	34.16
25	Montaje del techo	600	400	1040	0	0	0	0	0	2040	9554	4.68	21.35
26	Montaje de Elementos Estructurales	360	240	624	5600	320	245	245	240	7874	9554	1.21	82.42
27	Soldadura General	0	0	0	6400	200	220	220	120	7160	9554	1.33	74.94
28	Terminación	180	120	312	1600	240	80	80	80	2692	9554	3.55	28.18
29	Estabilización	240	160	416	800	320	80	80	160	2256	9554	4.23	23.61

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28. Datos base para el cálculo del Fondo de tiempo anual para la reparación de estructura.

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
horas	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
ne...número de equipos.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
d...días laborables.	281	281	281	281	281	281	281	281	281	281
Ct...cantidad de turnos de trabajo.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ps...porcentaje de pérdidas estimado	0.85	0.85	0.85	0.85	0.9	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29. Capacidad instalada de la para la reparación estructura.

Equipos	Capacidad Instalada										
	Plan Anual	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Taíno	15	149	15	44	88	44	70	18	20	53	64
Rumano	10	100	10	29	59	29	47	12	13	35	42
Sumitomo	26	259	25	76	152	76	122	32	35	92	110
Góndola	50	498	48	146	293	146	234	61	67	177	212
Silo	20	199	19	58	117	59	94	24	27	71	85
Plataforma P	5	50	5	15	29	15	23	6	7	18	21
Plataforma U	5	50	5	15	29	15	23	6	7	18	21
Jaula	10	100	10	29	59	29	47	12	13	35	42

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30. Tiempos unitarios en h por operaciones de la reparación del sistema de tracción y choque.

Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula
Desmonte y traslado del Enganche	3	3	3	3	3	3	3	3
Desarme Limpieza y Ensamble del Enganche	8	8	8		8	8	8	8
Restauracion de Piezas Y Terminacion	8	8	8		8	8	8	8
Pintura	1	1	1		1	1	1	1
Regular Altura del Enganche.	8	8	8	8	8	8	8	8
Ensamble Y Soldadura de la Bocabarra.	2	2	2	2	2	2	2	2
Desmantelo y Montaje de la Bocabarra.	8	8	8	8	8	8	8	8
Corte y doblado de la Palanca de Disparo.	4	4	4	4	4	4	4	4
Montaje del Enganche.	8	8	8	8	8	8	8	8

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31. Cálculo del coeficiente de capacidad para la reparación del sistema de tracción y choque.

Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula	Qj	Fj	bj	% de utilización
30 Desmonte y traslado del Enganche	45	30	78	150	60	15	15	30	423	2248	5.31	18.82
31 Desarme Limpieza y Ensamble del Enganche	120	80	208	0	160	40	40	80	728	2248	3.09	32.38
32 Restauracion de Piezas Y Terminacion	120	80	208	0	160	40	40	80	728	2135.6	2.93	34.09
33 Pintura	15	10	26	0	20	5	5	10	91	2135.6	23.47	4.26
34 Regular Altura del Enganche.	120	80	208	400	160	40	40	80	1128	2135.6	1.89	52.82
35 Ensamble Y Soldadura de la Bocabarra.	30	20	52	100	40	10	10	20	282	1910.8	6.78	14.76
36 Desmantelo y Montaje de la Bocabarra.	120	80	208	400	160	40	40	80	1128	2248	1.99	50.18
37 Corte y doblado de la Palanca de Disparo.	60	40	104	200	80	20	20	40	564	2248	3.99	25.09
38 Montaje del Enganche.	120	80	208	400	160	40	40	80	1128	2135.6	1.89	52.82

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 32. Datos base para el cálculo del Fondo de tiempo anual para la reparación del sistema de tracción y choque.

	30	31	32	33	34	35	36	37
horas	8	8	8	8	8	8	8	8
ne...número de equipos.	1	1	1	1	1	1	1	1
d...días laborables.	281	281	281	281	281	281	281	281
Ct...cantidad de turnos de trabajo.	1	1	1	1	1	1	1	1
Ps...porciento de pérdidas estimado	1	1	0.95	0.95	0.85	1	1	0.95

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 33. Capacidad instalada de la para la reparación de sistema de tracción y choque.

Equipos	Capacidad Instalada										
	Plan Anual	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Taíno	15	80	46	44	352	28	102	30	60	28	
Rumano	10	53	31	29	235	19	68	20	40	19	
Sumitomo	26	138	80	76	610	49	176	52	104	49	
Góndola	50	266	154	147	1,173	95	339	100	199	95	
Silo	20	106	62	59	469	38	136	40	80	38	
Plataforma P	5	27	15	15	117	9	34	10	20	9	
Plataforma U	5	27	15	15	117	9	34	10	20	9	
Jaula	10	53	31	29	235	19	68	20	40	19	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 34 Tiempos unitarios en h por operaciones de la terminación.

Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula
Raspado y limpieza	20	20	36	20	28	16	16	24
Pintura Anticorrosiva y Esmalte	32	32	40	32	32	16	16	32
Rotulado	6	6	6	6	6	6	6	6

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 35. Cálculo del coeficiente de capacidad para la terminación.

	Procesos	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataforma P	Plataforma U	Jaula	Qj	Fj	bj	% de utilización
39	Raspado y limpieza	300	200	936	1000	560	80	80	240	3396	6744	1.99	50.4
40	Pintura Anticorrosiva y Esmalte	480	320	1040	1600	640	80	80	320	4560	4496	0.99	101.4
41	Rotulado	90	60	156	300	120	30	30	60	846	6406.8	7.57	13.2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 36. Datos base para el cálculo del Fondo de tiempo anual para la terminación.

	39	40	41
horas	8	8	8
ne...número de equipos.	3	2	3
d...días laborables.	281	281	281
Ct...cantidad de turnos de trabajo.	1	1	1
Ps...porcentaje de pérdidas estimado	1	1	0.95

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 37. Capacidad instalada de la para la reparación de sistema de frenos.

Capacidad Instalada				
Equipos	Plan Anual	39	40	41
Taíno	15	30	15	114
Rumano	10	20	10	76
Sumitomo	26	52	26	197
Góndola	50	99	49	379
Silo	20	40	20	151
Plataforma P	5	10	5	38
Plataforma U	5	10	5	38
Jaula	10	20	10	76

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 38. Cálculo de Tiempo Límite de Procesamiento.

Secuencia Tecnológica principal	Taíno	Rumano	Sumitomo	Góndola	Silo	Plataf P	Plataf U.	Jaula	Carga (Q)
1 Desmonte de Truck	2	2	2	2	2	2	2	2	16
2 Desmantelo sistema de freno aut.	16	16	16	8	8	8	8	10	90
3 Desmantelo sistema de freno manual	4	4	16			24	24	4	76
4 Desmonte y traslado del Enganche	3	3	3	3	3	3	3	3	24
5 Limpieza				16		8	8	8	40
6 Desmantelo	32	32	32	144	20	52	52	12	376
7 Recuperación de piezas	32	32	32	30		6	6	8	146
8 Desmantelo del Techo	32	32	32						96
9 Montaje de los Mecanismos de descarga	64	64	64						192
10 Montaje del techo	40	40	40						120
11 Montaje de Elementos Estructurales	24	24	24	112	16	49	49	24	322
12 Soldadura General				128	10	44	44	12	238
13 Terminación	12	12	12	32	12	16	16	8	120
14 Montaje general de truck	2	2	2	2	2	2	2	2	16
15 Montaje de sistema neumático	48	48		16	16	16	16	16	176
16 Adaptación y Montaje de Freno Manual	4	4	12	32	12	32	32	15	143
17 Montaje del Enganche.	8	8	8	8	8	8	8	8	64
18 Raspado y limpieza	20	20	36	20	28	16	16	24	180
19 Pintura Anticorrosiva y Esmalte	32	32	40	32	32	16	16	32	232
20 Rotulado	6	6	6	6	6	6	6	6	48
21 Estabilización	16	16	16	16	16	16	16	16	128
<b>Tiempos Totales de Procesamiento t/h</b>	<b>397</b>	<b>397</b>	<b>393</b>	<b>607</b>	<b>191</b>	<b>324</b>	<b>324</b>	<b>210</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 39. Cálculo de Tiempo Total de Procesamiento para la secuencia E-H-F-G-C-A-B-D.

Operaciones	E			H			F			G			C			A			B			D				
	Silo			Jaula			Plataf P			Plataf U.			Sumitomo			Taíno			Rumano			Góndola				
	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I
1 Desmorte de Truck	2	0	2	2	2	4	2	4	6	2	6	8	2	8	10	2	10	12	2	12	14	2	14	16		
2 Desmantelo sistema de freno aut.	8	2	10	10	10	20	8	20	28	8	28	36	16	36	52	16	52	68	16	68	84	8	84	92		
3 Desmantelo sistema de freno manual				4	20	24	24	28	52	24	52	76	16	76	92	4	92	96	4	96	100					
4 Desmorte y traslado del Enganche	3	10	13	3	24	27	3	52	55	3	76	79	3	92	95	3	96	99	3	100	103	3	103	106		
5 Limpieza				8	27	35	8	55	63	8	79	87	0			0						16	106	122		
6 Desmantelo	20	13	33	12	35	47	52	63	115	52	115	167	32	167	199	32	199	231	32	231	263	144	263	407		
7 Recuperación de piezas				8	47	55	6	115	121	6	167	173	32	199	231	32	231	263	32	263	295	30	407	437		
8 Desmantelo del Techo													32	231	263	32	295	327	32	327	359					
9 Montaje de los Mecanismos de descarga													64	263	327	64	327	391	64	391	455					
10 Montaje del techo													40	327	367	40	391	431	40	455	495					
11 Montaje de Elementos Estructurales	16	33	49	24	55	79	49	121	170	49	173	222	24	367	391	24	431	455	24	495	519	112	519	631		
12 Soldadura General	10	49	59	12	79	91	44	170	214	44	222	266	0			0						128	631	759		
13 Terminación	12	59	71	8	91	99	16	214	230	16	266	282	12	391	403	12	455	467	12	519	531	32	759	791		
14 Montaje general de truck	2	71	73	2	101	103	2	230	232	2	282	284	2	403	405	2	467	469	2	531	533	2	791	799		
15 Montaje de sistema neumático	16	73	89	16	103	119	16	232	248	16	284	300	0			48	469	517	48	533	581	16	799	815		
16 Adaptación y Montaje de Freno Manual	12	89	101	15	119	134	32	248	280	32	300	332	12	405	417	4	517	521	4	581	585	32	815	847		
17 Montaje del Enganche.	8	101	109	8	134	142	8	280	288	8	332	340	8	417	425	8	521	529	8	585	593	8	847	855		
18 Raspado y limpieza	28	109	137	24	142	166	16	288	304	16	340	356	36	425	461	20	529	549	20	593	613	20	855	875		
19 Pintura Anticorrosiva y Esmalte	32	137	169	32	169	201	16	304	320	16	356	372	40	461	501	32	549	581	32	613	645	32	875	907		
20 Rotulado	6	169	175	6	201	207	6	320	326	6	372	378	6	501	507	6	581	587	6	645	651	6	907	913		
21 Estabilización	16	175	191	16	207	223	16	326	342	16	378	394	16	507	523	16	587	603	16	651	667	16	913	929		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 40. Cálculo de Tiempo Total de Procesamiento para la secuencia D-A-B-C-F-G-H-E.

Operaciones	D			A			B			C			F			G			H			E				
	Góndola			Taíno			Rumano			Sumitomo			Plataf P			Plataf U.			Jaula			Silo				
	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I
Desmorte de Truck	2	0	2	2	2	4	2	4	6	2	6	8	2	8	10	2	10	12	2	12	14	2	14	16		
Desmantelo sistema de freno aut.	8	2	10	16	10	26	16	26	42	16	42	58	8	58	66	8	66	74	10	74	84	8	84	92		
Desmantelo sistema de freno manual				4	26	30	4	42	46	16	58	74	24	74	98	24	98	122	4	122	126					
Desmorte y traslado del Enganche	3	10	13	3	30	33	3	46	49	3	74	77	3	98	101	3	122	125	3	126	129	3	129	132		
Limpieza	16	13	29	0						0			8	101	109	8	125	133	8	133	141					
Desmantelo	144	29	173	32	173	205	32	205	237	32	237	269	52	269	321	52	321	373	12	373	385	20	385	405		
Recuperación de piezas	30	173	203	32	205	237	32	237	269	32	269	301	6	321	327	6	373	379	8	385	393					
Desmantelo del Techo				32	237	269	32	269	301	32	301	333														
Montaje de los Mecanismos de descarga				64	269	333	64	333	397	64	397	461														
Montaje del techo				40	333	373	40	397	437	40	461	501														
Montaje de Elementos Estructurales	112	203	315	24	373	397	24	437	461	24	501	525	49	525	574	49	574	623	24	623	647	16	647	663		
Soldadura General	128	315	443	0						0			44	574	618	44	623	667	12	667	679	10	679	689		
Terminación	32	443	475	12	475	487	12	487	499	12	525	537	16	618	634	16	667	683	8	683	691	12	689	701		
Montaje general de truck	2	475	479	2	487	489	2	499	501	2	537	539	2	634	636	2	683	685	2	691	693	2	701	703		
Montaje de sistema neumático	16	479	495	48	495	543	48	543	591	0			16	636	652	16	685	701	16	701	717	16	717	733		
Adaptación y Montaje de Freno Manual	32	495	527	4	543	547	4	591	595	12	595	607	32	652	684	32	701	733	15	733	748	12	748	760		
Montaje del Enganche.	8	527	535	8	547	555	8	595	603	8	607	615	8	684	692	8	733	741	8	748	756	8	760	768		
Raspado y limpieza	20	535	555	20	555	575	20	603	623	36	623	659	16	692	708	16	741	757	24	757	781	28	781	809		
Pintura Anticorrosiva y Esmalte	32	555	587	32	587	619	32	623	655	40	659	699	16	708	724	16	757	773	32	781	813	32	813	845		
Rotulado	6	587	593	6	619	625	6	655	661	6	699	705	6	724	730	6	773	779	6	813	819	6	845	851		
Estabilización	16	593	609	16	625	641	16	661	677	16	705	725	16	730	746	16	779	795	16	819	835	16	851	867		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 41. Actividades de la reparación de estructura de la góndola.

Desarrollo de las actividades para la reparación de una Góndola			
Actividad	T h	Pailero	Soldador
Desmantelo del portón frontal	5		
Desmantelo de Estribo	2		
Desmantelo Agarraderas frontales	2		
Desmantelo del Piso y la estructura	12		
Desmantelo de Viga Central de apoyo del piso	7		
Desmantelo de Esquineros	5		
Desmantelo de Paños Laterales	11		
Desmantelo de Travesaños	10		
Desmantelo de Semipuentes	10		
Desmantelo de la parte interior de la Viga Lateral	7		
Desmantelo de piso sobre viga Frontal y parte interior	5		
Desmantelo de partes y piezas	5		
Montaje de Paño Fijo Frontal	2		
Soldadura General de Paño Fijo Frontal	5		
Montaje y Soldadura de Estribo	2		
Montaje y Soldadura de Agarraderas	2		
Montaje del Piso y la estructura	15		
Soldadura General	12		
Montaje de Viga Central de apoyo del piso	7		
Soldadura General	5		
Montaje de Esquineros	5		
Soldadura General	5		
Montaje de Paños Laterales	12		
Soldadura General	10		
Montaje de Travesaños	7		
Soldadura General	10		
Montaje de Semipuentes	7		
Soldadura General	7		
Montaje de la parte interior de la Viga Lateral	5		
Soldadura General	7		
<b>Tiempo Inactivo</b>		90	111
Tiempo total máximo de procesamiento	208		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 42. Resultados de la simulación del proceso de reparación de equipos ferroviarios.

<b>Modelo de equipo</b>	<b>Cantidad de producto</b>	<b>Plan año 2019</b>	<b>Capacidad actual</b>
PlataformaP.NumberOut	14.000	5	4
PlataformaU.NumberOut	20.000	5	4
Rumano.NumberOut	17.000	10	9
Taino.NumberOut	19.000	15	13
Gondola.NumberOut	52.000	50	44
Jaula.NumberOut	26.000	10	9
Sumitomo.NumberOut	35.000	26	23
Silo.NumberOut	31.000	20	18
Total	214	141	125

*Fuente: Elaboración propia.*