

**Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo
Departamento de Ingeniería Industrial**

**FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE
INSTALACIONES**

**Tesis presentada en opción al título de
Ingeniero Industrial**

Autora: Daylín Pupo Cruz

Tutora: Ms.C. Lidia María Pérez Vallejo

Holguín 2016



UHo UNIVERSIDAD
DE HOLGUÍN

PENSAMIENTO

*Nunca digas que has fallado hasta que hayas
dado tu último intento, y nunca des tu
último intento hasta que hayas alcanzado el
éxito.*

Anónimo



AGRADECIMIENTOS

Hace algún tiempo he estado pensando lo que escribiría en estas líneas. En estos momentos vienen a mi pensamiento muchas personas que han formado, forman y formarán por siempre parte de mi vida: familiares, amistades, compañeros, profesores e incluso vecinos.

En este viaje de la vida, siempre han existido dos personas que han sido mi guía y mi ejemplo: mis padres Francisco Ramón y Amarilis. A ellos va mi mayor agradecimiento porque han sabido, más que con palabras, con acciones, enseñarme a vivir como una persona de bien.

También recuerdo a mis profes de la vocacional y otras escuelas en las que estuve, a las amistades que allí conocí y aún perdura.

El llegar a la universidad y poder conformar mi tesis como resultado de estos cinco años me ha permitido conocer personas con diferentes maneras de pensar y asumir la vida con todos sus matices, aquí también encontré personas valiosas que me ayudaron y acompañaron a transitar este camino.

Yendris y su mamá Mabel en estos últimos tiempos me han ayudado a crecerme ante las dificultades, a ser fuerte y a estar en un constante aprendizaje.

No he querido mencionar más nombres porque cada una de las personas que lea estas palabras y se sienta identificado, sabe que significa mucho en mi vida, yo en cambio, siempre contaré con una palabra de aliento y mi apoyo incondicional para ellos, como muestra de mi gratitud.

DEDICATORIA

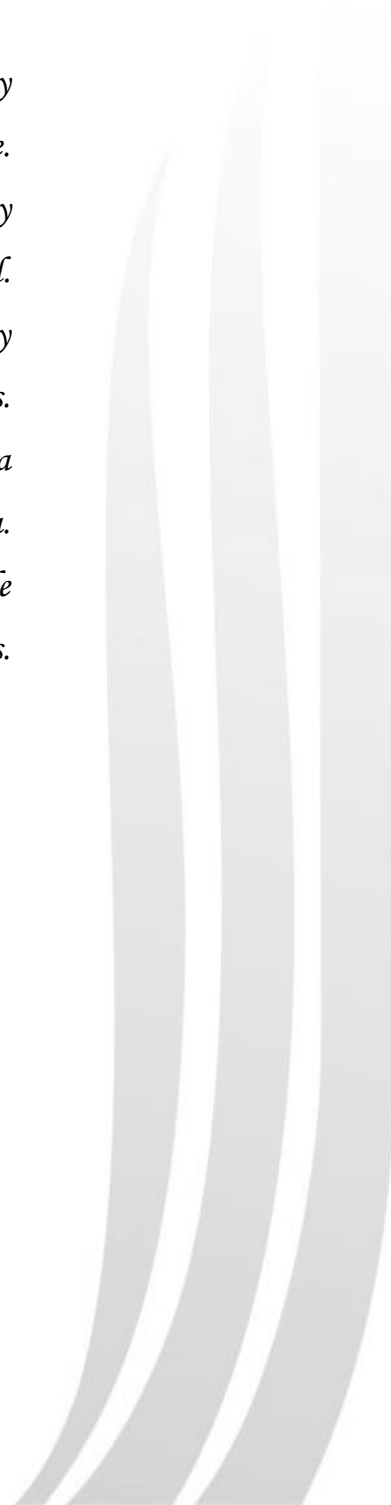
A mis padres que me lo han dado todo para crecer profesional y espiritualmente.

A mi hermana Dianelis, quien sabe siempre sacarme una sonrisa y llenarme de felicidad.

A mis abuelos, aunque solo conocí a dos de ellos, seguro estuvieran muy contentos en estos momentos.

A todas las personas que me apoyan y me brindan sus consejos de una manera sana para que yo obtenga los mejores resultados en mi vida.

A los estudiantes y profesores que puedan nutrirse con esta tesis de conocimientos para convertirse en mejores profesionales.



RESUMEN

Actualmente las organizaciones se proyectan hacia el perfeccionamiento de los procesos internos para cumplir con las expectativas y exigencias del entorno dinámico correspondiente. El sistema educacional cubano constituye un pilar fundamental para la sociedad, pero no se encuentra ajeno a esta realidad.

Las universidades cubanas representan una fortaleza que genera conocimientos para todo el pueblo; por lo que se encuentran involucradas en constantes transformaciones del proceso enseñanza-aprendizaje, en aras de dar cada vez mayores y mejores respuestas a las demandas de la sociedad. En este ámbito, el uso de los medios de enseñanza es un recurso fundamental porque con su utilización se logra que los estudiantes adquieran los conocimientos de la mejor manera posible. Dado estos elementos, se planteó como problema profesional a resolver: la carencia de un libro de texto básico en la asignatura Distribución en Planta que integre el tema “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones”.

Ante esta situación, la presente investigación tuvo como objetivo general: desarrollar el capítulo “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones” para formar parte del libro de texto básico de la asignatura que se analiza. Se emplearon diferentes métodos como la revisión de la literatura, entrevistas informales, observación directa, encuestas, entre otros, para lograr un mejor estudio, en el cual se exponen concepciones teóricas y prácticas asociadas a estos factores. También se confeccionaron ejercicios resueltos y propuestos para cada uno de los métodos que se abordan en la investigación. Este compendio de conocimiento fue sometido a validación mediante el empleo del criterio de expertos y los resultados mostraron la factibilidad de su elaboración.

ABSTRACT

Nowadays, enterprises are directed towards the improvement of the internal processes to fulfill the expectations and adjust to a constant changing environment. Cuban educational system constitutes a fundamental society pillar, but it is not absent to this reality.

Cuban Universities represent a driving strength which generates a source of knowledge to all people; that is why they are always involved in a constant transformation of the teaching and learning process, in order to provide more effective and better responses to society's demands. Due to these elements, it was established as professional problem to be solved: the lack of a basic textbook as didactic material in the subject Plant Distribution, which integrates the theme "Factors that intervene in the spatial distribution of the plants".

Within this context, the present research was carried out with the purpose of developing the chapter "Factors that intervene in the spatial distribution of the plants" so as to be included in a basic textbook for the content related to the subject matter. Different methods were used such as: bibliography revision, informal interviews, direct observation, questionnaires among others, in order to develop a deeper study, in which theoretical and practical concepts are presented associated to these factors.

Besides, a set of solved activities are provided, as a proposal for each method that this investigation comprises. The present compilation knowledge was summited to expert analysis assessment and as a result it was acknowledged the feasibility of its elaboration.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL SOBRE EL SISTEMA DE MEDIOS DE ENSEÑANZA Y EL LIBRO DE TEXTO	6
1.1. El sistema de medios de enseñanza como componente fundamental del proceso enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior.....	6
1.2. El libro de texto como un medio esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje	13
1.3. El libro de texto de la asignatura Distribución en Planta en la carrera Ingeniería Industrial.....	21
CAPÍTULO II. ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y DE SUS MÉTODOS DE CÁLCULO ...	28
2.1. Generalidades de la distribución en planta en instalaciones productivas y de servicio	28
2.2. Análisis de los factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones	31
2.3. Métodos cuantitativos para determinar las necesidades de materiales, equipos, fuerza de trabajo y áreas en las instalaciones que se proyectan	41
2.3.1. Cálculo de las necesidades materiales.....	41
2.3.2. Cálculo de las necesidades de equipos.....	44
2.3.3. Cálculo de las necesidades de fuerza de trabajo.....	49
2.3.4. Cálculo de las necesidades de áreas	54
2.4. Validación de la bibliografía propuesta a través del criterio de expertos	57
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
BIBLIOGRAFÍA.....	62

INTRODUCCIÓN

“La sociedad del siglo XXI se combina bajo un nuevo paradigma, donde la información y el conocimiento se convierten en los principales impulsores del desarrollo. Estos se basan en los adelantos tecnológicos que se alcanzaron en las últimas décadas del siglo pasado y que continúan influyendo en todos los aspectos de la vida material y espiritual de las personas. Aunque son notables las diferencias entre los países respecto a estas realidades, los gobiernos están en el deber de dotar a sus pueblos de las capacidades intelectuales que les permitan vencer los desafíos de la sociedad en que viven y alcanzar un desarrollo sostenible, lo cual solo es posible con un sólido sistema educacional” (Ginoris Quesada, 2009).

“La universidad cubana transita hoy por uno de los procesos más complejos, abarcadores e interesantes de toda su larga y fructífera historia. Inmersa en el desarrollo de los nuevos programas de la Revolución para las ciencias sociales y las humanidades, las especialidades de impacto en el turismo, las ciencias de la computación, la educación a distancia y en la introducción de las nuevas tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Es por ello que se ha comenzado a poner en práctica un amplio programa de masividad y participación comunitaria en la gestión, la docencia, la práctica laboral y la investigación académica y científico-pedagógica. Este programa es conocido en todos los ámbitos por el nombre de Universalización de la educación superior” (Horta Navarro, 2009).

Los centros de altos estudios, para responder a las demandas de la sociedad, han realizado profundas transformaciones en sus concepciones académicas, que en su integración caracterizan el Nuevo Modelo de la Universidad. Esta nueva academia surge para dar respuesta a la situación actual que vive el país y a los cambios que tienen lugar en el mundo, en cuanto a la ciencia y la tecnología. De igual forma, los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba hacen referencia a estos aspectos, al señalar en el lineamiento 152 referido a la política social: “elevar el rigor y efectividad del proceso docente-educativo para incrementar la eficiencia del ciclo escolar (...)”.

Lo anteriormente planteado sirve como punto de partida para enfatizar que como respuesta a los cambios que se realizan, la didáctica también se ha revalorizado en los últimos años, lo que está asociado al avance en la elaboración de un cuerpo teórico propio y a que sea reconocida como un instrumento fundamental en la pedagogía. El proceso enseñanza-aprendizaje es considerado el objeto de estudio de la didáctica, el cual consta de seis componentes: objetivo, contenido, método, medios, las formas de organización y evaluación, los que contribuyen a la formación integral de estudiantes y profesores según Ginoris Quesada (2009). Las nuevas tendencias en la educación, los cambios en los planes de estudio y del entorno, así como las necesidades de las organizaciones y la sociedad en general, conllevan al perfeccionamiento de estos componentes.

En la formación que se imparte en las aulas cubanas se emplean los medios de enseñanza tradicionales como la pizarra, el retroproyector, los libros de texto y recientemente los sistemas de presentación con ordenador, los cuales tienen como misión fundamental facilitar el aprendizaje. Sánchez Meleán (2006) afirma que la producción de libros de texto en las universidades, debe ser tarea prioritaria, pues estos constituyen un recurso instruccional de primer orden, tanto para los encuentros presenciales como a distancia, porque cuando los alumnos tienen entre sus manos un libro guía, la clase se hace más dinámica, al no existir la premura de informar todo el contenido.

Los medios de enseñanza en la educación superior son empleados en la formación profesional de los educandos de todas las carreras, a pesar de que estas presenten un marcado carácter humanístico, pedagógico, técnico u otro. Respecto a las ciencias técnicas, se encuentra la carrera Ingeniería Industrial, la cual proporciona a sus estudiantes las herramientas necesarias para lograr la eficiencia en la gestión de los diferentes procesos que en la organización convergen. Para enfrentar los problemas profesionales que puedan presentarse, este escolar recibe dieciocho disciplinas como parte de su currículo base y sus respectivas asignaturas. Una de ellas es Gestión de Procesos y Cadena de Suministros, la cual cuenta con cinco asignaturas básicas que tributan a los objetivos instructivos y educativos de los años en los cuales se imparten. La asignatura Distribución en Planta pertenece a esta disciplina y se imparte en el último

año académico como asignatura integradora de los conocimientos y habilidades adquiridas. Al analizar los planes de estudio se comprobó que solo los planes "A", "B" y "D" la contienen, es decir, se excluyó de los planes "C" y "C modificado". Al revisar la bibliografía de la materia se evidencia una desactualización en la literatura que expone el tema, debido a la inestabilidad en el tiempo que esta presentó.

La necesidad de que la asignatura en cuestión cuente con una bibliografía especializada y actualizada resulta pertinente, debido a que la misma responde a las exigencias de los educandos de la mencionada carrera y a las demandas científicas del resto de los profesionales afines. Actualmente la materia no dispone de un medio que integre el sistema de conocimientos que se imparten en ella, la bibliografía especializada resulta dispersa y escasa y no cumple a cabalidad con los objetivos declarados en el programa analítico de esta, debido a que carece de todo el bagaje de información científica propio para la asignatura. El folleto de ejercicios, presenta errores en la solución de estos y no existen ejercicios resueltos y propuestos para cada uno de los métodos que se estudian; situación que dificulta el proceso enseñanza-aprendizaje en el centro de altos estudios. Esta realidad provoca que las clases carezcan de dinamismo y resulten tediosas por la extensa toma de notas que los estudiantes deben realizar, además de dificultar el estudio y el trabajo independiente.

Lo expuesto anteriormente constituye la **situación problemática** que originó la presente investigación y que deriva un **problema profesional** a resolver que se manifiesta como: carencia de un libro de texto básico en la asignatura Distribución en Planta que integre el tema "Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones".

El **objeto de investigación** lo constituye el sistema de medios de enseñanza.

Persiguiendo como **objetivo general** de la investigación: desarrollar el capítulo "Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones" para formar parte del libro de texto básico de la asignatura Distribución en Planta.

Para dar cumplimiento al objetivo general de la investigación se proponen los **objetivos específicos** siguientes:

- Elaborar el marco teórico referencial de la investigación a partir del análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje; las bases conceptuales de los medios como

componente de este proceso y del libro de texto como un recurso asociados a esta temática en la asignatura Distribución en Planta.

- Confeccionar el capítulo “Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación” para formar parte del libro de texto básico de la asignatura Distribución en Planta.

El **campo de acción** queda definido de la siguiente forma: el libro de texto básico de la asignatura Distribución en Planta enmarcado en los “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones”.

Para contribuir a la solución del problema planteado se formuló la **idea a defender** siguiente: la confección del capítulo “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones” como parte del libro de texto básico de Distribución en Planta contribuye a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura.

En el desarrollo de la investigación se utilizan diferentes **métodos teóricos y empíricos**, asociados a este tipo de investigación, entre los que se encuentran:

Métodos teóricos:

- Análisis-síntesis: en el procesamiento de la información teórica, para desarrollar el análisis del objeto de estudio y campo de acción y en la elaboración de las conclusiones
- Histórico-lógico: para el análisis de los antecedentes y evolución de la carrera a través de los planes de estudio y de la asignatura
- Inducción-deducción: útil para determinar la relación del libro de texto básico como parte de los medios de enseñanza con la asignatura Distribución en Planta
- Sistémico-estructural: para desarrollar el análisis del objeto de estudio y el campo de acción a través de su descomposición en los elementos que lo integran.

Métodos empíricos:

- Revisión de la literatura especializada de la carrera y de la literatura pedagógica, entrevistas informales, observación directa, encuestas y la tormenta de ideas para el análisis de la información
- El método de criterio de expertos para determinar el estado de pertinencia de la bibliografía especializada propuesta para la asignatura Distribución en Planta.

El presente Trabajo de Diploma se estructuró de la siguiente manera: introducción, donde se caracteriza la situación problemática y se muestra el diseño de la investigación; el capítulo I, contiene el marco teórico-referencial de los elementos que se abordan y en él se demuestra la existencia del problema profesional. Un capítulo II, en el cual se desarrollan los conocimientos teóricos del tercer tema que se imparte en la asignatura para conformar el libro de texto básico de la misma. Se presentan además las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación. También se relaciona la bibliografía consultada y para finalizar un grupo de anexos, que en su mayoría integran los ejercicios resueltos para determinar las necesidades cuantitativas de algunos de los factores que influyen en la distribución espacial de una instalación.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL SOBRE EL SISTEMA DE MEDIOS DE ENSEÑANZA Y EL LIBRO DE TEXTO

En este capítulo se exponen los referentes teóricos que sustentan los fundamentos de la presente investigación. Se abordan concepciones acerca del proceso enseñanza-aprendizaje (PEA), los medios de enseñanza (ME) y en particular del libro de texto (LT) como parte de estos. Se comentan además los elementos de la carrera Ingeniería Industrial, de la disciplina Gestión de procesos y cadenas de suministro y en específico de la asignatura Distribución en Planta (DP) como parte del actual Plan de Estudio (PE) “D” en las universidades cubanas.

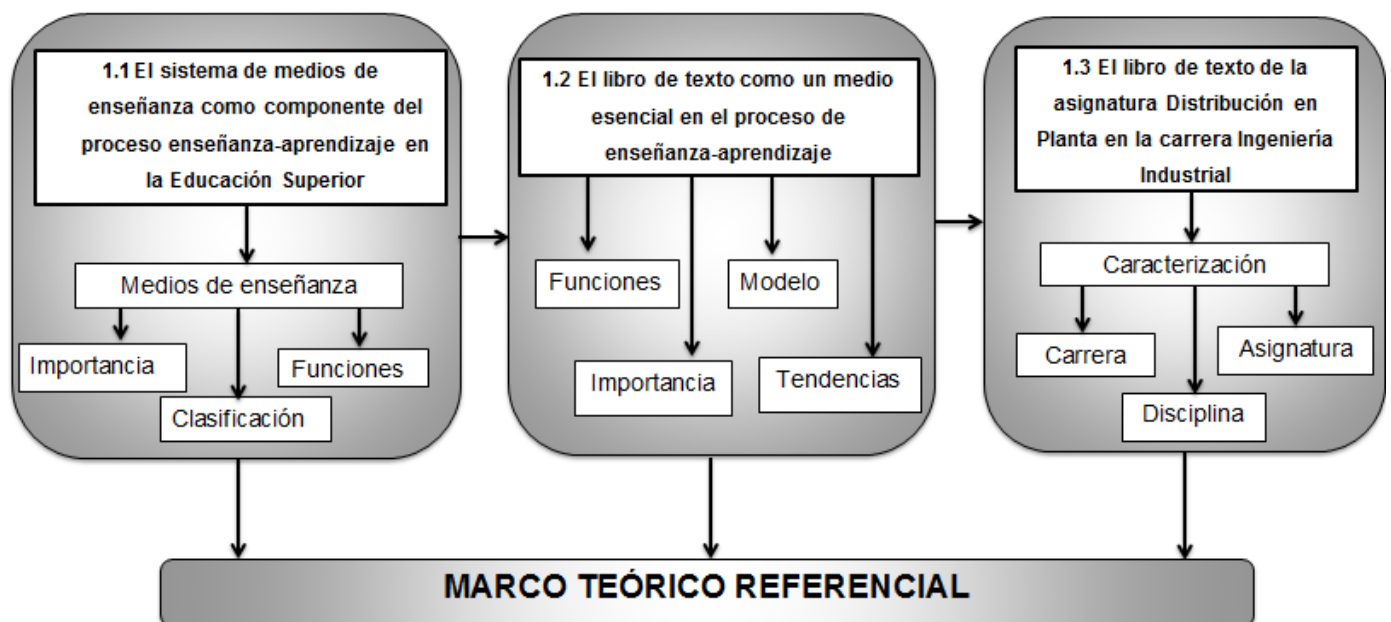


Figura 1.1. Hilo conductor para la elaboración del marco teórico-referencial de la investigación.

1.1. El sistema de medios de enseñanza como componente fundamental del proceso enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior

La universalización caracteriza el sistemático proceso de transformaciones de la educación superior. Esta se encuentra dirigida a la ampliación de posibilidades y oportunidades de acceso a la universidad y a la multiplicación de los conocimientos, con lo cual se contribuye a la formación de una cultura general integral de la población.

La universidad cubana actual es una institución científica, tecnológica y humanista. Esas tres cualidades la caracterizan esencialmente, dado que se convierten en centros de

investigación científica donde profesores y estudiantes se vinculan a tareas de este carácter como parte de su labor cotidiana. El desarrollo tecnológico constituye un pilar fundamental, el cual ha sido posible por la estrecha vinculación con empresas, industrias e instalaciones productivas y de servicios. Un centro de altos estudios se concibe con una visión de la formación que rebasa lo instructivo, lo meramente cognitivo y centra su atención en el hombre y el desarrollo pleno de su personalidad; por lo tanto, los aspectos significativos, conscientes y de compromiso social, devienen la prioridad principal. (Ginoris Quesada, 2009). Entre las tendencias que caracterizan actualmente el ámbito universitario cubano se destaca la búsqueda de currículos más integradores y el perfeccionamiento del PEA.

Este perfeccionamiento constituye uno de los problemas más universales que enfrenta el campo de la educación según Asencio Cabot (2002). En la actualidad se proponen cambios en los sistemas educativos, los cuales comienzan a facilitar el acceso al conocimiento a través de múltiples fuentes y formas, favoreciendo la capacidad de aprendizaje autónomo, de manera que les permita a los individuos comprender mejor el mundo en que viven y tomar sus propias decisiones.

Según Ginoris Quesada (2009) “el término PEA, es un proceso pedagógico escolar que se distingue por ser mucho más sistemático, planificado, dirigido y específico, por cuanto la interrelación maestro-alumno, sucede en un accionar didáctico mucho más directo, con el fin de lograr un desarrollo integral de la personalidad de los educandos”. Este proceso posee un carácter científico pues debe conducir a que los estudiantes se apropien de un pensamiento reflexivo, que les permita dominar teorías, leyes, conceptos y en consecuencia poder actuar con conocimiento de causa, propiciando que se formen valores en ellos, protejan el medio ambiente y transformen creadoramente la naturaleza y la sociedad.

En la figura 1.2 se muestra la relación de sus componentes con el propósito de darle un carácter más personalógico, y respetar así la dimensión humana de dicho proceso.



Figura 1.2. Relación de los componentes del proceso enseñanza-aprendizaje

Fuente: Tomado de Ginoris Quesada (2009)

Con respecto al PEA, Addine Fernández (2004) plantea: “el objetivo son los propósitos y aspiraciones que durante el proceso se van conformando en el modo de pensar, sentir y actuar del estudiante. El contenido es aquella parte de la cultura y experiencia social que debe ser adquirida por los estudiantes y se encuentra en dependencia de los objetivos propuestos. El método es el elemento director del proceso, responde a ¿cómo desarrollar el proceso?, ¿cómo enseñar?, ¿cómo aprender?, representa el sistema de acciones de profesores y estudiantes, como vías y modos de organizar la actividad cognoscitiva de los estudiantes o como reguladores de la actividad interrelacionada de profesores y estudiantes, dirigidas al logro de los objetivos. El medio es el componente que establece una relación de coordinación muy directa con los métodos, representando el “con qué” desarrollar el proceso. La forma de organización refleja las relaciones entre profesor y estudiantes en la dimensión espacial y temporal del proceso y la evaluación responde a la pregunta ¿en qué medida? han sido cumplidos los objetivos del proceso”. Los ME como componentes del PEA permiten establecer una mejor comunicación maestro-estudiante y estudiante-estudiante entre sí, lo que contribuye a la mejor asimilación de los contenidos. González Castro (1986), plantea que “los ME son medios de objetivación del trabajo, que están vinculados a los objetos materiales, sirven de apoyo al proceso de enseñanza y contribuyen decisivamente al logro de su objetivos”. También asegura que “la combinación de estos cuya integración produzca un resultado

superior a la aplicación aislada o combinaciones parciales de sus componentes es lo que se conoce como sistema de medios de enseñanza”.

Estos permiten elevar la efectividad del proceso docente porque con su utilización se logra que los estudiantes aprendan más y sigan un pensamiento lógico, racionalizando así el tiempo necesario para el aprendizaje y los esfuerzos del profesor. Por todo lo anteriormente expuesto resulta evidente que no por necesidad sino por su eficacia en el proceso pedagógico su uso no puede ser arbitrario sino que es necesario tener presente para su empleo adecuado planificar su utilización, conocer el programa que se imparte, conocer con qué medios se cuenta y saber en qué momento se tendrán que emplear.

Una de las características esenciales de este elemento es su carácter sistémico, lo que indica que la función que algunos no puedan cumplir por sus características estructurales y la propia información que porten, es complementada por otros medios del sistema. La selección y uso de los mismos en el proceso pedagógico está dada por su relación con los demás componentes. Estos están condicionados por los objetivos, los contenidos y sus peculiaridades, los métodos empleados y las formas organizativas de la actividad docente, la cual concluye con la medición del aprendizaje.

Históricamente a los ME se les consideraban auxiliares para el trabajo de los maestros, puesto que se ignoraba la concesión sistemática y científica que se tiene hoy día sobre el proceso docente-educativo. Varios de los autores que han desarrollado el tema, entre los que se encuentra Alves de Mattos (1973), confieren un mayor valor a los medios audiovisuales tales como el pizarrón y los murales, puesto que estudios realizados en el campo de las percepciones humanas han demostrado que la capacidad de peso de la información a través de los canales sensoriales se comporta con la aproximación siguiente: 83% a través de la vista, 11% mediante el oído y 6% mediante los demás órganos sensoriales. Otros investigadores aceptan la concepción de Addine Fernández (2004), quien los considera un mecanismo esencialmente interactivo y comunicativo, capaz de lograr una influencia mutua en las relaciones interpersonales. Los elementos referidos con anterioridad centran los ME en la trasmisión de información o la comunicación, descontextualizando su relación con las restantes categorías didácticas o sin reconocer de manera explícita el carácter científico de su utilización por el docente.

Para Colectivo de autores (2003) y Ginoris Quesada (2009) “los medios son los componentes del PEA que sirven de sostén material a los métodos (...), están determinados, en primer lugar, por el objetivo y el contenido, los que se convierten en criterios decisivos para su selección y empleo (...), constituyen distintas imágenes y representaciones (...), abarcan objetos materiales e industriales (...), los cuales contienen información y se utilizan como fuente de conocimiento, (...) contribuyen a que la enseñanza sea activa”. “Según se desarrolle la tecnología de la enseñanza y el enfoque de sistema para lograr los objetivos de la enseñanza; los medios audiovisuales dejarán de ser medios auxiliares para el enriquecimiento de la exposición del maestro (...) y se convertirán en subsistemas cuidadosamente planificados y organizados, atendiendo a los objetivos del proceso de aprendizaje”.

Para la autora, las consideraciones anteriores se acercan aún más a la función del mencionado componente en su concepción como categoría didáctica, que depende de los objetivos y del contenido, los cuales deben planificarse por el docente, en dependencia del resultado que se pretenda alcanzar y no simplemente como apoyo externo a dicho proceso.

El proceso de aprendizaje se produce de lo sensorial a lo racional, es por eso que los medios tienen gran importancia al contribuir a objetivizar los diferentes conceptos y fenómenos a la vez que facilitan el desarrollo de habilidades y capacidades intelectuales. El uso de los ME adquiere una importancia vital para el desarrollo de un adecuado PEA. Con respecto a la importancia que poseen los mismos Klingberg (1978) expresa:

- La utilización de los ME facilita al maestro el tiempo de preparación para la clase, porque dispone de las indicaciones de los objetivos y contenidos importantes del plan de enseñanza de acuerdo con la concepción didáctico-metódica
- Mediante la utilización de los ME, el maestro se libera temporalmente de tener que exponer la materia y puede entonces concentrarse intensamente en la conducción del proceso de aprendizaje, darle ayuda a los alumnos e instrucciones individuales en su actividad
- El empleo pedagógico adecuado de los ME en la clase, eleva la eficacia del proceder del instructor y de su dirección pedagógica, mejora el mecanismo de reacción en el

proceso pedagógico, conduce a una mayor variedad en el proceso de enseñanza y reduce el gasto de tiempo para determinados trabajos de preparación.

Es necesario señalar que para su empleo debe tenerse en cuenta la motivación, la orientación, la ejecución y el control de la actividad en la que intervengan mediante objetos reales, representaciones e instrumentos que sirvan de apoyo material para la apropiación del contenido, complementando el método, para la consecución de los objetivos propuestos por el docente. Dentro de las funciones más importantes de los mismos según Bravos Ramos (1998) se encuentran:

- Actúan en el proceso de comunicación, en el cual están representado por el canal a través del cual se envía el mensaje
- Favorecen la formación de convicciones, hábitos, habilidades y normas de conductas en los estudiantes
- Motivan el aprendizaje y aumentan la concentración de la actuación
- Aumentan la efectividad del proceso docente al mejorar la calidad de la enseñanza, sistematizándola y empleando menos tiempo y esfuerzo
- Permiten el control del proceso pedagógico.

Dado que existe diversidad de medios de enseñanza-aprendizaje (MEA), variadas han sido sus clasificaciones. Las primeras fueron realizadas atendiendo a su relación con la realidad, luego mediante las etapas generacionales según fueron apareciendo en el contexto docente y en lo adelante han seguido las modificaciones de las tipologías de los medios para lograr una especificación de cada uno de ellos. En la presente investigación se expone la clasificación dada por González Castro (1986) en sus estudios sobre teoría y práctica de los medios de enseñanza, la cual se basa en la función didáctica de transmitir la información, considerando cuatro grupos como se expone a continuación:

1. Medios no proyectables de percepción directa: son aquellos que no necesitan de recursos técnicos para su utilización y solo requieren percepción mediante los órganos de los sentidos, fundamentalmente la vista y el tacto. De acuerdo con su representación material pueden agruparse en:

- Elementos tridimensionales:
 - Objetos reales: pueden ser naturales o industriales
 - Reproducciones: maquetas y modelos

- Tableros didácticos: pizarrón, magnetógrafos, franelógrafos y murales
- Elementos gráficos: mapas, láminas, pancartas, carteles y fotografías
- Materiales impresos: libros de textos, revistas y periódicos.

Los medios de percepción directa tienen la característica de ser manipulables, de modo que los estudiantes pueden operar con ellos, extraer datos y tomar apuntes, permitiéndoles crear elementos que complementen la información que los medios ofrecen, ya sean simples esquemas o mapas conceptuales. Su empleo motiva y dirige la actividad cognoscitiva, concentra la actividad psíquica y práctica de los alumnos en los aspectos fundamentales de la clase y permiten al docente desarrollar su creatividad.

2. Medios de proyección de imágenes fijas: utilizan recursos técnicos mediante un sistema óptico y luminoso que es captado por el canal visual, de acuerdo con la naturaleza de la proyección, los más conocidos son:

- Opacos: entre los que se encuentra el episcopio
- Transparentes: microfilmes, diapositivas y tiras filmicas.

Se utilizan cuando el objeto o fenómeno dificulta su observación directa y no requiere representación tridimensional. También cuando se presentan aspectos simples, porque estos medios no pueden abarcar gran cantidad de información.

3. Medios sonoros: son los que se sirven de canal auditivo para lograr sus objetivos, estos pueden ser:

- Naturales: voz, ruidos de animales y del medio ambiente
- Técnicos: de transmisión (radio) y de registro (grabadoras, reproductoras de sonidos, CD ROM).

El mensaje se construye con la unión sucesiva de los diferentes fonemas que lo integran. Es un sistema de comunicación total, capaz de crear un lenguaje articulado. Este sistema es propio del profesor.

4. Medios de proyección de imágenes en movimiento o medios audiovisuales: son los que emplean recursos técnicos como la imagen, el sonido, el movimiento y/o su integración. El sonido refuerza el perfil que se presenta, lo enfatiza, lo humaniza o todo lo contrario, incita al pensamiento valorativo y al afianzamiento o no de puntos de vistas. Entre ellos se pueden encontrar:

- El cine, la televisión, los videos, la multimedia y los proyectores de películas

El uso de los recursos anteriores enriquece la sensopercepción de los objetos, fenómenos y procesos de estudio, estimulan la motivación y el interés por aprender. La información que ellos difunden llega con señales de alta calidad, propiciando la inmediatez de la noticia, una acción directa y profunda y la influencia en el componente emocional del individuo.

Otra clasificación dada por Bravos Ramos (2004) reflexiona acerca de la influencia que tienen actualmente las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), por lo que considera un grupo de medios acorde a las nuevas tendencias. La autora considera este grupo muy adecuado a la realidad del siglo XXI, por lo que comparte la opinión del mencionado investigador, e incluye esta categoría en el presente trabajo, la cual se expone a continuación:

- Medios de información continua y a distancia: propicia el empleo de las tecnologías que permiten ofrecer al alumno una información continua y actualizada sobre cualquier aspecto de la asignatura. Entre estos medios se incluyen:

- Páginas web, correo electrónico, charla electrónica o chat y el sistema completo de teleformación, que supone un compendio de todos los anteriores que se pueden integrar en este; ofreciendo un sistema completo de gestión de toda la actividad académica.

Los MEA responden a las interrogantes ¿con qué enseñar y con qué aprender?, forman parte de la actividad de docentes y estudiantes, bien sea dentro y/o fuera del salón de clases, laboratorios, centros laborales, museos, bibliotecas e industrias. Estos permiten cumplir con los objetivos propuestos por el profesor y deben utilizarse creativamente, lo cual favorece a que los estudiantes se puedan apropiar del contenido de manera reflexiva y consciente.

1.2. El libro de texto como un medio esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Las principales transformaciones que están ocurriendo en varios países se encuentran dirigidas a los sistemas educativos, con la misión de incrementar el porcentaje de población alfabetizada. Sin embargo, al contrastar las cifras de población alfabetizada con las de libros leídos por habitante, se evidencia que existe una pobreza importante, porque quien sabe leer, no lo hace. En Cuba desde los inicios del triunfo revolucionario, la política social del estado ha implicado la inversión de cuantiosos recursos materiales,

humanos y financieros para atender la educación de todo el pueblo. Durante todos estos años el principal impulsor y guía de esta idea ha sido el compañero Fidel Castro Ruz, quien sistemáticamente ha insistido en la necesidad de tales transformaciones guiado por el precepto martiano “Ser cultos es el único modo de ser libres”.

El concepto de texto no deja de ser fuente de densas propuestas teóricas y copiosas publicaciones, gran parte de los estudios lingüísticos fueron realizados durante el siglo XX, pero no fue hasta la segunda mitad de la década de los sesenta que comenzó la etapa detonante de la lingüística textual y los años setenta como el período que dio comienzo a las publicaciones masivas respecto al tema, plantea Corbacho Sánchez (2006).

Su estudio ha sido abordado por diferentes autores y como punto de partida es necesario citar a Hartmann (1964), uno de los primeros teóricos alemanes que concibe el texto como una unidad comunicativa. Otra aclaración que atiende a dicha intención es la que ofrece Bernárdez (1982) al asegurar que: “texto es la unidad lingüística comunicativa fundamental, producto de la actividad humana, que posee siempre carácter social; está caracterizado por su cierre semántico y comunicativo, así como por su coherencia profunda y superficial, debida a la intención (comunicativa) del hablante de crear un texto íntegro, y a su estructuración mediante dos conjuntos de reglas: las propias del nivel textual y las del sistema de lengua.”

Cabero Almenares, Duarte Huertos y Romero Tena (2002) refieren que la amplitud del tema ha conducido a ciertas discrepancias terminológicas y conceptuales. Estos autores asumen las clasificaciones ofrecidas por Singer y Donlan (1989), los que establecen los siguientes tipos de textos:

1. Textos expositivos o de contenidos: artículos, informes, sumarios y libros de textos.
2. Textos expresivos o de autor: periódicos, diarios, narrativas y manifiestos.
3. Textos persuasivos o de lecturas: publicidad, documentos políticos, opiniones legales, editoriales y propagadas.

Cabero Almenares *et al.* (2002) aseguran que “de la diversidad de medios didácticos y audiovisuales que la sociedad tecnológica contemporánea le ofrece al profesor para desarrollar su actividad se destaca sin lugar a dudas un medio sobre los demás por su uso y presencia: el LT. Estudios e investigaciones realizadas para conocer cuáles son

los medios que utilizan preferentemente los profesores y alumnos evidencian la afirmación anterior Gimeno y Fernández (1980); De Pablos Ramírez (1988); Junta de Andalucía (1989); Barquín (1991); Ortega y Velasco (1991) y Conea y Area (1992)".

Como primera aproximación a su definición es necesario citar a Klingberg (1978), quien considera que el LT concreta las orientaciones del plan de enseñanza, da al maestro sugerencias adicionales esenciales para la planificación y conducción de la clase; ayuda al enriquecimiento del instrumental metódico; transmite al estudiante conocimientos fundamentales, educación e instrucción filosóficas y presenta resúmenes, preguntas, estímulos para el trabajo independiente, impulsos al pensamiento y problemas para resolver. Para Richaudeau (1981) el LT "es un material impreso, estructurado, destinado a utilizarse en un determinado proceso de aprendizaje y formación".

Por otra parte Selander (1990), comenta que el LT "se puede caracterizar como un estilo de escribir socialmente determinado, enmarcado por su objetivo institucional (...) La idea básica implícita en el LT es que este se configura no como algo destinado a presentar conocimientos nuevos, sino a reproducir conocimientos ya sabidos". Prendes (1994) establece una definición sintética y clara señalando que son: "... libros editados para su uso específico como auxiliares de la enseñanza y promotores del aprendizaje".

Cabero Almenares *et al.* (2002) establecen una definición más detallada al asegurar que: "el LT es un instrumento destinado a la enseñanza e instrucción con un fuerte sentido escolar, que incluye teóricamente la información que debe ser procesada por el estudiante supuestamente en un período de tiempo, posee una configuración de acuerdo a pautas de diseño específicas que persiguen presentar la información de una manera sistemática de acuerdo a principios didácticos y psicológicos que faciliten la comprensión, dominio y recuerdo de la información por parte del estudiante y el profesor". Terminologías que comparte la autora y le permiten determinar los elementos esenciales del LT.

Dentro de las funciones de los LT, la autora coincide con Zuev (1988) el cual relaciona las siguientes funciones didácticas:

➤ Informativa: presentación de la totalidad de la información indicada por el programa de la asignatura

- Transformadora: reelaboración didáctica de los contenidos y conversión de la actividad puramente cognoscitiva de los estudiantes en actividad transformadora
- Sistematizadora: exposición del material docente en una secuencia rigurosa sistematizada, para que el estudiante domine los procedimientos
- De consolidación y de control: contribución para que los estudiantes se orienten en el conocimiento adquirido y se apoyen en él para realizar la actividad práctica
- De autopreparación: formación en los estudiantes del deseo de aprender por sí mismos
- Integradora: ayuda a los estudiantes para asimilar y seleccionar los conocimientos como un todo único
- Coordinadora: aseguramiento del empleo más efectivo y funcional de todos los medios de enseñanza
- Desarrolladora y educadora: contribución a la formación activa de los rasgos esenciales de la personalidad armónica y desarrollada.

Los LT son los mediadores curriculares básicos que se utilizan en las escuelas y es indispensable enseñar y ejercitar al alumno para que por sí mismo lo use de modo correcto como medio del PEA que en su formación se emplea. Además, es un elemento orientador de la actividad profesional del profesor. Estos son de gran importancia dado que les permite a los estudiantes analizar, comparar, valorar y llegar a conclusiones, que puedan ser más sólidas y duraderas en su mente y sean capaces de aplicar sus conocimientos.

Dejar de utilizar el LT no es solo renunciar a la información que él encierra, sino desistir de desarrollar las capacidades intelectuales de profesores y estudiantes. Su utilización es una tarea básica a desarrollar durante una clase o encuentro, en la realización del estudio independiente, en el desarrollo de las guías formativas, trabajos extraclases y otros.

Resulta esencial que el profesor imparta las orientaciones oportunas acerca de los pasos o etapas a seguir para utilizarlo correctamente, entre los cuales las autoras Borges Arencibia, Abrahantes Abreu, Hernández Santos y Hueste Amaro (2009) señalan:

1. Su utilización de manera sistemática para continuar desarrollando habilidades y hábitos.

2. De acuerdo con el contenido y nivel de independencia alcanzado por los alumnos determinar las orientaciones a ofrecer.
3. La selección de los aspectos y momentos en que utilizará el texto básico durante el desarrollo de la clase.
4. La posibilidad de que los estudiantes lleguen a conclusiones por sí mismos teniendo en cuenta sus diferencias individuales para llegar escalonadamente a los resultados propuestos.
5. Las actividades que se planifiquen deben ser variadas y creativas, concluyendo con el control de estas.

El LT es un medio didáctico que revela las características generales de los libros y de manera particular, las de aquellos que desempeñan funciones en el ámbito escolar. Este medio contiene un conjunto de conocimientos y habilidades que se deben alcanzar efectivamente en un período determinado del PEA.

Mora (2012) plantea que existen cuatro formas u orientaciones en los LT, las cuales son las siguientes:

1. El libro de enseñanza: centra su atención en la enseñanza y por supuesto en el docente, quien es la persona que por definición tradicional asume ese papel. Ofrece un material o contenido totalmente ordenado, acabado y altamente estructurado, sin que exista la posibilidad de incorporar modificaciones o innovaciones durante el transcurso del PEA.
2. El libro de aprendizaje: está orientado en el proceso del aprendizaje, su énfasis está en el trabajo de los estudiantes. Contiene diversas preguntas y actividades pensadas para el trabajo individual fuera de la escuela, especialmente en el hogar.
3. El libro de trabajo: este tipo de LT debe brindar amplias posibilidades de trabajo por parte de los estudiantes mediante preguntas, situaciones problemáticas, indicaciones, procedimentales y metódicas, experimentaciones, investigaciones y trabajo de campo, en fin, un compendio de actividades variadas centradas en el trabajo cooperativo y colaborativo.
4. El libro mixto, combinado o híbrido: orientado a la enseñanza, el aprendizaje y el trabajo, especialmente productivo e investigativo. Este sería el LT ideal, para encontrar un equilibrio real entre el aprender, el enseñar y el trabajar dentro y fuera de las aulas de

clase. Útil para el aprendizaje independiente y autónomo de cada uno de los participantes, que contenga un conjunto de actividades y situaciones problemática orientadas a la investigación, el trabajo productivo y la formación integral del sujeto.

Todo libro se conforma del contenido y su soporte material; uno de los componentes del contenido son los textos. Basado en la relación entre los textos y LT Zuev (1988) presenta un modelo general para el mismo, el cual relaciona los elementos que lo integran como se muestra en la figura 1.3.

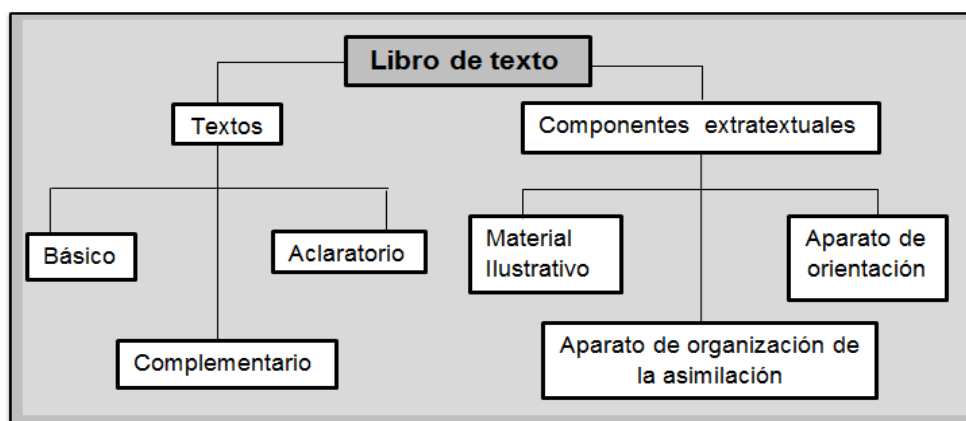


Figura 1.3. Modelo de libro de texto escolar. Fuente: Adaptado de Zuev (1988)

Este modelo establece que el LT escolar implica dos componentes: los textos y los componentes extratextuales. Los textos exponen los conocimientos y actividades que deben ser asimilados por los estudiantes. Los componentes extratextuales tienen por función organizar la asimilación del contenido y facilitar su comprensión y uso práctico. El análisis de estos elementos planteados por Zuev (1988) se plasman a continuación:

- El texto básico: comprende los textos teórico-cognoscitivos y los textos práctico-instrumentales; estos se caracterizan de la siguiente manera: los teórico-cognoscitivos tienen por función dominante la presentación de la información, sus contenidos son los términos principales y el lenguaje de una esfera concreta del conocimiento científico que representa una asignatura docente dada. Expresan los conceptos claves y sus definiciones, los hechos principales, las características de las leyes; las generalizaciones y valoraciones ideológicas acerca de la concepción del mundo. Los textos práctico-instrumentales cumplen una función predominantemente transformadora (aplicación de conocimientos) y sus contenidos se basan en las características de los métodos necesarios para asimilar el material docente y obtener independientemente de los

conocimientos, la descripción de las tareas, ejercicios, experimentos y situaciones necesarias para deducir las reglas y generalidades para asimilar la información. También incluye un conjunto de ejercicios, tareas, experimentos y trabajos independientes necesarios para formar el complejo de habilidades básicas; los resúmenes y las secciones especiales, que sistematizan e integran el material docente, que sirven para la consolidación, e incluso, la repetición generalizadora del contenido.

- Los textos complementarios: son los que tienen por función dominante reforzar y profundizar los postulados del texto básico; sus elementos son: documentos; materiales; información bibliográfica y científica; resúmenes estadísticos, incluyendo tablas; relaciones, principales rasgos detallados de fenómenos y conceptos que puntualizan el cuadro general de acontecimientos y materiales informativos de carácter complementario (que rebasan los marcos del programa de estudios).
- El texto aclaratorio: su función es servir a la comprensión y asimilación completa del material docente permitiendo la organización y realización de la actividad cognoscitiva independiente de los estudiantes. Tiene como elementos: introducción al libro de texto o a sus diferentes partes y capítulos; observaciones, notas y aclaraciones; índices; pies de mapas, esquemas, planos, diagramas, gráficos y otros tipos de ilustraciones gráficas; tablas de fórmulas, sistemas de unidades, coeficientes, elementos y resúmenes de normas; índice (relación) de los signos convencionales adoptados en una esfera dada del conocimiento; índice de las abreviaturas usadas en el libro, etc.
- El aparato de organización de la asimilación: este por parte del estudiante se inicia por la acción sobre su esfera emocional motivadora. El autor debe tener en cuenta las necesidades de los estudiantes según su edad, la información y la actividad que para ellos sean importantes. Sus componentes son: las preguntas y tareas, las respuestas a ellas y las tablas generalizadoras y sistematizadoras.
- El material ilustrativo: tiene por función reforzar la acción cognoscitiva, ideológica, estética y funcional del material docente sobre el estudiante, para lograr su asimilación. Los elementos que lo componen son las ilustraciones, los dibujos, los esquemas, los planos, los diagramas, los gráficos y los mapas.
- El aparato de orientación: hace factible la orientación adecuada a un propósito del estudiante, en el contenido y la estructura del libro, sentando las bases necesarias para

el trabajo autónomo con él. Los elementos de este son el prefacio, el encabezamiento, los señalamientos con marcas gruesas o en colores, los símbolos-señales, la bibliografía y los títulos.

Estos elementos teóricos y estructurales que refiere el investigador son compartidos por la autora con plenitud.

Las investigaciones que en las últimas décadas se han efectuado sobre el LT son pocas en comparación con las realizadas a otros medios como la televisión o el video. Si se tiene en cuenta que los estudios referidos a los ME han estado potenciados por el mundo de la industria, y esta las lleva a cabo con el interés de contrastar las posibilidades que los nuevos medios podrían tener con los que tradicionalmente se utilizan, entre el que se encuentra el LT, entonces es lógico que se haya producido de esta manera.

Con el surgimiento de las TIC, así como el creciente uso del Internet por parte de cualquier persona, ya sea estudiante, profesor u otros, se está cuestionando la manera en la que se producen, distribuyen, comercializan y utilizan los LT. Un cambio sustancial en el soporte material de los LT podría acabar con el modelo actual, fraguado desde la aparición de la imprenta, aseguran Jordi y Bernabé (2006). Ante esta situación se asegura que el libro ha sido y posiblemente lo siga siendo durante un cierto tiempo, el mediador y transmisor de información básico de la pedagogía escolar, lo cual no significa que no vaya a sufrir transformaciones, las cuales pudieran estar encaminadas al desarrollo de libros electrónicos interactivos.

Su utilización continúa siendo vital en todos los sectores de la educación cubana, en la cual se han dedicado numerosos esfuerzos para la publicación de los mismos, destacando además, los hábitos de lectura presentes en la población. El reto está en lograr un diseño adecuado de los LT que faciliten el procesamiento de la información y sean más útiles para el aprendizaje.

Cabero Almenares *et al.* (2002) señalan que existen dos líneas de trabajo para el perfeccionamiento de los LT: la lecturabilidad y legibilidad, y el análisis de los elementos estructurales a utilizar. La primera se refiere a las características internas que posee el medio, que facilitan o dificultan que la información pueda ser capturada y asimilada por el lector. La segunda relaciona los elementos organizacionales y su estructura, dado que

facilitan el aprendizaje por este medio. De esta forma se evidencia que conformar un LT que sirva de guía a profesores y estudiantes, capaz de integrar los conocimientos que se imparten en determinadas asignatura, en el cual se encuentren ejercicios resueltos y propuestos que sistematicen los conocimientos, facilita el PEA en las aulas.

Al analizar esta idea se evidencia que para lograr un adecuado proceso de universalización en la sociedad cubana actual, es importante contar con LT que faciliten el PEA en los centros de altos estudios. Dada esta necesidad se conoce que la asignatura DP, la cual se imparte en la carrera Ingeniería Industrial como parte del PE “D” carece de un LT básico que logre la integración de los cuatro temas que la componen. Es por ello que la presente investigación con el propósito de confeccionar el texto básico en cuestión dedica su estudio al tercer capítulo del mismo; cuyo tema es analizar los factores que se encuentran implicados en la distribución espacial de instalaciones y la interrelación que existe entre los mismos. Su influencia e importancia varía de acuerdo a cada organización y son elementos imprescindibles a tomar en cuenta en el momento de llevar a cabo una adecuada DP.

1.3. El libro de texto de la asignatura Distribución en Planta en la carrera Ingeniería Industrial

El surgimiento de la Ingeniería Industrial en Cuba data del triunfo revolucionario. A mediados del año 1961 los profesores: José Manuel del Portillo Vázquez, Diosdado Pérez Franco, José Altshuler Gutwert y Edgardo González Alonso, presentan una primera concepción para la creación de una carrera que preparara un ingeniero para la industria, lo cual era imprescindible dado el vertiginoso desarrollo de los planes de industrialización que el país comenzaba a acometer. En 1962 surge la carrera como especialidad en la formación de ingenieros capaces de desarrollar y explotar eficientemente la creciente y sostenida base productiva que se estaba generando. La mencionada carrera comenzó a impartirse en la Universidad de Holguín en el año 1982, con la alta responsabilidad de asimilar las demandas de las cinco provincias orientales y por dos generaciones, de Camagüey y Ciego de Ávila. Actualmente, muestra la categoría de certificada, con una matrícula total de 357 estudiantes en el curso regular diurno.

En el proceso de desarrollo de la carrera sus planes y programas de estudio se han atemperado a los requerimientos modernos del desarrollo de la ciencia y la tecnología y a los cambios del entorno. Entre los elementos relevantes de estas transformaciones se encuentra el uso pionero y sostenido de la computación, la formación sólida en disciplinas tecnológicas, así como en las técnicas de dirección y la actual universalización de la enseñanza que es todo un inmenso reto que enfrenta el país en estos momentos.

El proceso de formación y desarrollo del ingeniero industrial ha sido un largo y sostenido trabajo de perfeccionamiento, transitando por varios PE. De 1973-1976 se concibió el primer PE, nombrándose "A", el cual logró un carácter sistémico en el conjunto de disciplinas, prácticas de producción y trabajos de diplomas. El PE "B" estuvo aplicándose en el período 1976-1987, el cual apostó por la formación integral de un especialista, introduciéndose el estudio en el campo de la informática y la optimización de decisiones en un sistema de conocimientos. La actual asignatura DP en estos PE se impartía bajo el nombre: Proyecto de Fábrica. El PE "C" fue aplicado en los años 1987-1991 y diseñado para dar respuesta a las crecientes necesidades del desarrollo económico, sustentado en una planificación a largo plazo; la flexibilidad con la que fue concebido y los fundamentos en el desarrollo científico-técnico permitió que los egresados pudieran enfrentarse al Período Especial en tiempo de paz que enfrentaba el país en ese momento. El PE "C modificado" se puso en práctica en el período de 1991-1999, donde el graduado de perfil amplio debía buscar la eficiencia, eficacia y competitividad en la empresa, así como la conducción de los procesos de cambio¹. Los PE referidos con anterioridad no concibieron la asignatura Proyecto de Fábrica, lo que ocasionó que los profesores no impartieran la materia ni se realizaran investigaciones respecto a la misma por más de veinte años.

A partir del año 2007 comenzó a ponerse en práctica el PE "D", el cual se encuentra vigente en el presente curso escolar 2015-2016. El mencionado PE plasma las tendencias existentes a nivel internacional en la enseñanza de la carrera, así como una acertada concepción del escenario en el cual se encuentra inmerso el país respecto a América Latina y al mundo. Ahora las directrices del ingeniero industrial están encaminadas a

¹ Tomado de (Plan de estudio, 2007)

lograr una visión integral en la gestión de los procesos y en el diseño, análisis, optimización e implementación de los sistemas empresariales.

Este PE contiene como una de sus disciplinas la Gestión de Procesos y Cadenas de Suministro e incluye la asignatura Proyecto de Fábrica bajo el nombre de DP. Entre las bondades del mismo se encuentra la inclusión de otras asignaturas que se pueden impartir como propias u optativas, teniendo en consideración las demandas de formación en cada territorio. En la tabla 1.1 se relacionan las asignaturas del currículo propio, base y optativo de dicha disciplina, así como las horas-clases (h/c) de las mismas, el año académico y el semestre en el cual se imparten, según las modificaciones realizadas al PE en la Universidad de Holguín.

Tabla 1.1. Currículo base y optativo de la disciplina Gestión de procesos y cadenas de suministro.

Currículo Base			
Asignaturas	h/c	Año	Semestre
Gestión de Procesos I	48	cuarto	primer
Gestión de Procesos II	64	cuarto	segundo
Logística I	48	cuarto	segundo
Logística II	64	quinto	primer
Distribución en Planta	48	quinto	primer
Currículo Propio			
Procesos de Servicios	32	tercero	primer
Herramientas para la Gestión por Procesos	32	tercero	segundo
Currículo Optativo			
Herramientas Estadísticas para la Toma de Decisiones	32	tercero	primer
Sistemas Actuales de Producción	32	cuarto	primer
Herramientas Modernas para la Toma de Decisiones	32	quinto	primer

Fuente: Adaptado del Plan de Estudio “D” modificado para la carrera Ingeniería Industrial en la universidad de Holguín.

En el desarrollo de estas asignaturas se tiene como objetivo determinar la solución de los problemas con un carácter multidisciplinario y dotado de los enfoques actuales para que el egresado sea capaz de analizar, perfeccionar y operar los sistemas de organización, planificación y control de procesos; garantizando la máxima satisfacción de los clientes y de las exigencias que actúan sobre la empresa. Para alcanzar este objetivo se ha

concebido la disciplina con un carácter práctico, sustentada en una base teórica-conceptual, la cual permite ante el planteamiento de un problema, darle solución utilizando las herramientas, técnicas y *software* profesional como el WINQSB, el AutoCAD y el LogWare.

Las materias que se imparten se han concebido de forma tal que los contenidos tratados van de lo general a lo particular y con un enfoque sistémico. Cada tema en las asignaturas integra la anterior, lo cual se logra en las diferentes formas de enseñanza y en el sistema de evaluación. Las clases prácticas, laboratorios y los proyectos de curso se desarrollan sobre la base de casos de estudio que permiten la integración de los conocimientos con otras asignaturas de la carrera. Entre los valores que tributa la disciplina en la formación de los profesionales se encuentran la dignidad, honestidad, solidaridad, responsabilidad, laboriosidad, honradez y justicia.

La disciplina considera que en la impartición de las temáticas se emplee una literatura actualizada que permita la asimilación del contenido y el uso de *software*, así como la revisión de materiales que garanticen el trabajo independiente tanto docente como de investigación. Estos elementos propician que el estudiante desarrolle un pensamiento enfocado en los procesos, haciendo énfasis en aspectos tales como eficiencia económica, ahorro, uso racional de la energía y de los recursos materiales y laborales, en el elemento medioambiental, el aumento de la productividad y el cumplimiento de las normas del trabajo; así como la correcta preparación para todas las actividades y la entrega en tiempo y con calidad de informes y tareas.

La base material requerida para el desarrollo del trabajo se sustenta en la bibliografía básica y complementaria, trazándose como estrategia la utilización de la información más actualizada en cada asignatura y en casos necesarios se ha elaborado la bibliografía y folletos de ejercicios por colectivos de profesores de la disciplina, la cual se pone a disposición de los interesados en formato digital en la plataforma *moodle* de la facultad.

Como parte del Currículo Base de la disciplina se encuentra la asignatura DP, la cual se imparte en el último año académico del Curso Regular Diurno así como en el Curso por Encuentro.

Según Aguilar Valentín (2015) esta asignatura surge como resultado a los cambios dados en los procesos de producción que comenzaron a ocurrir en el Reino Unido entre

1760-1860 durante la Revolución Industrial; donde el trabajo se trasladó de la fabricación de productos primarios a la de bienes manufacturados y servicios. La aparición de nuevas máquinas y herramientas de trabajo permitió que los obreros produjeran más bienes que antes y que la experiencia adquirida aumentara la productividad y la tendencia hacia una mayor especialización en los procesos.

Las primeras DP fueron el resultado de la creación del hombre en su industria particular, con pocos objetivos específicos o procedimientos reconocidos. Con el tiempo la DP se transformó en un objetivo económico y comenzaron los estudios sobre la orientación de las fábricas.

La asignatura se introdujo en Cuba en los PE "A" y "B", luego se eliminó de los planes de estudios posteriores y por su importancia en el perfil del ingeniero industrial se retomó en el actual PE "D", evidenciando un marcado carácter integrador por ser precisamente la asignatura que concluye el ciclo de la disciplina a la cual pertenece. Presenta puntos de contactos con otras asignaturas de la carrera como Investigación de Operaciones e Ingeniería de Métodos. El objeto de estudio de la misma está centrado en los procesos y permite analizar la integralidad tecnológica, espacial, organizacional, ambiental y económica que estos pudieran presentar. La modelación de casos de estudio es el método más utilizado para lograr una mejor asimilación de los contenidos y permitir un acercamiento a la realidad, Para su estudio esta asignatura se encuentra dividida en cuatro temas como se relacionan a continuación:

1. Conceptos e importancia de la distribución en planta. Proceso inversionista en Cuba. Dirección Integrada de Proyectos.
2. Plan general y localización de instalaciones.
3. Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones.
4. Distribución espacial de la planta.

Para cubrir su fondo de tiempo total de 48 horas se desarrollan diversas actividades docentes, entre las que se encuentran las conferencias, clases prácticas, seminarios, laboratorios, talleres y pruebas parciales. El sistema de evaluación está compuesto por controles frecuentes en el transcurso de las actividades referidas con anterioridad, además de un proyecto final que integra los temas estudiados. La bibliografía que se emplea está sustentada en libros de textos, la cual se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Bibliografía básica y complementaria de la asignatura Distribución en Planta

Bibliografía				
Texto básico				
Título	Autor	Editorial	País	Año
Localización y distribución en planta de instalaciones.	Hernández Pérez, G. y colectivo de autores	Pendiente por imprimir	Cuba	2008 (confección)
Texto complementario				
Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios	Chase, R. B. & Aquilano, N. J	McGraw-Hill Interamericana, S.A	Colombia	2001
Administración de la Producción y Operaciones	Gaither, N. & Frazier, G	Editores Internacional Thomson	México	2000
Administración de Operaciones (3ra Ed.)	Schroeder, R	McGraw-Hill Interamericana	México	1992
Localización, distribución en planta y manutención	Vallhonrat, Josep M & Corominas, Albert	FOINSA	España	1991
Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte I y II)	Whoite, G. & Hernández Pérez, G.	Editorial Pueblo y Educación	Cuba	1986
Handbook of Industrial Engineering	Salvendy, G	Editorial Pueblo y Educación	Cuba	1982

Fuente: Plan de Estudio "D" de la carrera Ingeniería Industrial

Como se aprecia en la tabla anterior para el estudio de la asignatura se emplean LT del siglo XX y principios del XXI; lo cual no significa que contengan valiosa información, pero para los momentos actuales presentan desactualizaciones. Durante la publicación de estos LT el mundo de la producción mantenía un gran auge, por lo que los estudios realizados se centraban en instalaciones productivas. En el contexto moderno la esfera de los servicios es el sector que renace en la sociedad y sobre esta base son escasos los estudios realizados. La teoría expuesta en la bibliografía mantiene su vigencia y puede ajustarse a ambos tipos de organizaciones, pero existe una brecha de casos prácticos que relacionen estos contenidos en las circunstancias vigentes. Al analizar la bibliografía planteada por el PE "D" la autora comprobó que no se ha confeccionado el

libro de texto básico según estaba previsto, por lo que se corrobora que la asignatura carece del mismo. La ausencia de este medio provoca que en las conferencias se tenga que exponer una gran cantidad de información para la toma de notas por parte del estudiante, convirtiendo el encuentro de poco intercambio entre estudiante y profesor. La bibliografía complementaria solo posee algunos de los temas que se imparten, por lo que en estos libros no se integran los contenidos; lo que ocasiona que se presenten dificultades en la realización de tareas y trabajos independientes. En el programa analítico de la asignatura se incluye como bibliografía complementaria el trabajo de diploma realizado en la universidad de Matanzas en el año 2007, el cual presenta como título: Diseño de la asignatura Distribución en Planta para la Tarea Álvaro Reynoso. Este fue un intento por integrar los contenidos de la asignatura y presentar ejercicios propuestos y resueltos. Al efectuar una revisión del mismo la autora verificó que esta propuesta no incluye el primer tema que se imparte en la asignatura y que los elementos teóricos son insuficientes para comprender detalladamente el contenido que se presenta (en su mayoría de empresas productivas). También se evidenció que en el texto no existen ejercicios resueltos y propuestos de cada uno de los métodos que se analizan y que en algunos de los ejercicios resueltos se encuentran errores de cálculo y otras imprecisiones. Esta situación con la bibliografía, es el resultado de la exclusión de la materia de los PE "C" y "C modificado". Ante estos cambios los estudiosos del tema centraron sus investigaciones en otras esferas del saber, lo que ha propiciado una escasez en la literatura de este tema en las universidades cubanas respecto al conocimiento especializado y actualizado de la DP.

Conformar un libro de texto que recoja de forma coherente y organizada cada uno de los temas impartidos en la asignatura DP suplirá las deficiencias mencionadas en el presente capítulo. El mismo contará con cuatro apartados en los cuales se definen las principales consideraciones teóricas acerca de las temáticas en cuestión, ejercicios resueltos y propuestos que evidencian la realidad de la sociedad cubana actual, con el propósito de que el estudiante desarrolle las habilidades pertinentes, consolide lo impartido y ponga en práctica los modos de actuación del ingeniero industrial. En el presente Trabajo de Diploma, se desarrolla el tercer capítulo de este libro, el cual relaciona los factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación.

CAPÍTULO II. ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y DE SUS MÉTODOS DE CÁLCULO

Al tomar como punto de partida el problema profesional planteado en la investigación, se pretende en este apartado confeccionar el capítulo “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones” para formar parte del libro de texto; el cual contribuye a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura DP. Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica con el objetivo de recopilar toda la información relevante que pudiera de una forma u otra contribuir a la confección del mismo. En esta sección se muestran los elementos más significativos de la temática.

2.1. Generalidades de la distribución en planta en instalaciones productivas y de servicio

Para iniciar el análisis es necesario partir de que la problemática de DP surge de las decisiones de diseño de las instalaciones, al responder la interrogante ¿dónde localizar? Esta puede aplicarse a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado. Este sitio puede estar prefijado o no, extendiéndose su utilidad tanto a procesos industriales como de servicios, por ejemplo: fábricas, talleres, grandes almacenes, hospitales, restaurantes y oficinas.

Richard Muther fue pionero en desarrollar y publicar esta materia, el cual especificó en 1970 que: "La DP implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio". "Es una herramienta propia de la Ingeniería Industrial, donde el profesional tiene que poner a trabajar toda su inventiva, creatividad y sobre todo muchas técnicas propias para plasmar en una maqueta o dibujo, lo que se considera que es la solución óptima de diseño del centro de trabajo. Incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios como la maquinaria y equipo de trabajo, para lograr de esta manera que los procesos se ejecuten de manera más racional."

Chase, Jacobs y Aquilano (2008) consideran que "La decisión de DP comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es

disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico”.

Sánchez Zaldívar (2013) plantea que: “La DP implica la ordenación de espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración y servicios para el personal”.

A partir de estas reflexiones esta autora considera que el problema de la DP consiste en localizar óptimamente un grupo de factores sujetos a cambios cualitativos y cuantitativos, para alcanzar los objetivos fijados de una forma adecuada y eficiente.

Salazar López (2012) asegura que una adecuada DP proporciona un conjunto de beneficios, entre los que se encuentran: reducción de riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo, mejora la satisfacción de los trabajadores, incrementa la productividad, disminuyen los retrasos, optimización del espacio, reducción del material en proceso y del manejo de materiales. También que se utiliza mejor la maquinaria, la mano de obra y los servicios, se fabrica más rápido, se reducen los riesgos de deterioro del material, se aumenta la calidad del producto y las facilidades de ajustar la planta al variar las condiciones.

El mencionado autor refiere que estas ventajas se traducen en una empresa como un incremento en la eficiencia y por tanto de la competitividad, los cuales se reafirma con la introducción de nuevos conceptos de fabricación. Entre estas concepciones recientes se pueden mencionar los sistemas de fabricación flexibles (FMS), la fabricación integrada por ordenador (CIM) o los sistemas de suministro de material *Just In Time* (JIT).

Estos beneficios fueron analizados inicialmente por Muther (1981) quien los considera como objetivos que debían resumirse y plantearse en forma de principios, los que sirvieran de base para establecer una metodología al estudiar la DP de forma ordenada y sistemática.

1. Principio de la satisfacción y de la seguridad: a igualdad de condiciones, es siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.
2. Principio de la integración de conjunto: la mejor distribución es aquella que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

3. Principio de la mínima distancia recorrida: es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

4. Principio de la circulación o flujo de materiales: es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.

5. Principio del espacio cúbico: la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.

6. Principio de la flexibilidad: a igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

Muther (1970) realiza una clasificación del problema de la DP de acuerdo a su naturaleza, planteando cuatro tipos fundamentales:

- Proyecto de una planta completamente nueva: en este tipo de proyecto el grupo de especialistas encargados de la distribución diseñará la instalación de la empresa desde el principio, considerando todos aquellos elementos que facilitan el flujo de hombres y materiales, tales como: entradas y salidas, áreas de servicio, almacenes, etc.

- Expansión o traslado de una planta ya existente: en este caso la realización del proyecto es también de mucha importancia, considerando que el o los edificios y servicios ya están limitando la libertad de acción del especialista que llevará a cabo el proyecto. El problema consiste en adaptar el producto y servicio, los elementos y el personal de una organización ya existente, en una planta distinta que también ya existe.

- Reordenación de una distribución ya existente: el especialista debe conseguir que la redistribución sea un conjunto integrado de métodos y equipos eficientes. Una de las limitantes para este tipo de proyecto será sus dimensiones, su forma y en general todas las instalaciones del edificio.

- Ajustes menores en una distribución ya existente: esta causa es la más común, se presenta cuando varían las condiciones de operación y cuando se buscan los mismos objetivos. Aquí se debe pensar en introducir diversas mejoras, cambiar el plan de distribución del conjunto (con un mínimo de costos, interrupción de la producción y ajuste en la instalación).

En la figura 2.1 se muestran los tipos de problemas y las causas más frecuentes de una DP.

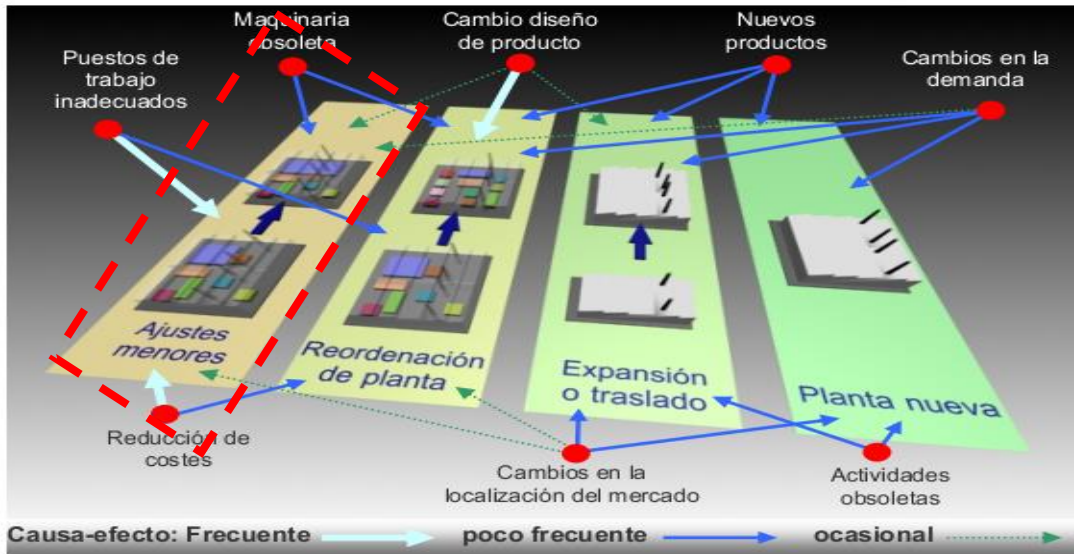


Figura 2.1. Tipos de problemas de distribución y causas más frecuentes.

Fuente: Adaptado de Muther (1970)

Por lo general, las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida; sin embargo, a medida que la organización crece y(o) se adapta a los cambios internos y externos, la distribución inicial se vuelve menos adecuada, hasta llegar el momento en el que la redistribución es necesaria.

Los motivos que justifican esta última se deben con frecuencia a tres tipos básicos de cambios: en el volumen de producción, en la tecnología y en los procesos y en el producto.

De lo expuesto hasta el momento puede deducirse que al realizar una óptima distribución, es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la DP debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas (Pérez Gosende, 2007).

2.2. Análisis de los factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones

De manera agregada los factores que tienen influencia sobre cualquier DP según Domínguez Machuca (1995) pueden encuadrarse en ocho grupos:

1. Materiales (materias primas, productos en curso, productos terminados, incluyendo variedad, cantidad, operaciones necesarias, secuencias, etc.)
2. Maquinaria o equipos.
3. Mano de obra, fuerza de trabajo o trabajadores.
4. Movimientos (de personas y materiales).
5. Espera o demoras (almacenes temporales, permanentes, salas de espera).
6. Servicios auxiliares (mantenimiento, inspección, control, programación, etc.).
7. Edificio (elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, instalaciones existentes, etc.).
8. Versatilidad, flexibilidad o cambio.

La incidencia de los factores de la producción es efectiva, cuando estos actúan en un lugar (espacio) adecuado, a partir del control y aseguramiento de los procesos en los cuales intervienen. Es por ello que se hace necesario adoptar un esquema de planta por puestos de trabajo y operación; lo cual permita minimizar los costos de producción y la pérdida de tiempo. Una planta adecuadamente diseñada permite controlar el capital humano, la materia prima y conocer la verdadera capacidad instalada para poder dar respuesta a la demanda de productos y/o servicios y mejorar su competitividad (Armesto, 2013).

A continuación se estudian cada uno de los factores a los cuales se les ha hecho alusión con anterioridad.

Factor: Materiales

Dado que el objetivo fundamental del subsistema de operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de sus características y de los materiales sobre los que haya que trabajar. Este factor incluye los siguientes elementos o particularidades: materias primas, materias entrantes, material en proceso, productos acabados, material saliente o embalado y materiales accesorios empleados en el proceso. También las piezas rechazadas a recuperar, el material de recuperación, la chatarra, viruta, desperdicios y desechos. El material de embalaje y los materiales para el mantenimiento en el taller de utillajes u otros servicios (Armesto, 2013).

El objetivo de la producción es transformar, tratar o montar material de modo que se logre cambiar su forma o características, para obtener el producto. Por ello la distribución de los elementos de producción ha de depender necesariamente del producto que se desee y del material sobre el que se trabaje.

Valcarcel Bayona (2012) asegura que entre las condiciones que afectan al factor material se encuentran:

- El proyecto y especificaciones del producto: para conseguir una producción efectiva, un producto debe ser diseñado de modo que sea fácil de fabricar
- Las características físicas y químicas como son: tamaño, forma, volumen y peso
- Condición: fluido o sólido, duro o blando, flexible o rígido
- La cantidad y variedad de materiales: número de artículos distintos, cantidad de productos de cada artículo y las variaciones en la cantidad de producción
- Materiales componentes y secuencia de las operaciones: el fraccionamiento del producto en grupos principales de montaje, subgrupos y piezas componentes, constituye el núcleo de todo trabajo de distribución de ensamble. Se debe conocer si es necesaria cada fase de la producción o si alguna puede ser eliminada, si se pueden combinar entre sí o dividirse para un mejor provecho que permita simplificar el método de trabajo actual.

Woithe y Hernández Pérez (1986) refieren que como una necesidad más de dimensionamiento dentro del proceso de proyección de instalaciones industriales y de servicio, se realiza el cálculo de las necesidades de materiales sobre la base de un programa de producción perspectivo, cuya nomenclatura no siempre es conocida en toda su extensión y con toda la información necesaria. Esta actividad se realiza fundamentalmente en una instalación con el objetivo de crear las bases informativas para la proyección de los almacenes y el sistema de transporte. Algunas particularidades de su determinación son:

- El cálculo de materiales se realiza con mayor o menor grado de detalle en dependencia de los programas de producción
- La nomenclatura de los diferentes tipos de materiales se reduce a grupos de materiales principales
- La formación de los grupos debe recoger las exigencias fundamentales de los materiales respecto a su almacenamiento y transporte.

Factor: La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información de los procesos a emplear, de la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como de la utilización y requerimientos de los mismos. La importancia de los procesos radica en que estos determinan directamente los equipos y máquinas a utilizar y ordenar. Este factor incluye a los bienes tangibles que constituyen uno de los grandes grupos que integran los activos de las empresas, destinados a la producción y venta de mercancías o servicios, de los cuales se estima que su tiempo de uso o consumo sea prolongado.

Valcarcel Bayona (2012) afirma que la información sobre la maquinaria (incluyendo las herramientas y equipo) es fundamental para una ordenación apropiada de la misma. También realiza una clasificación según la relación de peso/volumen (según su capacidad) en maquinaria pesada, semipesada y liviana; según la fuente de energía, toma como referencia el tipo de motor de la máquina que transforma una determinada clase de energía (hidráulica, química, eléctrica, etc.). Este autor considera que los puntos a tener en cuenta para la selección de los equipos son generalmente: volumen, calidad de la producción, costo inicial (instalado), costo de mantenimiento o de servicio, espacio requerido, garantía, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgo para los trabajadores, facilidad de reemplazo, incomodidades inherentes (ruidos, olores, etc.), restricciones legislativas, entre otros.

De manera general se analiza que para seleccionar los equipos necesarios en una instalación es necesario considerar los elementos dependientes de las piezas o productos que se elaboran, los componentes que dependen del equipamiento que se utiliza, los referidos al medioambiente y los económicos-organizativos. Estos elementos no solo poseen un carácter técnico, sino que también provocan diversos efectos de carácter económico, que influyen directamente en los costos de producción. En la fase de proyección deben ser previstas las necesidades de accesorios y piezas de repuesto de estos equipos. También se debe tener en cuenta la capacidad productiva de la empresa para ejecutar el programa de producción y del proceso tecnológico estipulado para cada uno de los productos que comprende el mismo, como información básica inicial (Woithe *et al.*, 1986). De este modo, la tarea del proyectista es seleccionar el

equipamiento que cumpla las exigencias técnicas y tecnológicas requeridas y que a su vez provoque los menores gastos de inversión, montaje y puesta en marcha.

Factor: Mano de obra

Pérez Gosende (2007) asegura que también la mano de obra ha de ser ordenada en el proceso de distribución y debe considerarse la cantidad de trabajadores directos, de supervisión y demás servicios auxiliares. Una tarea importante es velar por la seguridad de los empleados, para ello hay que tener en cuenta elementos tales como: luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos, etc.

Benavente Riveros (2015) analiza que la buena iluminación propicia un entorno circundante seguro, y posibilita una visión cómoda que redundará en una mejora de la calidad y en una mayor producción. Señala que el ruido como un sonido no deseado y molesto, interfiere en la comunicación, causa daños fisiológicos y psicológicos en el operario y genera pérdidas económicas a la empresa. También afirma que las buenas condiciones de trabajo elevan el nivel de productividad de las empresas y reducen enormemente el número de accidentes laborales, evitando el ausentismo y la inseguridad en el desempeño de los trabajadores.

Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. A los trabajadores se les puede trasladar, dividir o repartir su trabajo, entrenarlo para nuevas operaciones y ubicar en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas. En varias empresas este factor no es tomado en consideración por los directivos, por lo que sus ubicaciones varían en el tiempo de un lugar a otro.

La tipología de trabajadores requeridos atendiendo a la forma de la distribución se muestra en el **anexo 1**.

Marsán Castellanos (1987) establece los principios que los trabajadores deben realizar para optimizar la secuencia de sus movimientos de una manera satisfactoria para su salud, los cuales se recogen en el **anexo 2**. El área normal y máxima del trabajador para el movimiento de sus extremidades superiores se muestran en el **anexo 3**.

No se debe asegurar que los obreros se adaptarán sin dificultades y de buen gusto a las distribuciones y redistribuciones adoptadas en las empresas; algunas veces será posible, otras necesitarán ayuda y en ocasiones tendrán que ser reemplazados. A veces será la

propia filosofía de los mandos la que habrá de cambiar. En el caso de la DP como en otros muchos aspectos organizativos en los que el hombre juega un papel activo, su éxito o fracaso no solo dependerá de su eficiencia, sino del grado de acogida con que cuente entre el personal (Pérez Gosende, 2007).

Factor: Edificio

Si se planea una distribución para una planta enteramente nueva o para un edificio ya existente, así como si se reordena una distribución vigente, debe concedérsele gran importancia a este factor. En algunas industrias pueden operar en casi cualquier edificio industrial que tenga el número usual de paredes, techos, pisos y líneas de utilización necesarias. Otras empresas requieren estructuras industriales expresamente diseñadas para albergar sus operaciones específicas. Este factor influye en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. De aquí que las consideraciones de este se transformen seguida de las limitaciones de la libertad de acción del distribuidor. Por su misma cualidad de permanencia, el edificio crea una cierta rigidez en la distribución. Por otra parte, el levantar un edificio completamente nuevo alrededor de una distribución que ya existe, implica que deberá ajustarse a las necesidades de este (Lara Rincón, 2014). El investigador mencionado agrupa los elementos o particularidades del factor que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución, los cuales son:

1. Edificio especial o de uso general: es la primera decisión del proyectista, dado que en el de aplicación general se pueden fabricar diferentes productos con igual facilidad, su costo inicial es menos elevado a causa de los diseños y materiales de construcción estándar. En estos pueden ser adaptados con facilidad los nuevos productos y equipos. Los edificios especiales generalmente son más costosos y menos negociables y los medios para el mismo aumentan o cambian bajo nuevas condiciones.
2. Edificio de uno o varios pisos: las plantas que requieran más de un piso, se deben adoptar el sistema de niveles superiores con el fin de utilizar de un modo económico el terreno.
3. Forma del edificio: actualmente se insiste en construcciones que sean relativamente cuadradas cuando existan cambios frecuentes en el diseño del producto, mejoras frecuentes en los métodos de proceso, reordenaciones frecuentes de la distribución y restricciones o economías de los materiales.

4. Sótanos: cuando en una planta se desean tener o ya existen sótanos, se debe comprobar que posean altura suficiente, buena ventilación, cimientos sólidos, amplia iluminación, paredes impermeables y suelos libres de filtraciones o inundaciones de agua.

En cualquiera de los casos anteriormente expuestos, el análisis debe partir del cálculo de las necesidades de área de la planta que se proyecta, de tal forma se garantice el empleo del área que realmente precisa la misma para la gestión eficaz de sus procedimientos.

Factor: Movimiento

En relación con este factor hay que tener presente que las manipulaciones no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto, por lo que estas deben ser mínimas. Según Salazar López (2012) en un sistema productivo se debe contemplar que existen distintos tipos de movimientos que influyen en la determinación de la superficie total requerida y por ende en la distribución de los elementos de producción o de servicio. Entre los modos de relacionar el movimiento propio de un sistema productivo se encuentran mover el material, los hombres y la maquinaria. También se incluyen la combinación de estos, tales como mover materiales-hombres, materiales-maquinaria, hombres-equipos, material-hombre-equipos.

Valcarcel Bayona (2012) refiere que dentro de los elementos y particularidades físicas del factor movimiento se encuentran:

- Rampas, conductos, tuberías, raíles, vagones de ferrocarril etc.
- Transportadores (de rodillos, ruedas, rastrillos, sobre el agua etc.)
- Ascensores, montacargas, cabrias, etc.
- Vehículos industriales y de carretera, transporte aéreo

Pérez Gosende (2007) plantea que se ha de establecer un modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material, de forma que se consiga el mejor aprovechamiento de hombres y equipos y una disminución de los costos de espera innecesarios, planificando el movimiento de entrada y salida de cada operario en el mismo orden en que el material es procesado, tratado o montado.

Factor: Espera

Domínguez Machuca (1995) establece que uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la DP es conseguir que la distribución de materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el costo que suponen las esperas que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene. Solo cuando esta demoras se hace en la misma área de producción, se reconoce como tal, porque cuando el material espera en un área determinada, dispuesta aparte y determinada a tal fin, se considera almacenamiento.

Valcarcel Bayona (2012) relaciona los diferentes costos en los que se incurren al mantener este factor e incluye los siguientes:

- Costos del manejo efectuado hacia el punto de espera y del mismo hacia la producción
- Costo del manejo en el área de espera
- Costo de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera
- Costos de espacio y gastos generales
- Intereses del dinero representado por el material ocioso
- Costo de protección del material en espera
- Costo de los contenedores o equipo de retención involucrados

Para mantener la integridad del material que espera, deben adoptarse precauciones que los protejan contra el fuego, daños o averías, contra la humedad, corrosión y herrumbre, polvo y suciedad. Protección contra frío o calor, contra robo, encogimiento, deterioro o desuso; para que de esta forma se obtengan los productos y servicios con la calidad requerida.

Factor: Servicios auxiliares

Pérez Gosende (2007) asegura que los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos se puede citar los relativos al personal (por ejemplo: la inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que forman parte de la distribución, estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

Con gran frecuencia el espacio dedicado a las labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello es importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costos indirectos que suponen queden minimizados.

Valcarcel Bayona (2012) analiza que los servicios de una planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian los procesos, entre los cuales sitúa a los servicios relativos al personal, los accesos, las instalaciones para uso del personal y para la protección contra el fuego. También considera la iluminación, calefacción y ventilación, las oficinas, puntos de control de la calidad y control de rechazos, mermas y desperdicios de los productos, así como locales en la empresa para conocer las insatisfacciones de los clientes. La autora de la presente investigación, respecto al control y retroalimentación con las salidas del sistema, considera vital la logística inversa de las instalaciones, pues una minoría de las empresas son capaces de reciclar materiales que perdieron su vida útil para reutilizarlos o darles un tratamiento en otros aspectos. Un cliente insatisfecho valía por 10, pero en estos momentos con el auge de las comunicaciones esta cifra va en aumento; por lo que cada organización debe crear los mecanismos para determinar los niveles de servicio proporcionado, ofrecido y percibido tanto por el cliente interno como externo para incrementar la eficiencia de sus procesos.

Factor: Cambio

Las condiciones de trabajo siempre están cambiando y esos cambios afectan a la distribución en mayor o menor grado. Este factor es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se va haciendo cada día mayor. Los cambios envuelven modificaciones en los elementos básicos de la producción como hombres, materiales y maquinaria, en las actividades auxiliares y en condiciones externas. Una de las modificaciones más serias que pueden ocurrir en la empresas es respecto a la demanda del producto o el servicio, puesto que requiere un reajuste de la producción o de las áreas, y por tanto, de un modo indudable, de la distribución (Valcarcel Bayona, 2012).

Este autor analiza que la flexibilidad de una distribución significa su facilidad de adaptarse a los cambios, razón por la cual se hace necesario poseer en la planta maquinaria y equipo desplazable, equipo autónomo, líneas de servicio fácilmente accesibles y que en la construcción del edificio existan espacios amplios y despejados, con pocas separaciones y un mínimo de obstrucciones. Básicamente la flexibilidad de una distribución se consigue manteniendo que la misma sea tan original y libre como sea posible de toda característica fija, permanente o especial. Además de poder adaptarse a las reordenaciones con facilidad, una buena distribución debe poder adaptarse a las emergencias y variaciones de la operación normal, sin tener que ser reordenada. El ingeniero deberá asegurar la adaptabilidad mediante equipos suplementarios para todas las posibles demoras, establecer rutas de flujo sustitutivas (circuitos secundarios) y fijar stocks de compensación en períodos de horas extras, trabajo de final de semana o turnos adicionales.

La versatilidad de una distribución se mide por su aptitud para manejar una variedad de productos y/o cantidades diferentes. Una manera de resolver este problema es a través de una planificación mejor, de más espacio de almacenamiento de productos terminados y recorridos más largos. La versatilidad de cualquier distribución depende en gran manera de la variabilidad de la maquinaria y del equipo para enfrentarse con fluctuaciones en la variedad, cantidad y habilidad de la supervisión para ajustar y regular las condiciones de operación: horas de trabajo, reasignación de los trabajadores a varias tareas, un enriquecimiento del trabajo y cambios en las velocidades de los transportadores y equipo, entre otros.

Luego de analizar cualitativamente cada uno de los factores se evidencia la importancia que debe concedérsele cuando se estén proyectando plantas industriales y de servicio. Dada la necesidad de conocer las cantidades exactas de algunos de estos, es preciso hacer énfasis en aquellos factores que pueden ser determinados de forma cuantitativa. Para ello, estudiosos del tema entre los que se destacan *Woithe et al.* (1986) han establecido diferentes métodos, los que se emplean en dependencia de la información inicial disponible y del grado de detalle exigido en la proyección y en correspondencia con la fase o la etapa en que esta se realice.

2.3. Métodos cuantitativos para determinar las necesidades de materiales, equipos, fuerza de trabajo y áreas en las instalaciones que se proyectan

A causa del desarrollo de la técnica, la producción y los servicios, el trabajo de proyección de instalaciones industriales no solo se ha visto al aumentar su volumen, sino también en su complejidad técnica y organizativa. El proceso de desarrollo de la ciencia obliga a que exista de forma ineludible, una división del trabajo en la proyección para poder solucionar la contradicción existente entre el crecimiento exponencial del conocimiento y la posibilidad de su dominio por el hombre. De este modo, determinar las cantidades exactas de los factores que se necesitan, mediante métodos matemáticos, amplía la vida útil de la planta en condiciones de eficiencia económica.

2.3.1. Cálculo de las necesidades materiales

- Cálculo de las necesidades materiales mediante índices sumarios y estructura de materiales

Woithe *et al.* (1986) exponen que este método constituye un cálculo de carácter global. Como su nombre lo indica, sus cálculos se basan en el trabajo con índices sumarios de consumo y la estructuración posterior de los materiales en los grupos principales. Estos índices poseen un carácter sumario y reflejan el consumo total de materiales por unidad de producción terminada del programa. Las necesidades totales de materiales para el volumen de producción anual pueden ser obtenidas empleando las expresiones 1 y 2.

$$M = 1000 * V_p * k_e \quad (1)$$

Donde

M: necesidades totales de materiales directos para la elaboración del programa de producción anual (kg/año).

V_p : volumen anual de producción previsto (t/año).

k_e : índice sumario de consumo de materiales por una unidad del programa de producción o coeficiente de entrada de materiales.

$$M = 1000 * V_p * k'_e(1 \pm kf) \quad (2)$$

Para la determinación del coeficiente de entrada se emplea la expresión 3.

$$k'_e = \frac{\sum_{j=1}^e V_{p'_j} * k_{e_j}}{\sum_{j=1}^e V_{p'_j}} \quad (3)$$

Donde

K'e: coeficiente de entrada de materiales obtenido como una media ponderada de una producción comparativa.

Vp': volumen de producción anual del tipo de producto o pieza *j*, en (t/año).

K'ej: coeficiente de entrada de materiales, individual para cada producto o pieza *j* del programa tomado como referencia.

Kf: factor de corrección del índice utilizado (fijado por el proyectista).

En algunos casos el coeficiente de entrada de materiales puede determinarse en forma diferenciada para cada grupo principal de materiales *y*. Esto tiene la ventaja de que las necesidades de materiales de cada tipo o grupo principal puede calcularse de forma directa, mediante la expresión 4 o 5:

$$M_y = 1000 * V_p * k'_{ey}(1 \pm k_f) \quad (4)$$

$$M_y = 1000 * V_p * k_{ey} \quad (5)$$

Donde

M_y: necesidades totales de materiales directos al grupo principal *y* (Kg/año.)

K'ey: coeficiente de entrada de materiales correspondientes al grupo principal *y* tomado de una fuente de referencia.

Key: coeficiente de entrada de materiales correspondientes al grupo principal *y* calculado específicamente para el caso considerado.

En el **anexo 4** se recogen algunos valores del coeficiente diferenciado Key en fábricas de construcción de maquinarias.

Cuando la obtención del coeficiente diferenciado por grupo de entrada de materiales (key) no es posible, se utilizan los llamados índices de estructura de materiales o de estructuración (ny). Estos constituyen un grupo de índices estructurales que se representan en forma de porcentaje, identificando qué parte del consumo total de materiales corresponde a cada grupo *y*. Para el cálculo de estas necesidades, utilizando estos índices y a partir del consumo total de materiales directos calculados anteriormente, se emplean las ecuaciones 6 y 7:

$$M_y = M * \frac{n_y}{100} \text{ (kg/año) } \quad (6)$$

$$M_y = 1000 * V_p * k_e * \frac{n_y}{100} \text{ (kg/año) } \quad (7)$$

En el **anexo 5** se muestran algunos valores de índices de estructura de materiales de una fábrica de construcción.

Estos índices (n_y) deben ser rectificadas y adaptadas a los casos específicos cuando se utilizan valores comparativos de empresas de referencia y literatura especializada.

- Cálculo de las necesidades de materiales mediante el método de normativa del consumo de materiales de cada tipo

Woithe *et al.* (1986) defieren que el carácter de este método permite obtener resultados con un mayor grado de detalle que el método anterior. Este se emplea en correspondencia con programas detallados y reducidos de producción. A pesar de lo específico de su perfil, al emplear normativas de consumo de materiales de cada grupo principal y para el cálculo de las necesidades de materiales para la producción principal, parte del volumen de producción anual de cada producto j . El consumo de materiales para la producción auxiliar y otros fines, se determina usualmente utilizando índices sumarios de consumo de materiales referidos al volumen anual de producción u otra base de cálculo apropiada.

Las necesidades totales de materiales de cada grupo principal y , se calculan mediante la expresión 8:

$$M_y = \sum_{j=1}^e (N_{c_{yj}} * V_{p_j}) + M_{sy} \quad (8)$$

Donde

M_y - necesidades totales de materiales del grupo principal y , (kg/año, unidades/espacio de tiempo).

$N_{c_{yj}}$ - normativa de consumo de material del grupo principal y en el producto o pieza j , en (kg/producto, kg/pieza, kg/t, cantidad/usuario) etc.

V_{p_j} - volumen de producción anual del producto o pieza j previsto en el programa, en (unidades/año, t/año).

M_{sy} - consumo anual (total) de materiales para la producción auxiliar y otros fines

Para determinar este consumo anual de materiales se usa la expresión 9:

$$M_{sy} = B * m_{sy} \text{ (kg/año)} \quad (9)$$

Donde

m_{sy} - índice sumario del consumo de materiales auxiliares del grupo principal y , en (kg/unidad de referencia).

B - base de cálculo correspondiente.

En el **anexo 6** se muestran algunos valores del exponente B .

Estos valores pueden ser diferentes en función del tipo de material que se trate, así por ejemplo, son bases de cálculo apropiadas las siguientes:

- Para grasas, aceites, etc., B= número de máquinas o herramientas
- Para perfiles de acero para trabajos de reparación, B= volumen de producción anual de la fábrica.

Para la utilización de la expresión anterior, los índices a emplear deben ser rectificadas sobre la base de las condiciones específicas de cada proyecto, empleando la fórmula 10:

$$m_{sy} = m'_{sy} * (1 \pm kf) \text{ (kg/unidad de referencia)} \quad (10)$$

Donde

m_{sy} - índice sumario rectificado del consumo de materiales auxiliares del grupo principal y, en (kg/unidad de referencia).

K_f - factor de corrección del índice utilizado, el cual se fija por el proyectista.

Estos índices sumarios del consumo de materiales auxiliares, se obtienen de producciones comparativas y luego se rectifican para utilizarlos en los casos específicos.

Para su obtención en empresas semejantes tomadas como referencia, se emplea la ecuación 11:

$$m'_{sy} = \frac{M'_{sy}}{B'} \text{ (kg/unidad de referencia)} \quad (11)$$

M'_{sy} - consumo total de materiales auxiliares del grupo principal y en la fábrica, taller o producción tomada como referencia en un período considerado (kg/año; unidades/año).

B' - base de cálculo correspondiente de la fábrica, taller o producción tomada como referencia.

2.3.2. Cálculo de las necesidades de equipos

- Cálculo de las necesidades de equipos mediante el método de los índices

Este método es global y se basa en la utilización de índices técnico-económicos, como los de rendimiento de las máquinas y los índices sumarios del gasto de tiempo de trabajo. Cuando se proyecta una nueva instalación, estos índices se pueden obtener de datos históricos de la misma empresa en el caso de realizarse reconstrucciones o de empresas tomada como referencia (Woithe *et al.*, 1986). Para su determinación se emplea la expresión 12:

$$Ne^{*total} = \frac{Vp \text{ anual}}{I_{rend} * t} * (1 \pm k_f) \quad (12)$$

Donde

Ne* total - necesidades calculadas totales de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general, para la elaboración del programa de producción previsto.

Vp - volumen total de producción anual previsto, en t/año, MP/año, etc.

I_{rend}- índice promedio de rendimiento de una unidad de maquinaria, equipo o puesto de trabajo en general, tomado de datos históricos de la misma fábrica o de fábricas tomadas como comparación por turno de trabajo en t / máquina, MP/ máquina, etc.

t-número de turnos de trabajo previstos en la fabricación que se proyecta o reconstruye (s = 1, 2, 3).

k_f -factor de corrección de índice utilizado (lo fija el proyectista de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto en cuestión y la fuente de obtención del índice

Para obtener el índice promedio de rendimiento se emplea la ecuación 13.

$$\overline{I_{rend}} = \frac{Vp'_{anual}}{Ne' * t'_f} \quad (13)$$

Donde

Vp'- volumen de producción anual elaborado en la propia fábrica en períodos anteriores (en el caso de reconstrucciones) o en la fábrica tomada como comparación (para la proyección de una nueva instalación) se expresa en (t/año, MP/año, etc.)

Ne'- cantidad total de equipos, máquinas y puestos de trabajo en general, que participaron directamente en la elaboración del programa anual de producción considerado en el Vp'.

t'_f - factor de turno. Para determinar este factor se emplea la ecuación 14.

$$t'_f = \frac{\sum_{s=1}^3 (Ne'_t * t'_s)}{\sum_{s=1}^3 Ne'_t} \quad (14)$$

Donde

Ne'_t- total de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general que participaron directamente en la elaboración del programa de producción considerado como referencia en los turnos.

t'- número de turnos que trabajan las máquinas, etc., en la producción considerada como referencia (s = 1, 2, 3).

En el **anexo 7** se muestran algunos índices de rendimiento promedio en talleres de elaboración mecánica, tomado sobre la base de un turno de trabajo.

Para determinar las necesidades de máquinas de cada tipo k del total calculado, se pueden utilizar los índices de estructuración del parque de máquinas (n_k), para lo que se puede emplear la expresión 15.

$$Ne_k = Ne_{total} * \frac{n_k}{100} \quad (15)$$

Donde

Ne_k - cantidad de máquinas del tipo k .

Ne_{total} - necesidades totales de máquinas.

n_k - índice de estructuración del parque de máquinas para la producción prevista, tomada de producciones o servicios comparativos, literatura especializada, y rectificado para cada caso en específico en (%). En el **anexo 8** se muestran algunos valores de n_k .

- Cálculo de las necesidades de equipos mediante el método detallado

A diferencia del método de los índices, este se aplica cuando existen las condiciones que justifican la utilización de programas detallados de producción, en correspondencia con el diseño detallado de los procesos tecnológicos y el cálculo de los gastos de tiempos de trabajo mediante normativas. Para su determinación se utiliza la ecuación 16.

$$Ne_{ki} = \frac{Te_{total}}{Ft_{real}} \quad (16)$$

Donde

Ne_{ki} - necesidades calculadas de máquinas o equipos del tipo k en el paso de trabajo.

Te_{total} -el gasto de tiempo de trabajo total necesario para la elaboración de las piezas y productos que han sido estipulados en el plan de producción, calculado de forma detallada sobre la base del tiempo efectivo de estos en horas/año (h/año).

Ft_{real} -fondo de tiempo real que representa la cantidad de tiempo real de que dispone una máquina o equipo para realizar la parte del programa productivo que le corresponde (h/año). Este se basa en el fondo de tiempo nominal y las interrupciones y para conocer su valor se emplea la expresión 17.

$$Ft_{real} = \left[Da - \left(\frac{Ds}{2} + Dd + Df \right) \right] * (h_t * t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np}) \quad (17)$$

La información de los elementos que conforman la expresión anterior se muestra en el **anexo 9**.

El fondo de tiempo real se calcula para cada tipo de máquina, debido a que las interrupciones señaladas dependen del tipo de estas.

- Cálculo de las necesidades de equipos mediante el balance carga-capacidad en el puesto de trabajo

La utilización de este método es propuesto por la autora de la presente investigación, debido a que es un tema estudiado en la asignatura Ingeniería de Métodos y con un carácter eminentemente práctico en las empresas. Para comenzar su estudio es importante conocer la clasificación del puesto de trabajo (PT), la cual se muestra en el **anexo 10**.

La capacidad del PT (C) es la máxima cantidad de producción o servicio, en la nomenclatura, surtido y calidad previstos que puede obtenerse en un PT, taller o empresa, en un período de tiempo, con la plena utilización de los medios de producción. La carga de trabajo (Q) es la cantidad de trabajo asignado a dicho PT, que debe realizarse en un período de tiempo dado. Está relacionada con el volumen de producción, el plan de producción, etc.

El balance es el resultado de lograr el equilibrio entre las cargas y las capacidades en cada parte del proceso productivo o de servicios. Debe existir suficiente capacidad en cada parte del proceso o PT para asumir las cargas que imponen los requerimientos de producción o los servicios. Pueden darse tres situaciones:

Q = C: situación ideal, hay un balance exacto entre la carga y la capacidad, se usa exactamente la capacidad instalada y existe un 100% de utilización.

Q < C: se puede asimilar la carga, pero queda capacidad sin utilizar, su aprovechamiento será inferior al 100%. Para determinar su aprovechamiento se utiliza la expresión 18.

$$\% \text{ aprovechamiento} = \frac{Q_i}{C_i} * 100 \quad (18)$$

Q > C: se aprovechara la capacidad al 100%, pero habrá tareas que no se realizarán pues no hay capacidad. En este caso existirán dificultades en el proceso productivo o de servicios y constituyen los llamados “cuellos de botella”, impidiendo el flujo armónico e ininterrumpido del proceso.

Finalmente la expresión 19 es la que se propone para determinar la cantidad de equipos u obreros es la siguiente: $N_e = \frac{Q}{C_u}$ (19)

Donde

Cu- capacidad unitaria del equipo o del obrero.

- Cálculo de las necesidades de equipos de transporte interno (ETI) mediante el balance carga-capacidad

Este método lo presenta la autora de la investigación dado que se estudia en la asignatura de Logística y sirve de base para determinar estas necesidades desde otro punto de vista. Es necesario aclarar que el sistema logístico consta de cuatro subsistemas fundamentales según Acevedo Suárez y Gómez Acosta (2010): aprovisionamiento, producción u operaciones, distribución y residual, concebidos de forma integral y enfocados hacia la satisfacción del cliente. Estos están compuestos por una serie de actividades específicas para cada uno de ellos, las cuales varían de empresa a empresa dependiendo de sus características, según Ballow (1991), pero también poseen algunas actividades que son comunes para los cuatro como son: almacenamiento, transporte, manipulación de materiales, gestión de inventarios y control de la calidad.

En este estudio es de interés profundizar en la actividad de transporte y en especial en el balance carga-capacidad que se emplea en la selección y determinación de la cantidad necesaria ETI para empresas productivas y de servicio. El análisis parte del empleo de la ecuación 20.

$$N_e = \frac{Q}{C_e} \quad (20)$$

Donde

Q- carga a la que se someterán los equipos (min/ período)

C_e -capacidad de un equipo en el período (min/ período)

Para conocer la carga a la cual se exponen los equipos emplea la expresión 21.

$$Q = N_v * T_v \quad (21)$$

Donde

N_v - número de viajes en el período (viajes/período)

T_v - tiempo de duración de un viaje (min/viaje)

Para determinar la cantidad de viajes que el equipo efectúa en el período dado se utiliza la ecuación 22.

$$N_v = \frac{V_m}{C_v} \quad (22)$$

Donde

V_m - carga a manipular en el período (Kg/período)

C_v -capacidad de un viaje (Kg/viaje)

Para conocer el tiempo que tarda el equipo en realizar un viaje se emplea la fórmula 23.

$$T_v = t_c + t_i + t_d + t_r \quad (23)$$

Donde

t_c - tiempo de carga t_d -tiempo de descarga

t_i - tiempo de ida t_r -tiempo de retorno

Para determinar la duración en el tiempo de la ida y el retorno del equipo se usa la ecuación 24.

$$\text{tiempo de ida y retorno} = \frac{\text{desplazamiento (s)}}{\text{velocidad (v)}} \quad (24)$$

Para el cálculo de la capacidad del vehículo se realiza mediante la ecuación 25.

$$C_e = f_t(1 - f)K_m \quad (25)$$

Donde

f_t - fondo de tiempo (min/ período).

f - fondo de tiempo para el mantenimiento de ese equipo.

K_m - coeficiente de utilización del equipo (0,4-0,6) y depende del reposo o tiempo sin carga del equipo.

2.3.3. Cálculo de las necesidades de fuerza de trabajo

Método de los índices

Por su carácter este método es considerado global y por tanto de aplicación fundamental en las fases iniciales de la proyección. Pueden diferenciarse dos variantes de cálculo, en función del tipo de índice que se utilice: mediante índices de productividad de la fuerza de trabajo o a través de índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo (Woithe *et al.*, 1986).

- Método de los índices de productividad de la fuerza de trabajo

Estos índices pueden obtenerse de producciones comparativas y expresan el resultado promedio en unidades físicas o en valor, alcanzado por un obrero en un período de tiempo considerado (usualmente en un año). Su aplicación fundamental se lleva a cabo con el objetivo de determinar las necesidades de obreros directos a la producción y puede ser utilizado también en todos aquellos casos donde puedan cuantificarse

racionalmente los resultados obtenidos por la fuerza de trabajo, por ejemplo: obreros auxiliares, personal de servicio, etc. (Woithe *et al.*, 1986).

Para su determinación se emplean la expresión 26:

$$O_{DP} = \frac{V_{pj}}{I'_{prod}(1+k_{pt})^n} * (1 \pm k_f) \quad (26)$$

Donde

O_{DP} - obreros directos de producción.

V_{pj} -volumen de producción anual previsto para la instalación que se proyecta o reconstruye (t/año, MP/año, unidades/año).

K_{pt} - coeficiente de aumento de la productividad del trabajo de los obreros directos de producción en el período considerado.

I'_{prod} - índice de productividad del trabajo de los obreros directos de producción (valor promedio por obrero) en el período considerado, tomado de producciones comparativas u otras fuentes (t/obrero-año, MP/obrero-año, unidades/ obrero-año).

k_f -factor de corrección de índice utilizado (lo fija el proyectista de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto en cuestión y la fuente de obtención del índice).

n -tiempo en el cual terminará el proyecto previsto.

Para determinar el índice de productividad promedio se emplea la expresión 27.

$$I'_{prod} = \frac{V'_{pj}}{O'_{DP}} \quad (27)$$

Donde

V'_{pj} -volumen de producción anual obtenido en la instalación tomada como comparación en el período de tiempo considerado (en t/año, MP/año, etc.)

O'_{DP} . número de obreros directos de producción que intervinieron para lograr resultados productivos en la instalación tomada como referencia en el período de tiempo considerado.

- Método de los índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo

Según Woithe *et al.* (1986) esta variante del método se basa en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo requeridos para la elaboración de una determinada producción utilizando índices sumarios.

Para el cálculo de las necesidades de obreros directos de producción es válida la expresión 28:

$$O DP = \frac{t_{\text{efect}}(\text{total})}{\overline{Ft}(\text{anual})OD} \quad (28)$$

Donde

$t_{\text{efect}}(\text{total})$ - gasto de tiempo de trabajo total requerido para la elaboración de la producción prevista, calculado sobre la base del tiempo efectivo y mediante índices sumarios, (h/año).

$\overline{Ft}(\text{anual})OD$ - fondo de tiempo anual disponible promedio de un obrero directo de producción, en (h/año).

En esta variante del método y dado el carácter global del mismo, el término $\overline{Ft}(\text{anual})OD$ como un índice sumario se emplea para la determinación detallada de las necesidades de obreros para cada caso en específico, teniendo en cuenta factores como la edad, el sexo y el tipo de actividad que realiza cada trabajador. Investigaciones realizadas por Woithe *et al.* (1986) en la industria de construcción de maquinaria, muestran que estos tiempos oscilan entre 1 880 y 1 930 h/año, mientras que en algunas fábricas de la industria mecánica cubana, varían de 1 710 a 1 830 h/año.

- Método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas

Este método se utiliza fundamentalmente para calcular forma detallada, las necesidades de obreros directos de producción. Para su aplicación se parte de los gastos de tiempo de trabajo necesarios para elaborar el programa de producción previsto para la instalación que se proyecta o reconstruye (Woithe *et al.*, 1986). Para estos propósitos es válida la expresión 29:

$$O DP_i = \frac{\sum_{j=1}^e t_{N_{ij}}}{\overline{Ft}(\text{anual})OD_i * K_{cni} * (1+K_{pt})^n} \quad (29)$$

Donde

O_{DP_i} - número de obreros directos de producción correspondientes al paso o técnica de trabajo i .

$t_{N_{ij}}$ - gasto de tiempo de trabajo para la elaboración del programa, en (h/año)

k_{pt} - coeficiente de aumento de la productividad del trabajo de los obreros directos de producción en el período considerado

K_{cni} - factor de cumplimiento del tiempo norma

$\overline{Ft}_{(anual)ODi}$ - fondo de tiempo anual disponible de un obrero directo de producción en el paso o técnica de trabajo i, en (h/año).

n - período previsto para la puesta en marcha del proyecto

Para determinar el fondo de tiempo que dispone un trabajador anualmente se emplea la expresión 30:

$$Ft_{(anual)ODi} = [D_A - (D_S/2 + D_D + D_F)] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros}) \rightarrow (30)$$

Donde

h_t - horas el turno t_v - vacaciones t_{enf} - enfermedad t_{aus} - ausencias

t_{des} - descanso t_{otros} - otras pérdidas de tiempo

Todos estos tiempos expresados en horas/año y ($t_{enf} + t_{aus}$) como tanto por ciento del fondo de tiempo nominal. Si las necesidades de obreros directos calculados guardan relación con operar máquinas y equipos, deben analizarse los resultados obtenidos con la disposición del parque de equipos según sea la técnica de trabajo que se trate y el régimen de trabajo estipulado.

- Método de asignación a puestos de trabajo

Woithe *et al.* (1986) aseguran que por su carácter, este constituye un método detallado de cálculo de las necesidades de obreros directos. A diferencia del anterior, se basa en el conocimiento previo del número de PT que tienen que ser ocupados por los empleados. A pesar de lo general de su aplicación, se recomienda su aplicación para el caso donde la relación máquina/obrero es diferente de 1. Para su determinación se emplea la expresión 31:

$$O_{DPK} = \frac{N_{ek} \cdot D_k \cdot T_k}{K_{mk}} * \left(1 + \frac{\Delta F_{tk}}{Ft_{(anual)ODi}} \right) \quad (31)$$

Donde

O_{DPK} - número de obreros directos asignados al puesto de trabajo k.

N_{ek} - número de máquinas o equipos del tipo k que tienen que ser atendidas por los obreros.

d_k - densidad de obreros directos a producción vinculados al puesto de trabajo k. (Representa el número máximo de O_D que en un momento dado son necesarios para operar la máquina o equipo).

t_k - número de turnos de trabajo que labora el puesto k.

k_{mk} - coeficiente de atención a múltiples máquinas o equipos del tipo k.

ΔFt_k -diferencia entre el fondo de tiempo disponible de la máquina o equipo del tipo k (t_{fmk}) y de un obrero directo de producción que trabaja vinculado a esta (t_{fok}), y para su determinación se recomienda el uso de la expresión 32:

$$\Delta Ft_k = Ft(\text{real})_k - Ft(\text{anual})_{ODi} \text{ (horas/año)} \quad (32)$$

Algunos valores k_{mk} obtenidos experimentalmente en fábricas de construcción de maquinaria se muestran en el **anexo 11**.

El tiempo de traslación del obrero entre las diferentes máquinas que atiende, se ve afectado directamente por la situación de la maquinaria. En el **anexo 12** se muestran algunas posiciones que favorecen la atención a varios equipos por un obrero **a)** ejemplo de las distintas situaciones para la atención a múltiples máquinas y **b)** ejemplo de situación de la maquinaria para favorecer la atención a múltiples equipos.

- Cálculo de las necesidades de trabajadores mediante la norma de servicio

Cuando una organización planifica su capital humano, prevé sus necesidades a corto, mediano y largo plazo y es capaz de optimizar su estructura y hacer más eficiente sus procesos para el logro de mayores niveles de rentabilidad al contar con el personal adecuado para alcanzar su misión. Es por ello que la autora del presente informe propone la utilización de este método, el cual se recibe como parte de la asignatura Estudios de Tiempo de Trabajo y guarda estrecha relación con la esfera de los servicios, la cual renace en la sociedad cubana. Esta diplomante emplea la segunda etapa de la Fase 3 del procedimiento aplicado por Rojas González (2015) para la determinación de la cantidad de trabajadores en entidades turísticas. Para adentrarse en el tema es vital conocer que la norma de servicio (NS) es aquella que expresa el contenido laboral de un trabajador o grupo de trabajadores en un determinado período de tiempo (cantidad de telares a atender por un tejedor, cantidad de mesas a atender por un dependiente, cantidad de habitaciones a atender por una camarera etc.

Para realizar el estudio es necesario aplicar técnicas como la fotografía, el cronometraje o un muestreo por observaciones instantáneas (MOI) con el fin de determinar las distintas tareas que se realizan en el PT y el tiempo necesario para su realización. Una vez realizada la toma de datos por alguna de estas técnicas, se determina el tiempo

promedio necesario para cada una. Para la determinación de la fuerza de trabajo a partir de la NS se emplea la ecuación 33:

$$NS = \frac{Cr}{TTR} \quad (33)$$

Donde

Cr: tiempo promedio que el cliente permanece en la mesa

TTR: tiempo de trabajo de un dependiente en una mesa

Para el cálculo de la carga y la capacidad total se hará a través de las expresiones 34 y 35:

$$QT = \frac{Cm * JL}{Cr} \quad (34)$$

$$Cu = \frac{NS * JL}{Cr} \quad (35)$$

Donde

QT: carga total del trabajador

Cm: cantidad de mesas del restaurante

Cu: capacidad unitaria, tiempo real para asumir sus labores en la JL

JL: jornada laboral

Finalmente la determinación del capital humano necesario se realiza con la utilización de la expresión matemática 36:

$$Nd = \frac{QT}{Cu} \quad (36)$$

En los casos en que el número de equipos, mesas, camas etc. que atiende un empleado en las empresas de servicio no resulta un número entero, es necesario analizar si se debe aproximar al número entero por defecto o por exceso.

2.3.4. Cálculo de las necesidades de áreas

Woithe *et al.* (1986) consideran que las necesidades de área parten del área útil en los edificios, la cual está compuesta de las áreas principales y aledañas a este. Analizan que el área de producción está compuesta por la zona de producción principal, auxiliar y aledaña o marginal. Respecto a las áreas suplementarias listan el área para el almacenamiento en edificios, para el desarrollo de productos, las oficinas administrativas, técnicas y otras.

- Método de los índices sumarios

Woithe *et al.* (1986) aseguran que este método se utiliza ampliamente en las fases iniciales de la proyección y en aquellos casos donde las condiciones de partida permanezcan relativamente constantes. Se basa en la utilización de índices que reflejan

las necesidades de área, referidas a diferentes bases de cálculo. Para su determinación es válida la expresión 37:

$$A_t = B * K'_A (1 \pm k_f) + A_s \quad (37)$$

Donde

A_t - necesidades de área del sistema o sistema parcial proyectado (m^2).

B -base de cálculo tomada como referencia (por ejemplo: t/año, número de máquinas y equipos, obreros directos, personal técnico-ingeniero, etc.)

K'_A - índice sumario que refleja las necesidades específicas de área por cada unidad de la base de referencia B (por ejemplo: m^2/t , m^2/MP , $m^2/máquina$, $m^2/obrero$, $m^2/persona$, etc.)

k_f - factor de corrección del índice utilizado (fijado por el proyectista).

A_s - otras áreas necesarias en el caso específico y que no están contempladas en forma sumaria en el índice K'_A .

Para determinar el índice sumario se emplea la expresión 38: $K'_A = \frac{A'}{B'}$ (38)

Donde

A' y B' son tomados como referencias de otras empresas o de períodos anteriores en la instalación que se analiza.

En la formación de los índices sumarios de área es usual referirlos al volumen de producción cuando se trate de determinar el área de producción de la instalación que se proyecta, mientras que para el cálculo de las áreas aledañas se toman los índices referidos a otros parámetros, como por ejemplo la fuerza de trabajo. En el **anexo 13** se muestran estos índices específicos para oficinas técnicas, administrativas y otras, así como para el área de tránsito en edificios.

- Cálculo de las necesidades de área, utilizando factores de área (diferenciados y resumidos) como suplementos sobre el área básica de las máquinas y equipos

Este método parte del número de máquinas o equipos a instalar en el sistema que se proyecta. Con la ayuda de factores suplementarios (llamados también factores de área) se determinan las necesidades de área de producción sobre el área básica de las máquinas o equipos (Woithe *et al.*, 1986).

Los autores referidos aseguran que se entiende como área básica de los equipos (A_{MB}) aquella área que se proyecta de la maquinaria sobre el piso con sus mecanismos en

posiciones extremas. También analizan que de las diferentes áreas parciales que componen el PT, a excepción del (A_{MB}), la cual depende de los parámetros técnicos técnicos-constructivos de la máquina, el resto de las áreas parciales que componen el área de dicho puesto dependen de factores técnico-organizativos.

Luego de analizar la teoría al respecto, la autora acepta el criterio de estos investigadores, al asegurar que en las empresas productivas, el área básica es la que ocupan los equipos y agrega que en las organizaciones que prestan servicio, el área básica son los espacios en los cuales se ubican los clientes (ejemplo: salones, bares, habitaciones etc.).

Las expresiones 39 y 40 son utilizadas para determinar el área de un PT, las cuales se muestra a continuación:

$$A_M = A_{BM} + A_0 + A_{MR} + A_H + A_A + A_T \quad (39)$$

$$A_M = A_{BM}(1 + f_O + f_{MR} + f_H + f_A + f_T) * f_{SO} \quad (40)$$

Los elementos que componen ambas expresiones de cálculo se recogen en el **anexo 14**.

Para determinar el área necesaria mediante los factores suplementarios de cada una de las áreas parciales (expresión 40) se reconoce el factor de solape. Este factor surge a consecuencia de que en un ordenamiento de máquinas, las diferentes áreas parciales de los PT no pueden delimitarse claramente entre sí dentro de cada uno y entre los PT aledaños, sino que se solapan. En el **anexo 15** se muestran las áreas parciales de un PT y su solape, el cual se identifica por la intersección de los diferentes rayados.

Para determinar este factor se emplea la ecuación 41: $f_{SO=1-\frac{n_{SO}}{100}} \quad (41)$

Donde

n_{SO} - grado de solape entre las diferentes áreas parciales de los PT, (%).

Luego del análisis cualitativo y cuantitativo de estos ocho factores es necesario aclarar que cada proceso de producción industrial o de prestación de servicio ocurre sobre la base de la división del trabajo en forma de procesos parciales paralelos o sucesivos. Mediante la organización de estos bienes, los componentes: medios, objeto y fuerza de trabajo, tienen que relacionarse espacial y temporalmente entre sí, de forma que se obtenga como resultado una producción lo más económica y racional posible, así como un cliente con cierto grado de satisfacción.

Para ejercitar los conocimientos plasmados hasta el momento, se confeccionaron trece ejercicios resueltos (uno de cada método analizado) para que sirvan de orientación a estudiantes y profesores, los cuales se recogen en el **anexo 16**. También se desarrollaron 38 ejercicios resueltos que contienen desde los elementos básicos hasta los de mayor nivel de dificultad para sistematizar adecuadamente el contenido; para su elaboración la autora de la presente investigación, tuvo en cuenta principalmente las empresas del territorio holguinero que pertenecen al sector de los servicios.

2.4. Validación de la bibliografía propuesta a través del criterio de expertos

Para determinar el estado de pertinencia de la bibliografía propuesta se empleó el Método Delphi, el cual fue utilizado para determinar la opinión de distintos especialistas acerca de la conformación de los capítulos que formarán parte del texto básico de la asignatura. A estos se les aplicó una encuesta y el diseño de la misma se muestra en el **anexo 17**. Los especialistas seleccionados fueron siete, los cuales imparten la asignatura en las universidades de La Habana, Matanzas, Cienfuegos y Central de las Villas, los cuales sustentan la categoría científica de máster o doctor en ciencias técnicas. Para validar los resultados de las encuestas aplicadas, se utilizó el paquete estadístico *Statistic Program for Social Sciences (SPSS)* para *Windows* versión 15.0. Al concluir la consulta a expertos se pudo determinar que existía concordancia entre estos (coeficiente de concordancia de Kendall=0,81) y que la encuesta utilizada fue fiable para el estudio (alfa de Cronbach=0,79). Esto permite corroborar que la bibliografía propuesta contiene los elementos necesarios para conformar el libro de texto y con ello mejorar el PEA en esta asignatura.

Valoración social

Con la realización de la presente investigación se obtienen impactos significativos desde el punto de vista social. El capítulo “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones” formará parte del libro de texto básico de la asignatura DP, lo cual favorece el PEA en la misma. Estudiantes y profesores contarán con un medio de consulta que integre los contenidos fundamentales de la materia, lo que traerá consigo que las clases se desarrollen con mayor dinamismo. El uso de este facilitará el estudio y trabajo independiente de los estudiantes y servirá como base de referencia para los profesionales, que realicen investigaciones científicas afines al tema.

CONCLUSIONES

Una vez culminado el proceso investigativo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. La consulta de documentos de la carrera Ingeniería Industrial evidenció la necesidad de conformar un libro de texto básico para la asignatura Distribución en Planta.
2. La revisión bibliográfica permitió determinar los componentes fundamentales del libro de texto para facilitar la comprensión y asimilación del contenido en el capítulo elaborado.
3. La confección del capítulo “Factores que intervienen en la distribución espacial de instalaciones” posibilitó integrar los contenidos del tema y conocer los métodos que permiten determinar las necesidades de materiales, equipos, trabajadores y áreas de las instalaciones que se proyectan.
4. Los ejercicios elaborados sirven de guía y ejercitación para la autopreparación de los estudiantes y otros profesionales interesados de forma tal que este facilite la comprensión y asimilación del contenido.
5. La validación del capítulo propuesto a través del Método Delphi, arrojó resultados que permitieron considerarlo apropiado para integrar el libro de texto básico de Distribución en Planta.

RECOMENDACIONES

1. Considerar los resultados de la investigación para la conformación del libro de texto básico de la asignatura Distribución en Planta.
2. Continuar las tareas pertinentes para la futura edición del libro de texto básico de la asignatura.
3. Ampliar el estudio realizado mediante los análisis de programas informáticos y su aplicación en los problemas de Distribución en Planta.
4. Extender la experiencia de este trabajo a otras asignaturas impartidas en la carrera que presenten una situación similar con la bibliografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo Suárez, J. A. y Gómez Acosta, M. I. (2010). *La logística moderna en la empresa*. La Habana, Cuba: Félix Varela.
2. Addine Fernández, F. (2004). *Didáctica: teoría y práctica*. La Habana: Pueblo y Educación.
3. Aguilar Valentín, N. A. (2015). Historia de la localización y distribución de planta. Consultado: 19/2/2016, disponible en: <http://www.buenastareas.com>
4. Alves de Mattos, I. (1973). *Compendio de didáctica general*. Buenos Aires, Argentina: Kapeluz.
5. Armesto, Y. P. (2013). Estudio de macrolocalización y microlocalización de una planta dedicada a la elaboración de productos a base de arcilla en el Departamento Norte de Santander. disponible en: <http://es.slideshare.net>
6. Asencio Cabot, E. (2002). La dinamización del proceso enseñanza-aprendizaje de las Ciencias.
7. Ballow, R. (1991). *Logística empresarial. Control y planificación*. Madrid, España: Díaz de Santos.
8. Benavente Riveros, D. (2015). Distribución de plantas: factor hombre.
9. Bernárdez, E. (1982). *Introducción a la lingüística del texto*. Madrid.
10. Borges Arencibia, Abrahantes Abreu, Hernández Santos y Hueste Amaro. (2009). La utilización del libro de texto en la realización del trabajo independiente en las asignaturas de Ciencias Sociales.
11. Bravos Ramos, J. L. (1998). Los medios didácticos en la enseñanza universitaria.
12. Bravos Ramos, J. L. (2004, 2/2/2016). Los medios de enseñanza: clasificación, selección y aplicación. *Revista de medios y educación*
13. Cabero Almenares, J., Duarte Huertos, A. y Romero Tena, R. (2002). Los libros de texto y sus potencialidades para el aprendizaje.
14. Chase, R., Jacobs, R. y Aquílano, N. (2008). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva* (Vol. I, II y III). La Habana, Cuba: Félix Varela.
15. Colectivo de autores. (2003). *Preparación pedagógica integral para profesores*. La Habana, Cuba: Félix Varela
16. Corbacho Sánchez, A. (2006). Textos, tipos de textos y textos especializados. *Revista de Filología*, 79-90.
17. Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España: MC Graw Hill.
18. Ginoris Quesada, O. (2009). *Fundamentos didácticos de la Educación Superior Cubana. Selección de lecturas*. La Habana, Cuba: Félix Varela.
19. González Castro, V. (1986). *Teoría y práctica de los medios de enseñanza*. La Habana: Pueblo y Educación.
20. Hartmann, P. (1964). *Text, texte, klassen von texten* (Vol. 1). Kunst.
21. Horta Navarro, M. (2009, 10/2/2016). La universalización de la enseñanza: un reto para los profesores de las universidades cubanas.
22. Jordi, A. y Bernabé, L. (2006). Los libros de texto de la escuela en red. *Perspectiva CEP*, 21-33.
23. Klingberg, L. (1978). *Introducción a la Didáctica General*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
24. Lara Rincón, R. H. (2014). Diseño de planta: Factor edificio. Consultado: 19/2/2016, disponible en: <http://www.buenastareas.com>
25. Marsán Castellanos, J. (1987). *Organización del Trabajo* (Vol. I y II). La Habana, Cuba: ENPES.
26. Mora, D. (2012). Concepción y características de los libros de textos y otros materiales para el aprendizaje y la enseñanza. *Revista Integra Educativa*.
27. Muther, R. (1970). *Distribución en Planta* (4ta ed.). Barcelona, España: Hispano-Europea.
28. Muther, R. (1981). *Metodología para una adecuada Distribución en Planta*.

29. Pérez Gosende, P. A. (2007). *Diseño de la asignatura Distribución en Planta para la Tarea Álvaro Reynoso*. (Trabajo de diploma), Universidad de Matanzas, Matanzas.
30. Plan de estudio para la carrera Ingeniería Industrial. Plan D. Presencial (2007).
31. Prendes, M. P. (1994). Potencial educativo del multimedia. *Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación para la Educación*.
32. Richaudeau, F. (1981). *Concepción y producción de manuales escolares. Guía práctica*. Santa Fé de Bogotá Editorial de la Unesco.
33. Rojas González, L. G. (2015). *Aplicación parcial de un procedimiento para el cálculo de plantilla en el hotel Playa Pesquero de Holguín*. (Trabajo de diploma en opción al título de ingeniero industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero", Holguín.
34. Salazar López, B. (2012). Métodos de distribución y redistribución en planta. *Herramientas para el ingeniero industrial*. disponible en: <http://ingenieriaindustrialonline.com>
35. Sánchez Meleán, J. (2006). El gran recurso instruccional: el libro de texto. *Revista de estudios interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 131-133.
36. Sánchez Zaldívar, A. (2013). Distribución en Planta y maquinaria. *Ingeniería de Proyectos*. disponible en: <http://es.slideshare.net>
37. Selander, S. (1990). *Análisis del texto pedagógico*. Granada: Proyecto Sur de Ediciones.
38. Singer, H. y Donlan, D. (1989). *Reading and learning from text* (2da ed.): Lawrance Erlbaum Associates, Inc.
39. Valcarcel Bayona, J. A. (2012). Factores que afectan la Distribución en Planta.
40. Woithe, G. y Hernández Pérez, G. (1986). *Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinarias*. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
41. Zuev, D. (1988). *El libro de texto*. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación

BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo Suárez, J. A. y Gómez Acosta, M. I. (2010). *La logística moderna en la empresa*. La Habana, Cuba: Félix Varela.
2. Acosta, L. A. (1982). Cuestiones de lingüística textual.
3. Addine Fernández, F. (2004). *Didáctica: teoría y práctica*. La Habana: Pueblo y Educación.
4. Aguilar Valentín, N. A. (2015). Historia de la localización y distribución de planta. Consultado: 19/2/2016, disponible en: <http://www.buenastareas.com>
5. Álvarez de Zayas, C. (1999). *La escuela de la vida*. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.
6. Alves de Mattos, I. (1973). *Compendio de didáctica general*. Buenos Aires, Argentina: Kapeluz.
7. Area Moreira, M. (2009). Los medios de enseñanza: conceptualización y tipología. Universidad La Laguna.
8. Armesto, Y. P. (2013). Estudio de macrolocalización y microlocalización de una planta dedicada a la elaboración de productos a base de arcilla en el Departamento Norte de Santander. disponible en: <http://es.slideshare.net>
9. Asencio Cabot, E. (2002). La dinamización del proceso enseñanza-aprendizaje de las Ciencias.
10. Baca, G. (2001). *Evaluación de proyectos*. México: Mc Graw Hill.
11. Ballow, R. (1991). *Logística empresarial. Control y planificación*. Madrid, España: Díaz de Santos.
12. Benavente Riveros, D. (2015). Distribución de plantas: factor hombre.
13. Berenguer Salas, L. (2009). Algunos antecedentes de la universalización de la educación en Cuba. 5.
14. Bernárdez, E. (1982). Introducción a la lingüística del texto. Madrid.
15. Bernárdez, E. (1995). Teoría y epistemología del texto (Vol. I). Madrid.
16. Borges Arencibia, Abrahantes Abreu, Hernández Santos y Hueste Amaro. (2009). La utilización del libro de texto en la realización del trabajo independiente en las asignaturas de Ciencias Sociales.
17. Bravos Ramos, J. L. (1998). Los medios didácticos en la enseñanza universitaria.
18. Bravos Ramos, J. L. (2004, 2/2/2016). Los medios de enseñanza: clasificación, selección y aplicación. *Revista de medios y educación*
19. Cabero Almenares, J., Duarte Huertos, A. y Romero Tena, R. (2002). Los libros de texto y sus potencialidades para el aprendizaje.
20. Chase, R., Jacobs, R. y Aquilano, N. (2008). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva* (Vol. I, II y III). La Habana, Cuba: Félix Varela.
21. Colectivo de autores. (2003). *Preparación pedagógica integral para profesores*. La Habana, Cuba: Félix Varela
22. Colom Canellas, A., Sureda Negre, J. y Salinas Ibáñez, J. (1988). Tecnología y medios educativos. Madrid, España: Cincel. Publicación y Futuro.
23. Corbacho Sánchez, A. (2006). Textos, tipos de textos y textos especializados. *Revista de Filología*, 79-90.
24. De la Fuente García, D. y Fernández Quesada, I. (2005). *Distribución en Planta*. Universidad de Oviedo, España.
25. De la Fuente García, D., Parreño Fernández, J., Fernández Quesada, I., Pino Díaz, R., Gómez Gómez, A. y Puente García, J. (2008). Ingeniería de organización en la empresa: dirección de operaciones. Universidad de Oviedo, España.
26. Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España: MC Graw Hill.
27. Ginoris Quesada, O. (2009). *Fundamentos didácticos de la Educación Superior Cubana. Selección de lecturas*. La Habana, Cuba: Félix Varela.
28. González Castro, V. (1986). *Teoría y práctica de los medios de enseñanza*. La Habana: Pueblo y

Educación.

29. Hartmann, P. (1964). Text, texte, klassen von texten (Vol. 1). Kunst.
30. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. d. P. (2010). *Metodología de la investigación* 5ta (Ed.).
31. Horta Navarro, M. (2009, 10/2/2016). La universalización de la enseñanza: un reto para los profesores de las universidades cubanas.
32. Jordi, A. y Bernabé, L. (2006). Los libros de texto de la escuela en red. *Perspectiva CEP*, 21-33.
33. Klingberg, L. (1978). *Introducción a la Didáctica General*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
34. Lara Rincón, R. H. (2014). Diseño de planta: Factor edificio. Consultado: 19/2/2016, disponible en: <http://www.buenastareas.com>
35. Leyton Crespo, W. (2009). Factores que afectan o influyen en la Distribución en Planta.
36. López Hernández, A. (2007). Avances en Supervisión Educativa. disponible en: <http://www.adide.org/revista/index2.php>
37. López Hernández, A. (2007, 19/2/2016). Libros de texto y profesionalidad docente. *Avances en supervisión educativa*.
38. López Parra, M. E. (2009). Estudio Técnico(...) elemento indispensable en la evaluación de proyectos de inversión.
39. Marsán Castellanos, J. (1987). *Organización del Trabajo* (Vol. I y II). La Habana, Cuba: ENPES.
40. Martín Peña, M. L. y Díaz Garrido, E. (2013). *Fundamentos de dirección de operaciones en empresas de servicio*. Madrid, España.
41. Martínez Montes de Oca, E. (2015). *Aplicación de un procedimiento para determinar la necesidad de personal en el restaurante japonés "Kyoto" del Hotel Playa Costa Verde*. (Tesis en opción al título de ingeniero industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero", Holguín, Cuba.
42. Mora, D. (2012). Concepción y características de los libros de textos y otros materiales para el aprendizaje y la enseñanza. *Revista Integra Educativa*.
43. Moreno Herrero, I. (2004). La utilización de medios y recursos didácticos en el aula.
44. Muther, R. (1970). *Distribución en Planta* (4ta ed.). Barcelona, España: Hispano-Europea.
45. Muther, R. (1981). Metodología para una adecuada Distribución en Planta.
46. Nieves Julbe, A. F. (2010). Norma de servicio en los puestos de trabajo. *Balance de procesos. Aplicación a procesos productivos*
47. Parcerisa, A. (2007). Materiales para el aprendizaje, más allá del libro de texto (...) y de la escuela. *Aula de Innovación Educativa*.
48. Parra Ferie, C. (2009). *Procesos de servicio: tendencias modernas en su gestión*. Matanzas, Cuba.
49. Pérez Campaña, M. (2005). *Contribución al control de gestión en elementos de la cadena de suministro. Modelo y procedimiento para organizaciones comercializadoras*. (Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas), Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Villa Clara.
50. Pérez Gosende, P. A. (2007). *Diseño de la asignatura Distribución en Planta para la Tarea Álvaro Reynoso*. (Trabajo de diploma), Universidad de Matanzas, Matanzas
51. Pérez Vázquez, F. (2014). *Diseño y aplicación de un procedimiento para la redistribución en planta de la fábrica de motores TAUBA de Cacocum*. (Trabajo de diploma), Universidad de Holguín "Oscar Lucero", Holguín.
52. Plan de estudio para la carrera Ingeniería Industrial. Plan D. Presencial (2007).
53. Prendes, M. P. (1994). Potencial educativo del multimedia. *Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación para la Educación*.
54. Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución (2011).

55. Resolución 210. Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico (2007).
56. Richaudeau, F. (1981). *Concepción y producción de manuales escolares. Guía práctica*. Santa Fé de Bogotá Editorial de la Unesco.
57. Rojas González, L. G. (2015). *Aplicación parcial de un procedimiento para el cálculo de plantilla en el hotel Playa Pesquero de Holguín*. (Trabajo de diploma en opción al título de ingeniero industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero", Holguín.
58. Salazar López, B. (2012). Métodos de distribución y redistribución en planta. *Herramientas para el ingeniero industrial*. disponible en: <http://ingenieriaindustrialonline.com>
59. Sánchez Meleán, J. (2006). El gran recurso instruccional: el libro de texto. *Revista de estudios interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 131-133.
60. Sánchez Zaldívar, A. (2013). Distribución en Planta y maquinaria. *Ingeniería de Proyectos*. disponible en: <http://es.slideshare.net>
61. Schmidt, R. (1977). *Teoría del texto. Problemas de una lingüística de la comunicación verbal*. Madrid.
62. Selander, S. (1990). *Análisis del texto pedagógico*. Granada: Proyecto Sur de Ediciones.
63. Singer, H. y Donlan, D. (1989). *Reading and learning from text* (2da ed.): Lawrance Erlbaum Associates, Inc.
64. Stoner, J., Stoner, F. y Freeman, E. (1996). *Administración* (6ta ed.). México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
65. Tompkins, J. A. y Woithe, J. A. (1984). *Facilities planning*. New York, Estados Unidos: John Wiley and Sons.
66. Valcarcel Bayona, J. A. (2012). Factores que afectan la Distribución en Planta.
67. Vallhonrat, J. M. y Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y manutención*. Barcelona, España: BOIXAREU.
68. Vázquez Medrano, L. D. (2011). Factores de Distribución en Planta. disponible en: <http://www.scribd.com>
69. Vidal Ledo, M. y Del Pozo Cruz, C. R. (2008). *Educative technology, teaching-learning means and resources*.
70. Woithe, G. y Hernández Pérez, G. (1986). *Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinarias*. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
71. Zuev, D. (1988). *El libro de texto*. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

ANEXOS

Anexo 1. Trabajadores requeridos atendiendo a la forma de distribución

Fuente: Adaptado de Valcarcel Bayona (2012)

Tipo de distribución	Necesidad de la mano de obra
Posición fija	Poca o ninguna especialización, pero requiere gran habilidad.
Distribución por proceso	Especialización del tipo proceso o de la operación
Producción en cadena	Especialización por producto y por operación

Anexo 2. Principios de economía de movimientos para la distribución del lugar de trabajo. Fuente: Adaptado de Marsán Castellanos (1987)

Principios
1. Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.
2. Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán, para no tener que buscarlos.
3. Deben utilizarse depósitos y medios de «abastecimiento por gravedad», para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.
4. Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible.
5. Los materiales y las herramientas deben situarse en la forma que los gestos se realicen en el mejor orden posible.
6. Deben utilizarse, siempre que sea posible, eyectores y dispositivos que permitan al operario «dejar caer» el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos para despacharlo.
7. Deben preverse medios para que la luz sea buena, y facilitarse al obrero una silla del tipo y altura adecuados para que se siente en buena postura. La altura de la superficie de trabajo y la del asiento deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternativamente sentado o de pie.
8. El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la fatiga de la vista.

Anexo 3. Área normal y máxima del trabajador para el movimiento de sus extremidades superiores Fuente: Tomado de Marsán Castellanos (1987)

MOVIMIENTOS EN EL LUGAR DE TRABAJO

Figura 54. Área normal y área máxima de trabajo

Diagrama 1

AREA NORMAL DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS DEDOS,
DE LA MUÑECA Y DEL CODO

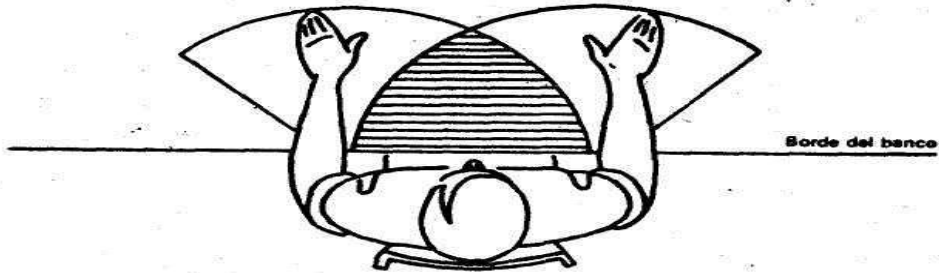
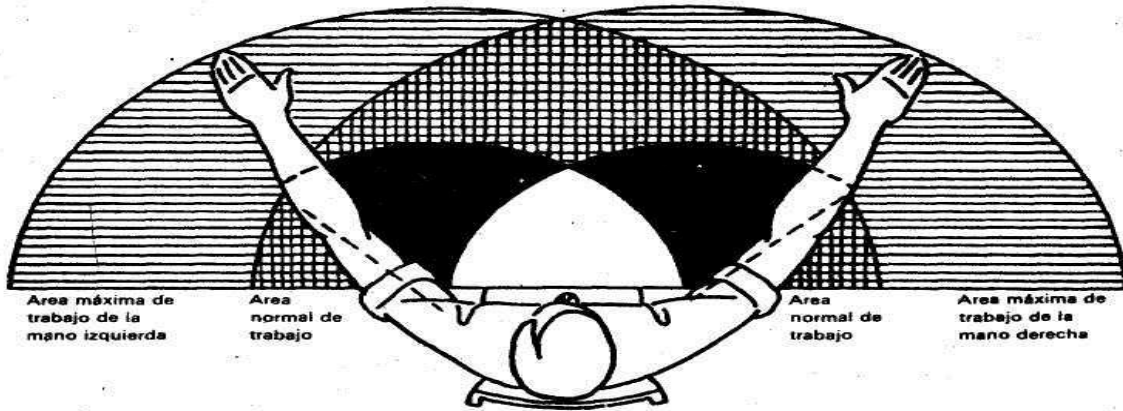


Diagrama 2

AREA MAXIMA DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS HOMBROS



Anexo 4. Coeficiente diferenciado de entrada de materiales en fábricas de construcción de maquinarias. Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Grupos de materiales	Intervalo de variación	K'ey Valor medio
Perfiles de acero	2,22 - 2,50	2,36
Planchas y tubos	1,25 - 1,36	1,30
Fundición gris y maleable	1,36 – 1,43	1,40
Fundición de aluminio	1,15 – 1,18	1,17
Otros materiales	1,00 – 1,06	1,03

Anexo 5. Índices de estructura de materiales de una fábrica de construcción

Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Grupos de materiales	ny (%)
Perfiles de acero	10,00
Planchas y tapas	1,90
Tubos	0,30
Fundición gris	74,00
Fundición maleable	0,20
Fundición de aluminio	0,66
Metales no ferrosos	0,19
Piezas de forja libre	1,65
Piezas de forja en estampa	0,91
Piezas normalizadas	0,92
Piezas compradas al mercado	0,81
Grupos constructivos	6,40
Otros	2,06
Total	100,00

Anexo 6. Base de cálculo correspondiente a diferentes producciones

Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Valores del exponente b			
Producciones	b	Condiciones de aplicación	Unidad de tiempo
Máquinas mezcladoras	0,62	Espesor de chapa de 4-6 mm	h/unidad
		Peso x unidad de 0,2-10 t	
Máquinas separadoras	0,37	Espesor de chapa de 20-40 mm	h/unidad
		Peso x unidad de 1-12 t	
Columna para la industria química	0,70	Espesor de chapa de 10-20 mm	h/unidad
		Peso x unidad de 1-10 t	
Tanquería con elementos interiores	0,49	Espesor de chapa de 9-20 mm	h/unidad
		Peso x unidad de 1-25 t	
Piezas de forja en estampa	0,79	Hornos, martinete mecánico, prensa	h/t
		Peso x pieza 0,1-10 kg	
	-0,64	Horno, martinete neumático, martinete mecánico-prensa	
	Peso x pieza 0,1-6,3 kg		
Moldeo de piezas para fundición	-0,85	Máquina de moldeo por sacudidas, y pieza simétrica de rotación	h/t
		Peso x cada caja de 2-30 kg	
	-0,59	Máquinas de moldeo por sacudidas y piezas no simétricas de rotación	
		Peso x cada caja de 2-30 kg	

Anexo 7. Índices de rendimiento promedio en talleres de elaboración mecánica.

Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Tipo de producto	Í rendimiento (t/máquinas-año)
Equipos para talleres de laminado	70-84
Grúas de puentes 30-75 t	60-70
Grúas de puentes 5-25 t	55-60
Turbinas de vapor 100-300 MW	14-16
Equipos para talleres de forja y prensa	105-120
Tornos paralelos y roscados	14-35
Tornos automáticos	10-20
Rectificadoras	60-70
Taladros	35-50
Equipos para talleres de fundición	70-77
Motores Diesel pequeños	12-24

Anexo 8. Índices de estructuración del parque de máquinas para la producción prevista. Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Descripción de equipo	n_k (%)
Tornos paralelos y roscados	23,0
Tornos revólver	6,5
Tornos automáticos y semiautomáticos	2,5
Mandrinadoras	3,0
Taladros	14,0
Cepilladoras, mortajadoras y brochadoras	6,0
Fresadoras	13,0
Talladoras de engranes	6,0
Rectificadoras	12,0
Otras máquinas	14,0

Anexo 10. Elementos que conforman el fondo de tiempo real de los equipos

Elementos
Da - días calendario al año (365) y 24 horas/día = 8 760 horas/año
Ds- días sábados al año (52)
Dd- días domingos al año (52)
Df- días feriados al año.
ht –horas/turno
t–número de turnos/día de trabajo que laborará la unidad de equipamiento considerada.
t _{pp} – tiempo de pausas pagadas.
t _{st} - tiempo de servicios técnicos.
t _{so} - tiempo de servicios organizativos o tecnológicos
t _{np} - tiempo de necesidades personales

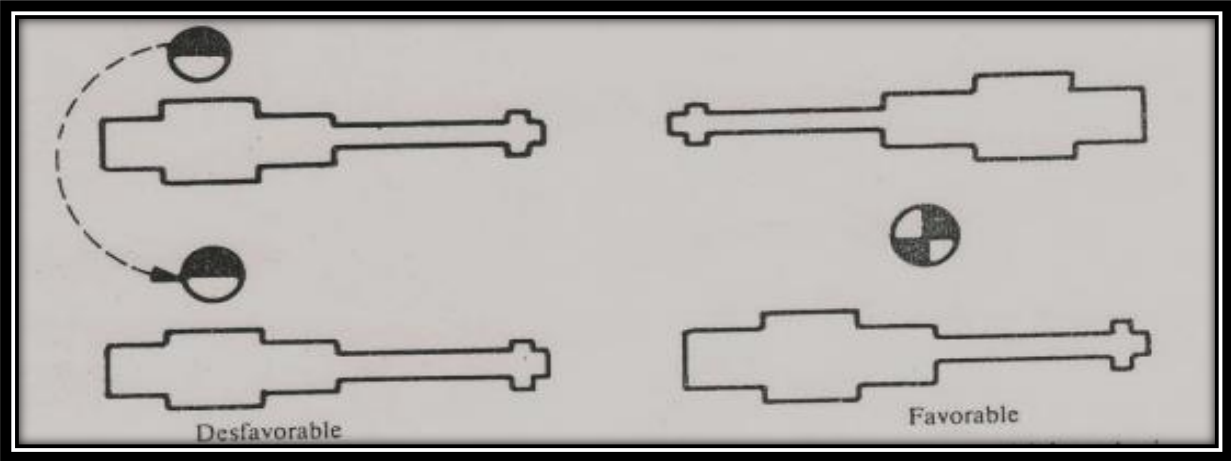
Anexo 10. Clasificación de los puestos de trabajo. Fuente: Tomado de Marsán Castellanos (1987)

Criterios de clasificación	Tipos de puestos
Grado de participación del hombre	Manuales Mecánico-manuales Mecanizados Automatizados
Cantidad de trabajadores y su agrupamiento	Individuales Colectivos
Número de equipos que componen el puesto	De equipo único Multiequipo
Grado de especialización	Especializados Universales
Grado de movilidad	Estacionarios Móviles

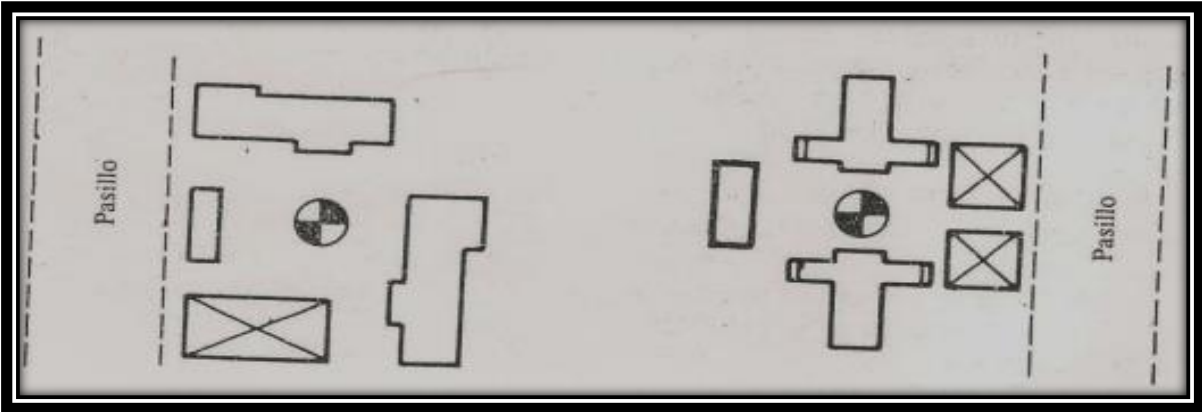
Anexo 11. Valores de coeficientes de atención a múltiples máquinas según la tipología de estas. Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Tipos de máquina	k_{mk}
Tornos de múltiples barras, semiautomáticos y fresadoras grandes	1,5-2,0
Tornos automáticos	2,0-3,0
Máquinas talladoras de engranes por impacto y fresado de los dientes	4,0-5,0
Máquinas universales	1,0
Máquinas automáticas de múltiples husillos	1,2-1,5
Tornos automáticos de múltiples husillos	3,0-4,0
Mortajadores y máquinas talladoras en general	4,0-5,0

Anexo 12. Ejemplos de situación de la maquinaria para favorecer la atención a múltiples equipos. Fuente: Tomado de Woithe *et al.* (1986)



a)



b)

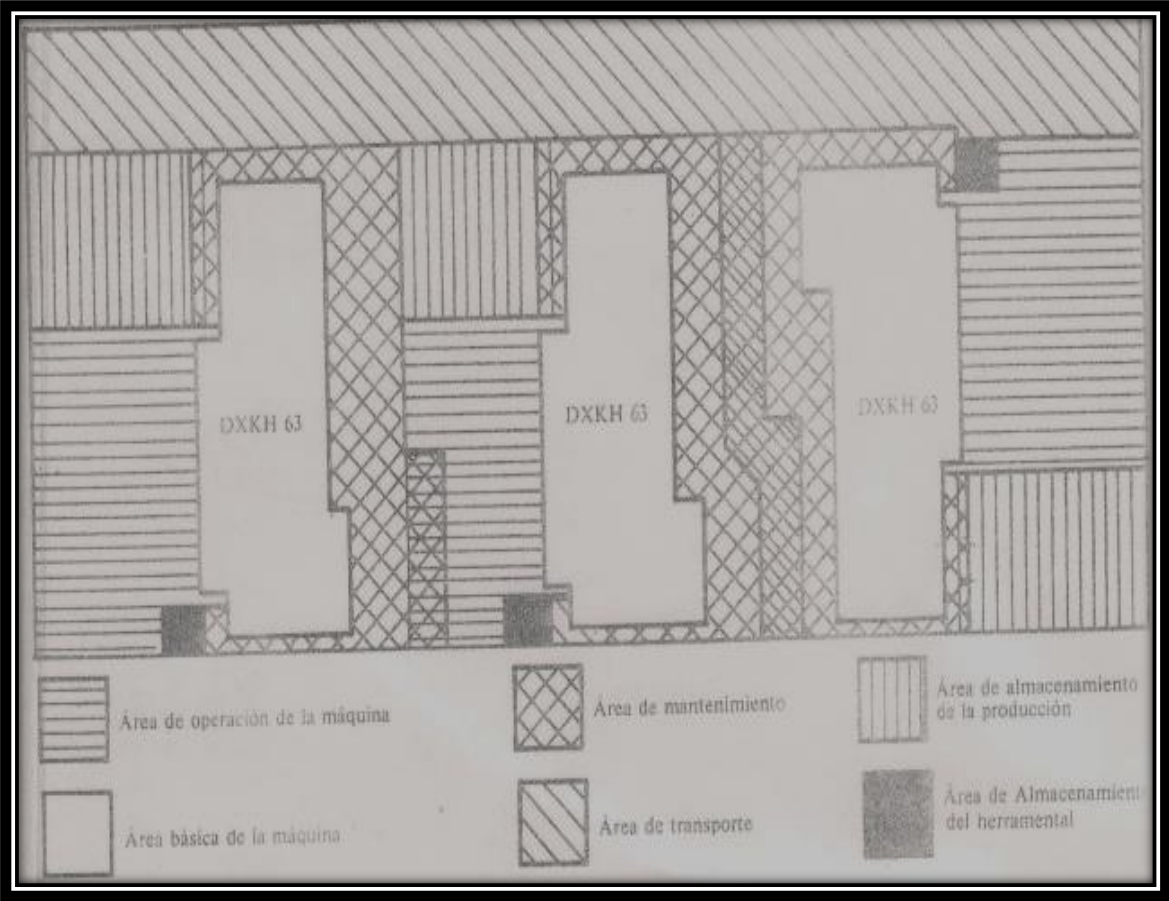
Anexo 13. Índices sumarios de área para oficinas técnica, administrativas y otras y para área de tránsito en edificios. Fuente: Adaptado de Woithe *et al.* (1986)

Tipo de actividad	K'_A (m ² / personas)	Tipo de área de tránsito	K'_A (m ² / personas)
Empleados administrativos	5-6	Escaleras	0,3-0,6
Tecnólogos de producción	6-7	Corredores	0,5-1,5
Ingenieros proyectistas	7-8	Elevadores	0,2
Ingenieros tecnólogos	6-8		
Diseñadores	9-11		
Dibujantes	8-9		

Anexo 14. Significado de los elementos que componen el área del puesto de trabajo según la variante de cálculo que se utilice. Fuente: Adaptado de Woithe et al. (1986)

Elementos	
A_M	área del PT
A_{BM}	área básica de la máquina
A_O	área de operación de la máquina
A_{MR}	área de mantenimiento de la máquina
A_H	área para almacenamiento de herramientas, dispositivos, etc., en el PT
A_A	área para almacenamiento de la producción en el PT
A_T	área de transporte y manipulación en el PT
f_O	factor suplementario para el área de operación
f_{MR}	factor suplementario para el área de mantenimiento y reparación
f_H	factor suplementario para el área de almacenamiento de herramientas, dispositivos, instrumentos de medición, etc., en el PT
f_A	factor suplementario para el área de almacenamiento de la producción en el PT
f_T	factor suplementario para el área de transporte y manipulación en el PT
f_{SO}	factor de solape entre las diferentes áreas parciales en un PT

Anexo 15. Diferentes áreas parciales de un PT y su solape. Fuente: Adaptado de Woithe et al. (1986)



Anexo 17. Ejercicios resueltos de cada uno de los métodos analizados para determinar las necesidades de materiales, equipos, trabajadores y áreas.

1. Para el cálculo de las necesidades globales de materiales necesarios para la proyección de una fábrica de reductores de velocidad de tres tipos: A, B y C se brinda como datos la siguiente información:

Programa de Producción:

Tipo	Volumen de Producción (reductores/año)	Peso Unitario (Kg/reductores)
A	10 000	700
B	6 000	200
C	7 500	355

De producciones comparativas existentes se han determinado los siguientes índices sumarios del consumo de materiales:

	A	B	C
Ke	1,8	2,1	1,6

Se conoce además que debe preverse una economía de materiales que representa un 15% con respecto a los índices tomados como referencia debido a mejoras en el diseño de los mismos equipos.

Las necesidades de materiales de cada tipo se estructuran de la forma siguiente:

TIPOS DE MATERIALES	η (%)
I. Perfiles y barras de acero de diferentes secciones	17
II. Chapa de acero	3
III. Fundición gris	40
IV. Fundición de acero	6
V. Otros materiales	17
Piezas normalizadas	10
Piezas y componentes importados	6
Otros	1
TOTAL	100

Calcule:

- Las necesidades de materiales totales para la fábrica
- Las necesidades de materiales de cada tipo.

Solución:

a) Para el cálculo de la necesidad total de materiales se utiliza la expresión:

$$M = 1000 * V_p * k'e(1 \pm kf)$$

Para lo cual se hace necesario llevar el volumen de producción a Kg/año.

Reductores	V_{pj} (reductores/año)	m_j (Kg/red.)	V_{pj} (Kg/año)	K'e_j	(1 - k_f)_j	M_j (Kg/año)
A	10 000	700	7 000 000	1,8	0,85	10 710 000 000
B	6 000	200	1 200 000	2,1	0,85	2 142 000 000
C	7 500	355	2 662 500	1,6	0,85	3 621 000 000

Por lo tanto: Se necesitan $16\,473 * 10^6$ Kg/año o $16\,473 * 10^3$ t/año de materiales.

- Para calcular las necesidades de materiales de cada tipo empleando los índices de estructuración, se tiene que:

TIPOS DE MATERIALES	M (10 ³ t/año)	η_y (%)	M_y = M * $\frac{\eta_y}{100}$ (t/año)
I. Perfiles y barras de acero de diferentes secciones	16 473	24	3 953 520
II. Chapa de acero	16 473	3	494 190
III. Fundición gris	16 473	50	8 236 500
IV. Fundición de acero	16 473	6	988 380
V. Otros materiales			
-Piezas normalizadas	16 473	10	1 647 300
-Piezas y componentes importados	16 473	6	988 380
-Otros	16 473	1	164 730
TOTAL	16 473	100	16 473 000

2. Con el propósito de ampliar el taller mecánico SASA en el municipio de Banes, el cual tiene como visión ser líderes en la reparación de automóviles en la región Oriental, además de cumplir con los requisitos normativos de las NC ISO 9001:2015 y la NC 18001:2015 se avizora un reordenamiento de la planta. Para ello es importante conocer las necesidades de materiales de un grupo de productos a elaborar en el taller. Del mismo se conoce la siguiente información:

Materiales directos	N_{c_{yj}} (kg/producto)	M_{sy} (kg/producto)
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	330	
Semiproductos de hierro fundido	450	
Semiproductos de acero fundido	120	
Piezas normalizadas y de cooperación	80	
Otros	20	
Materiales auxiliares		
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones		0,45
Chapas de acero de diferentes secciones		0,35
Barras de acero aleado		0,12

El taller tiene que producir anualmente 15 000 toneladas de los productos del grupo.

a) Calcule las necesidades de materiales y especifique si son utilizados en la producción principal o auxiliar.

Solución

Se analiza que el $V_p=15\ 000$ t/año y se conoce la norma de consumo y la utilización anual de los materiales directos e indirectos respectivamente, por lo que se emplea la ecuación: $M_y = \sum_{j=1}^e (N_{c_{yj}} * V_{p_j}) + M_{sy}$

$$M_y = 15\ 000(330 + 450 + 120 + 80 + 20) + 15\ 000(0,45 + 0,35 + 0,12)$$

$$M_y = 15\ 000\ 000 + 13\ 800 = 15\ 013\ 800\ \text{kg/año}$$

Las necesidades de cada tipo de material se recogen en la siguiente tabla:

Materiales directos	Necesidades (kg/año)
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	4 950 000
Semiproductos de hierro fundido	6 750 000
Semiproductos de acero fundido	1 800 000
Piezas normalizadas y de cooperación	1 200 000
Otros	300 000
Materiales auxiliares	
Perfiles de barras de acero de diferentes secciones	6 750
Chapas de acero de diferentes secciones	5 250
Barras de acero aleado	1 800
Total	15 013 800

3. Se quiere elaborar la documentación de la fase inicial de un proceso inversionista de una nueva fábrica. Esta se dedicará a la fabricación de camillas para los pacientes que asistan a los hospitales y policlínicos en la provincia de Holguín. Estas producciones están previstas no solo para suplir las demandas del Ministerio de Salud Pública, sino también para formar parte de los servicios de colaboración con países como Bolivia y Ecuador. Se ha tomado como referencia una empresa espirituana con similar objeto social, conociéndose que para la producción de dos camillas se emplean 60 equipos. De estos equipos 30 trabajan en 3 turnos, 20 trabajan 2 turnos y 10 trabajan un solo turno y su régimen de producción es continuo. Se prevé que la eficiencia de la producción aumente en un 6% y se requiere lograr una producción de 1 000 camillas anuales, con un régimen de trabajo de 2 turnos por día. ¿Qué cantidad de máquinas totales se necesitan para realizar el programa previsto?

Solución:

Datos:

$$Vp'_{\text{anual}} = 2 \text{ camillas/día} \cdot 365 \text{ días/año (régimen laboral continuo)} = 730 \text{ camillas/año}$$

$$Ne'_{\text{total}} = 60 \text{ máquinas (} Ne_1 = 10 \text{ máquinas) (} Ne_2 = 20 \text{ máquinas) (} Ne_3 = 30 \text{ máquinas)}$$

$$K_f = 0,06$$

$$Vp = 1 000 \text{ camillas/año}$$

t= previstos 2 turnos de trabajos al día

Ne total ???

$$Ne^*total = \frac{Vp \text{ anual}}{\bar{I} \text{ rend} * t} * (1 \pm k_f)$$

$$t'f = \frac{\sum_{s=1}^3 (Ne'_t * t')}{\sum_{s=1}^3 Ne'_t}$$

$$t'f = \frac{[10*1+20*2+30*3]}{60} = \frac{140}{60} = 2,33 \text{ turnos}$$

$$\bar{I} \text{ rend} = \frac{Vp' \text{ anual}}{Ne' * t'_f}$$

$$\bar{I} \text{ rend} = \frac{730 \text{ camillas}}{60 \text{ máquinas} * 2,33 \text{ turnos}} = \frac{730 \text{ camillas}}{139,8 \text{ máquinas} - \text{turno}}$$

$$\bar{I} \text{ rend} = 5,22 \text{ camillas/máquinas} - \text{turno}$$

(Rendimiento de una máquina)

$$Ne \text{ total} = \left[\frac{1 \ 000 \text{ camillas/año}}{5,22 \frac{\text{camillas}}{\text{máquinas} - \text{turno}} * 2 \text{ turnos}} \right] * (1 - 0,06)$$

$$Ne \text{ total} = \left[\frac{1 \ 000 \text{ camillas/año}}{10,44 \text{ camillas/máquinas}} \right] * (0,94) = 90,03 \text{ máquinas/año}$$

Luego de determinar mediante el cálculo el número de máquinas necesarias, hay que definir una cantidad exacta. Al aplicar la regla de decisión cuatro, se concluye que son 90 equipos la cantidad global que se requiere de estos para que la nueva empresa satisfaga la demanda de camillas.

4. De la proyección de un taller que enmarca su objeto social en la producción de maquinado se conoce que este trabaja a razón de 2 turnos por día y 8 h/turno y 6 días feriados/año. El tiempo preparativo conclusivo y el que se emplea para la reparación del parque representa un 4%, mientras que para el descanso y las necesidades de los obreros se dedican el 2,5%, ambos valores como parte del fondo de tiempo nominal. Se conoce que los tiempos efectivos necesarios para la conformación de los tres tipos de piezas en cada máquina, se muestran en la tabla y que las máquinas 2 y 3 son especializadas.

Máquinas	Tiempo efectivo total para cada tipo de pieza, en h/año.		
	Pieza I	Pieza II	Pieza III
1	3 660	-	-
2	-	23 787	3 996
3	7 929	-	-
4	-	3 251	-
5	-	-	1 713

Determine:

- El fondo de tiempo disponible de las máquinas.
- Las necesidades calculadas y decididas de máquinas en cada caso.
- El índice de carga correspondiente, así como posibles medidas para su mejoramiento.

Solución:

Para el cálculo del fondo de tiempo real de la maquinaria, se emplea la ecuación:

$$Ft_{\text{real}} = \left[Da - \left(\frac{Ds}{2} + Dd + Df \right) \right] * (h_t * t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

Primeramente se define el fondo de tiempo nominal (primera parte de la expresión anterior), para luego restar los diferentes tiempos perdidos que vienen expresados en % del fondo de tiempo nominal, así:

$$Ftnom = \left[365 \text{ días/año} - \left(\frac{52}{2} + 52 + 6 \right) \text{ días/año} \right] * (8 \text{ horas/turno} * 2 \text{ turnos/día} - 0)$$

$$Ftnom = 281 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 16 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 4 496 \text{ horas/año}$$

De la información inicial se conoce que t_{so} y t_{st} es igual al 4% y t_{np} es igual al 2,5% del fondo de tiempo nominal y que $t_{pp} = 0$ ya que solo se utiliza en casos donde se prevean 3 turnos de trabajo. Se calcula el tiempo de las interrupciones:

$$t_{so} = 4\% \text{ de } 4 496 = 179,84 \text{ h/año}$$

$$t_{st} = 4\% \text{ de } 4 496 = 179,84 \text{ h/año}$$

$$t_{np} = 2,5\% \text{ de } 4 496 = 112,4 \text{ h/año}$$

Luego, con todos los elementos conocidos, se determina el fondo de tiempo real, donde:

$$Ft_{\text{real}} = \left[Da - \left(\frac{Ds}{2} + Dd + Df \right) \right] * (h_t * t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

$$F_{\text{treal}} = \left[4\,496 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - \left(2 * 179,84 \frac{\text{h}}{\text{año}} + 112,4 \text{ h/año} \right) \right]$$

$$F_{\text{treal}} = \left[4\,496 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 472,08 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \right] = 4\,023,92 \text{ horas/año}$$

Luego de conocer el fondo de tiempo real que presenta el taller, se prosigue con determinar las necesidades calculadas y decididas de máquinas, así como el índice de carga correspondiente.

De acuerdo a los datos de la tabla inicial se determinan los gastos de tiempo efectivo de trabajo para cada máquina mediante la sumatoria de los gastos individuales de cada pieza, en cada máquina, quedando de la siguiente manera:

Máquina	Tiempo efectivo (horas/año)
1	3 660
2	23 787 + 3 996 = 27 783
3	7 929
4	3 251
5	1 713

Se sustituyen los valores en la expresión de cálculo para cada tipo de máquina:

$$N_{e_{ki}} = \frac{T_{e \text{ total}}}{F_{t \text{ real}}}$$

$$N_{e 1} = \frac{3\,660 \text{ h/año}}{4\,023,92 \text{ h/año}} = 0,909 \approx 1 \text{ equipos (Regla 1)}$$

$$N_{e 2} = \frac{27\,783 \text{ h/año}}{4\,023,92 \text{ h/año}} = 6,904 \approx 6 \text{ equipos (Regla 2)} \longrightarrow 7 \text{ equipos}$$

$$N_{e 3} = \frac{7\,929 \text{ h/año}}{4\,023,92 \text{ h/año}} = 1,970 \approx 1 \text{ equipo (Regla 2)} \longrightarrow 2 \text{ equipos}$$

$$N_{e 4} = \frac{3\,251 \text{ h/año}}{4\,023,92 \text{ h/año}} = 0,807 \approx 1 \text{ equipos (Regla 1)}$$

$$N_{e 5} = \frac{1\,713 \text{ h/año}}{4\,023,92 \text{ h/año}} = 0,425 \approx 1 \text{ equipos (Regla 1)}$$

Al aplicar las reglas de redondeo correspondientes, se determina que son 10 máquinas en total las que se necesitan en el taller, pero al analizar las particularidades de cada equipo, se recuerda que las máquinas 2 y 3 son especializadas, por lo que se redondean al entero superior. Entonces son 12 equipos en total la cantidad necesaria.

Para determinar el coeficiente de carga de cada equipo se utiliza la ecuación:

$$Nc_{jk} = \frac{t_i(\text{efectivo total})}{N_e \text{ decidido } k_i * F_t(\text{real})_k} * 100$$

$$Nc_1 = \frac{3\ 660 \text{ h/año}}{1 \text{ eq} * 4\ 023,92 \text{ h/año}} * 100 = 90,96\%$$

$$Nc_2 = \frac{27\ 783 \text{ h/año}}{7 \text{ eq} * 4\ 023,92 \text{ h/año}} * 100 = 98,64\%$$

$$Nc_3 = \frac{7\ 929 \text{ h/año}}{2 \text{ eq} * 4\ 023,92 \text{ h/año}} * 100 = 98,52\%$$

$$Nc_4 = \frac{3\ 251 \text{ h/año}}{1 \text{ eq} * 4\ 023,92 \text{ h/año}} * 100 = 80,79\%$$

$$Nc_5 = \frac{1\ 713 \text{ h/año}}{1 \text{ eq} * 4\ 023,92 \text{ h/año}} * 100 = 42,57\%$$

El aprovechamiento promedio del parque de equipos es de aproximadamente un 82,30 %, inferior al 85% estipulado. La explotación de las máquinas 4 y 5 son las que mayor influencia aportan a este resultado al presentar un considerable porcentaje de subutilización, principalmente la máquina 4. Algunas medidas para el mejoramiento del índice de carga de estas pudieran ser:

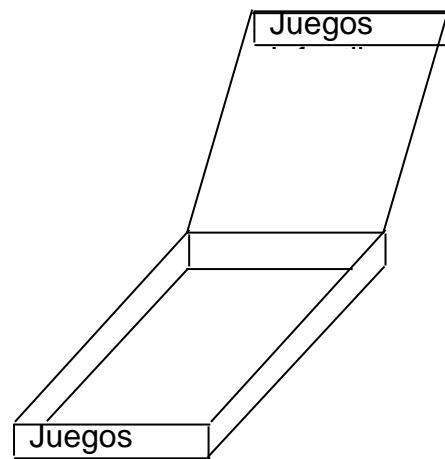
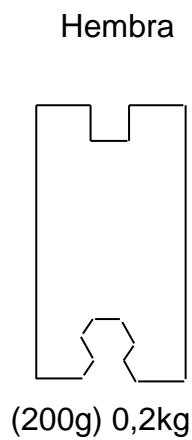
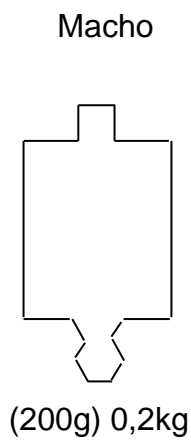
- Desviar carga de trabajo de los restantes equipos (1, 2, 3) hacia la máquina 5 para aumentar su índice de carga, si tecnológicamente fuera posible.
- Analizar la posibilidad de distribuir la carga correspondiente a la máquina 5 entre los demás equipos y así mejorar el índice de carga del resto del parque.
- Racionalizar la cantidad total de cada tipo de equipos, si se pudiera prescindir de este quinto grupo, mediante el análisis de la posibilidad de cooperación con otros equipos del taller o con otros talleres de la empresa.

5. La empresa de plástico “Plastipol” ha instalado un nuevo taller para satisfacer demandas muy específicas del Ministerio de Educación (MINED) para la elaboración de juegos infantiles en el año 2015. Dicho taller tiene un flujo de producción continuo para fabricar conjuntos como se muestra en la figura. Los conjuntos que son vendidos a \$ 5.00 y el MINED requiere que al menos se entreguen 50 000 u/mes, aunque su demanda es realmente superior. La dirección de la empresa encargó a usted como ingeniero industrial para que realice un diagnóstico de la situación existente y determine

la cantidad de equipos necesarios para que la empresa al menos entregue las cantidades previstas.

Como información adicional se conoce que:

- Un estuche..... 5 cajas
- Una caja 1 conjunto
- Un conjunto..... 1 hembra+1 macho= $(0,2+0,2)$ Kg = 0,4 Kg.
- La JL.....480 min
- El tiempo de descanso (TDNP) = 30 min



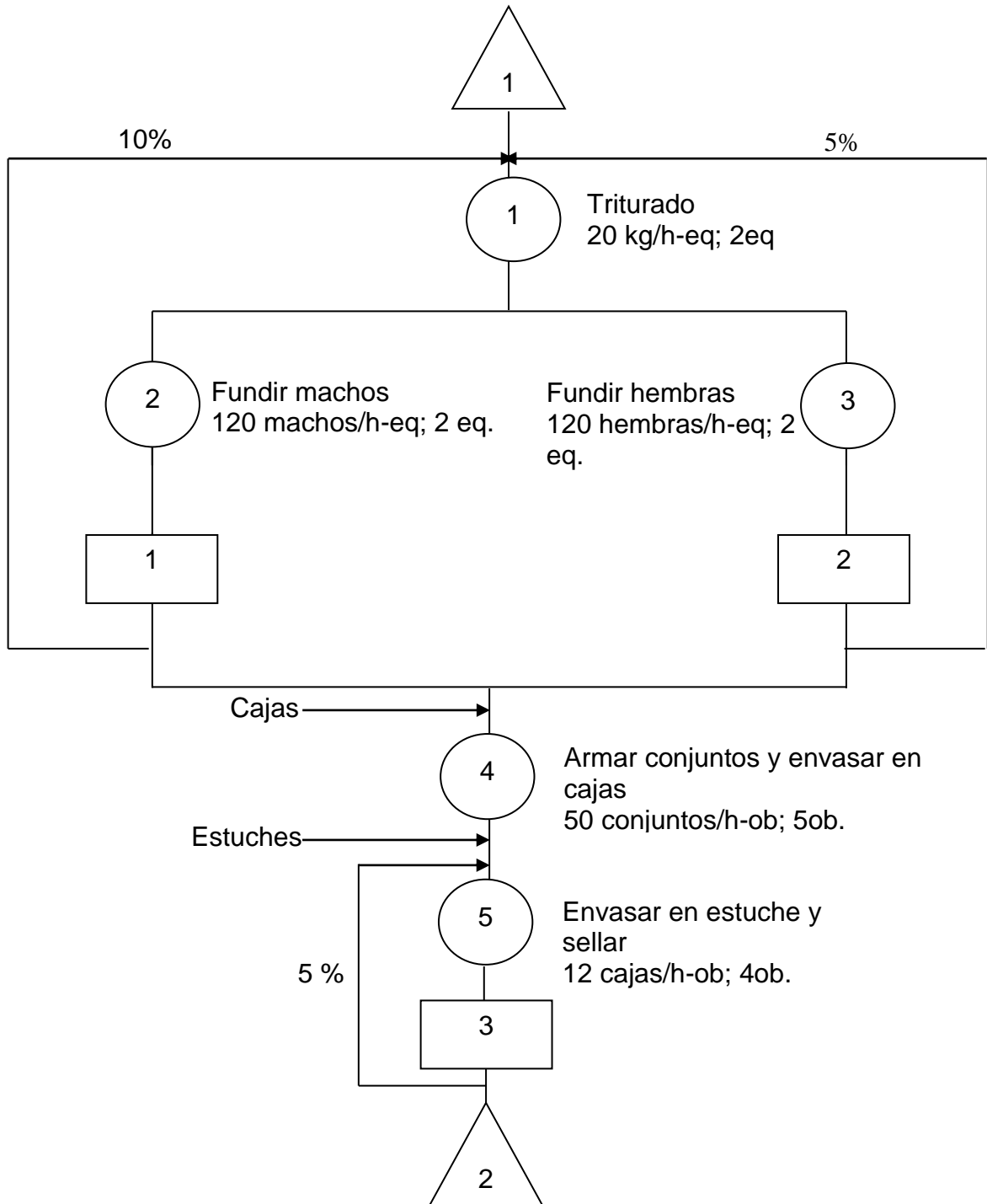


Figura: Flujo productivo de los conjuntos

Solución

Para analizar el flujo de producción de la empresa, es necesario determinar cada una de las capacidades y las cargas. Como el volumen de producción se conoce, se establecen las condiciones de trabajo para ese volumen. Se barre el flujo hacia arriba, luego de establecer que $A_2 = 50\,000$ conjuntos/mes.

Cálculo de las capacidades

$$C1 = \frac{20 \text{ kg}}{\text{h} - \text{eq}} * 2 \text{ eq} = 40 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{7,5 \text{ horas}}{\text{día}} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 1 \frac{\text{conjunto}}{0,4 \text{ kg}}$$

$$C1 = 750 \frac{\text{conjuntos}}{\text{día}}$$

$$C2 = \frac{120 \text{ machos}}{\text{h} - \text{eq}} * \frac{0,2 \text{ kg}}{\text{machos}} = 24 \frac{\text{kg}}{\text{h} - \text{eq}} * 2 \text{ eq} = 48 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} * 7,5 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$C2 = 360 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 1 \frac{\text{conjunto}}{0,2 \text{ kg}} = 1\,800 \text{ conjuntos/día}$$

$$C3 = \frac{120 \text{ hembras}}{\text{h} - \text{eq}} * \frac{0,2 \text{ kg}}{\text{machos}} = 24 \frac{\text{kg}}{\text{h} - \text{eq}} * 2 \text{ eq} = 48 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} * 7,5 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$C3 = 360 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 1 \frac{\text{conjunto}}{0,2 \text{ kg}} = 1\,800 \text{ conjuntos/día}$$

$$C4 = \frac{50 \text{ conjuntos}}{\text{hora} - \text{obrero}} * 1 \frac{\text{caja}}{\text{conjunto}} = 50 \frac{\text{cajas}}{\text{hora} - \text{obrero}} * 7,5 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 5 \text{ obreros}$$

$$C4 = 1\,875 \text{ cajas/día}$$

$$C5 = 360 \text{ cajas/día}$$

Modelación de las cargas

$$A_1 = Q_1 - [0,1 Q_2 + 0,05 Q_3]$$

$$Q_1 = A_1 + 0,1 Q_2 + 0,05 Q_3$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_2 = Q_1 \\ Q_3 = Q_1 \end{array} \right\} Q_2 = Q_3 = Q_1$$

$$Q_4 = Q_1 - [0,1 Q_2 + 0,05 Q_3]$$

$$Q_4 = 0,85 Q_1$$

$$Q_4 = 0,9 Q_2$$

$$Q_4 = 0,95 Q_3$$

$$Q_5 = Q_4 + 0,05 Q_5$$

$$A_2 = Q_5 - 0,05 Q_5$$

$$A_2 = 0,95 Q_5$$

Como $A_2 = 50\,000$ conjuntos/año, es necesario definir la cantidad diaria, luego:

$$A_2 = 50\,000 \frac{\text{conjuntos}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}} = 2\,083,3 \frac{\text{conjuntos}}{\text{día}} \approx 2\,083 \text{ conjuntos/día}$$

$$Q_5 = \frac{A_2}{0,95} = 2\,192,6 \text{ conjuntos/día}$$

$$\text{Como } Q_5 = Q_4 + 0,05 Q_5 \quad Q_4 = 0,95 Q_5$$

$$Q_4 = 2\,082,97 \text{ conjuntos/día}$$

$$Q_3 = \frac{Q_4}{0,95} = 2\,192,6 \text{ conjuntos/día}$$

$$\text{Como } Q_4 = 0,9 Q_2 \quad Q_2 = \frac{Q_4}{0,9} = 2\,314,4 \text{ conjuntos/día}$$

$$\text{Como } Q_4 = 0,85 Q_1$$

$$Q_1 = \frac{Q_4}{0,85} = 2\,450,5 \text{ conjuntos/día}$$

$$\text{Como } A_1 = Q_1 - [0,1 Q_2 + 0,05 Q_3]$$

$$\text{Luego } A_1 = 2\,450,5 - [0,1 * 2\,314,4 + 0,05 * 2\,192,6]$$

$$A_1 = 2\,450,5 - [341,07] = 2\,109,43 \frac{\text{conjuntos}}{\text{día}} \approx 2\,110 \text{ conjuntos/día}$$

Balance del flujo de las operaciones (Q y C en conjuntos/día)

Operación	Q	Relación	C	% utilización	Cu	Ne calculado	Ne decidido
1	2 450,5	>	750	326,73	375	6,53	6
2	2 314,4	>	1 800	128,57	900	2,57	2
3	2 192,6	>	1 800	121,81	900	2,43	2
4	2 082,97	>	1 875	111,09	375	5,55	6
5	2 192,6	>	360	609,05	90	24,36	24
Total							40

En todos los puestos de trabajo la $Q > C$. Esto indica que se aprovecha la capacidad al 100%, pero existen tareas que no se realizan o no se completan por falta de capacidad. En estos casos se presentan los cuellos de botella, los cuales evidencian que existen dificultades en el proceso productivo o de servicios, lo que limita el flujo sistémico e ininterrumpido del proceso. Para el análisis de los cuellos de botellas es importante

determinar la capacidad limitante en el proceso y valorar mejoras en los métodos de trabajo.

6. En una fábrica de fundición se elaboran diversos renglones, entre los cuales se encuentra la fabricación de ruedas dentadas. Entre las operaciones por las que transita el material se encuentran la fundición, solidificación, vaciado y paletizado. El jefe de producción recibió quejan de los clientes por la demora en la entrega de los pedidos en el mes de mayo del presente año. Dada esta situación comenzó a realizar una investigación. Primeramente entrevistó a los trabajadores de paletizado, los cuales plantean que las medias paletas cajas (MPC) no retornan en tiempo, lo que ocasiona cuellos de botella al tener que colocar las piezas en el piso y estas solo se pueden colocar en las paletas cuando llega la carretilla para poner el medio unitarizador sobre el equipo y luego proceder a su llenado. El operario de la carretilla plantea que se pierde mucho tiempo cargando y descargando la misma de la forma en que se realiza. Entre las posibles causas del problema se relacionan incumplimientos de los principios básicos de manipulación, déficit de MPC, uso indebido de la carretilla en conjunto a una mala selección de este ETI. Se conoce que se necesitan 240 MPC/semana y que en cada viaje se transporta 1 MPC. El traslado hacia el almacén se realiza en la carretilla de 4 ruedas con una distancia de 50 m. En la fábrica existe un montacargas frontal contrabalanceado (MFC) cuya capacidad efectiva se utiliza al 40% y una transpaleta totalmente subutilizada. De estos equipos en la tabla se muestran sus datos:

Características	Transpaleta	MFC
Tiempo de carga y descarga (min)	1 y 0,5	1,1 y 0,8
Velocidad cargado y sin carga (m/min)	30 y 65	50 y 65
Tiempo utilizable	60%	50%

La fábrica labora 2 turnos diarios de 8 horas cada uno y 6 días a la semana.

Con la información ofrecida determine la cantidad de ETI que se necesitan y si se deberá tomar la decisión de sustituir la carretilla por otro equipo.

Solución:

$$N_v = \frac{V_m}{C_v} = \frac{240 \text{ MPC/semana}}{1 \text{ MPC/viaje}} = 240 \text{ viajes/semana}$$

$$T_v = t_c + t_i + t_d + t_r = (1 + 0,83 + 0,38 + 0,5) \text{ min} = 2,71 \text{ min/viaje}$$

$$\text{tiempo de ida} = \frac{\text{desplazamiento (s)}}{\text{velocidad (v)}} = \frac{25 \text{ m}}{30 \text{ m/min}} = 0,83 \text{ min}$$

$$\text{tiempo de retorno} = \frac{\text{desplazamiento (s)}}{\text{velocidad (v)}} = \frac{25 \text{ m}}{65 \text{ m/min}} = 0,38 \text{ min}$$

$$Q = N_v * T_v = 240 \frac{\text{viajes}}{\text{semana}} * 2,71 \frac{\text{min}}{\text{viaje}} = 650,4 \text{ min/semana}$$

$$C_e = f_t(1 - f)K_m = 2 \frac{\text{turnos}}{\text{día}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{turno}} * 6 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} * [(1 - 0) 0,6]$$

$$C_e = 5\,760 \frac{\text{min}}{\text{semana}} * 0,6 = 3\,456 \text{ min/semana}$$

$$N_e = \frac{Q}{C_e} = \frac{650,4 \text{ min/semana}}{3\,456 \text{ min/semana}} = 0,18 \text{ equipos} \approx 1 \text{ equipo}$$

R/ El equipo que se utiliza actualmente solo se aprovecha al 18% de su capacidad de trabajo, por lo que la utilización de la transpaleta mejorará la situación de la fábrica, y con ello posibilitará el cumplimiento de los plazos de entrega previstos.

7. Una empresa constructora de obras produjo el año anterior viviendas para los médicos que han cumplido misiones internacionalistas en la localidad de Villa Nueva por valor de 17,5 millones de pesos. En esta producción intervinieron 640 obreros directos de producción que se organizaron en 8 brigadas. Actualmente prestarán sus servicios en el reparto Dagoberto Sanfield, ambas localidades en el municipio de Holguín y han tomado como referencia los períodos anteriores de construcción de inmuebles. Para esta nueva obra prevén un plan de inversión anual de 25 millones de pesos y su puesta en marcha en 2 años. Se desea conocer de forma aproximada las necesidades de obreros directos de producción conociendo que la productividad del trabajo de las brigadas crece a una razón anual del 3% y que las condiciones de trabajo de la fábrica que se proyecta serán mejores en un 20%.

Solución:

$$O_{DP} = \frac{Vp_j}{I'_{prod} \cdot (1 + K_i)^n} \cdot (1 \pm K_f)$$

$$I'_{prod} = \frac{Vp'_j}{O'_{DP}} = \frac{\$ 17,5 * 10^6}{640 \text{ obreros}} = 27\,343,75\$/\text{obrero} - \text{año}$$

$$O DP = \frac{\$ 25 * 10^6}{27\ 343,75\$/obrero - \text{año}(1 + 0,03)^2} * (1 - 0,2)$$

$$O DP = \frac{\$ 25 * 10^6}{28\ 984,38\$/obrero - \text{año}} * (0,8) = 690,02 \text{ obreros} \approx 690 \text{ obreros}$$

R/ Para la construcción de las viviendas en el reparto Sanfield se necesitan 690 trabajadores directos, entre los que pudieran mencionarse albañiles, carpinteros, electricistas y ayudantes.

8. Se necesita conocer las necesidades de la fuerza de trabajo en un taller de reparación de televisores. Se conoce que se trabajan 2 turnos de 8 horas cada uno y se consideran 6 días feriados en el año como parte del fondo de tiempo de la fuerza de trabajo. Además:

- El tiempo de mantenimiento es el 5%
- El tiempo de servicios organizativos del 6%
- El tiempo de descanso y necesidades personales es del 3%

Todos ellos como parte del transcurso del tiempo nominal que los trabajadores emplean en las reparaciones. Los tiempos efectivos de los equipos asociados a estas labores se muestran:

Puesto de trabajo	Tiempo efectivo (h/año)
1	25 320
2	16 580
3	8 235
Total	50 135

Solución:

Para el cálculo del fondo de tiempo real se emplea la ecuación:

$$Ft_{(\text{anual})ODi} = \left[Da - \left(\frac{Ds}{2} + Dd + Df \right) \right] * (h_t * t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

Primeramente se define el fondo de tiempo nominal (primera parte de la expresión anterior), para luego restar los diferentes tiempos perdidos que vienen expresados en % del fondo de tiempo nominal, así:

$$Ftnom = \left[365 \text{ días/año} - \left(\frac{52}{2} + 52 + 6 \right) \text{ d/año} \right] * (8 \text{ h/turno} * 2 \text{ turnos/d} - 0)$$

$$Ftnom = 281 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 16 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 4\ 496 \text{ horas/año}$$

De la información inicial se conoce que $t_{so} = 5\%$, y $t_{st} = 6\%$ y $t_{np} = 3\%$ del fondo de tiempo nominal. Se calcula el tiempo de las interrupciones:

$$t_{so} = 5\% \text{ de } 4\,496 = 224,80 \text{ h/año}$$

$$t_{st} = 6\% \text{ de } 4\,496 = 269,76 \text{ h/año}$$

$$t_{np} = 3\% \text{ de } 4\,496 = 134,88 \text{ h/año}$$

Luego, con todos los elementos conocidos, se determina el fondo de tiempo real, donde:

$$Ft_{(anual)ODi} = \left[D_A - \left(\frac{D_S}{2} + D_D + D_F \right) \right] * (h_t * t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

$$Ft_{(anual)ODi} = \left[4\,496 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - \left(224,80 \frac{\text{h}}{\text{año}} + 269,76 \frac{\text{h}}{\text{año}} + 134,88 \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) \right]$$

$$Ft_{(anual)ODi} = \left[4\,496 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 629,44 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \right] = 3\,866,66 \frac{\text{horas}}{\text{año} - \text{obrero}}$$

Luego se sustituyen los valores en la ecuación:

$$O DP = \frac{t_{\text{efect}}(\text{total})}{Ft_{(anual)ODi}} = \frac{50\,135 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{3\,866,66 \frac{\text{horas}}{\text{año} - \text{obrero}}} = 12,96 \approx 13 \text{ obreros}$$

R/ En el taller se necesitan 13 trabajadores para la reparación de los televisores.

9. En la proyección de una planta eléctrica el ingeniero industrial de la misma determinó que el gasto de tiempo de trabajo según normas para el cumplimiento del programa previsto es de 100 000 h/año. De igual forma previó un cumplimiento del tiempo norma del 105%, un incremento de la productividad del trabajo anual de un 4% y la puesta en marcha del taller en 3 años. Se conoce además que se trabajarán 8 horas en cada turno, que se planifican 24 días al año de vacaciones, un 8% del fondo de tiempo nominal para enfermedad y ausencias, mientras que no se incluyen interrupciones al proceso productivo por ninguna otra causa.

a) Determine el número de obreros directos necesarios para cumplimentar el programa previsto.

Solución:

Datos: $t_{Nij} = 100\,000 \text{ h/año}$ $K_{cni} = 105\% = 1,05$ $K_i = 4\% = 0,04$ $n = 3$ $t_v = 24 \text{ días/año}$

$$t_{enf} + t_{aus} = 8\% \text{ del } Ft_{nom}$$

$$t_{des} \text{ y } t_{otros} = 0$$

$$Ft_{(anual)ODi} = \left[D_A - \left(\frac{D_S}{2} + D_D + D_F \right) \right] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$$Ft_{nom} = [D_A - (D_S/2 + D_D + D_F)] \cdot h_t$$

$$Ft_{nom} = \left[365 \frac{\text{días}}{\text{año}} - \left(\frac{52}{2} + 52 + 6 \right) \right] * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 2\,248 \text{ horas/año}$$

$$T_v = 24 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 8 \text{ h/días} = 192 \text{ h/año}$$

$$T_{enf} + T_{aus} = 0,08 * (2\,248) \frac{\text{horas}}{\text{año}} = 179,84 \text{ horas/año}$$

$$Ft_{(anual)ODi} = Ft_{nom} - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$$Ft_{(anual)ODi} = (2\,248 - 371,84) \text{ horas/año} = 1\,876 \text{ h/año}$$

$$O_{DPi} = \frac{\sum_{j=1}^e t_{Nij}}{Ft_{(anual)ODi} * K_{cni} * (1 + K_{pt})^n}$$

$$O_{DPi} = \frac{100\,000 \text{ h/año}}{1\,876 \frac{\text{h}}{\text{año} - \text{obrerp}} * 1,05 * (1 + 0,04)^3} = \frac{100\,000 \text{ h/año}}{2\,215,75 \text{ h/año}}$$

$$O_{DPj} = 45,13 \text{ obreros} \approx 45 \text{ obreros directos}$$

R/ Se necesitan 45 obreros directos para cumplir con el plan de producción previsto.

10. De la empresa HOLPLAST se conoce que esta cuenta con tres 3 plantas con capacidad para procesar 950, 450 y 100 kg/h de polietileno (PEAD). Estudios de mercados realizados prevén un aumento de la demanda y para asumirla se decide crear una nueva planta de producción con capacidad para 500kg/h de materia prima. Se conoce que la relación que se proyecta entre los obreros y las máquinas es de uno a dos, o sea, que en un momento dado es necesarios un obrero puede atender dos equipos. El fondo de tiempo disponible de los equipos es de 4 800 h/año y el del obrero directo a estos de 4 224 h/año. Se laboran 2 turnos y el coeficiente de atención a las máquinas es de 1,15. Estudios realizados por ingenieros industriales en los diferentes puestos de trabajo arrojaron la siguiente información:

No	Puesto de trabajo	% del total de equipos	Cantidad de equipos por puesto de trabajo	
			Calculado	Decidido
1	Deshumidificación	17	7,31	7
2	Extrusión	23	9,89	10
3	Cabezal	14	6,02	6
4	Vasca de enfriamiento	17,4	7,48	8
5	Marcado	8,7	2,45	3
6	Corte	19,9	8,55	9

a) Determine la cantidad de obreros que se necesitan para atender los equipos.

Solución

- Puesto de trabajo: Deshumidificación

$$O_{DOK} = \frac{N_{ek} * D_k * T_k}{K_{mk}} * \left(1 + \frac{\Delta F_{t k}}{F_{t(anual)} O_{Di}} \right)$$

$$O_{DOK} = \frac{7 * 0,5 * 2}{1,15} * \left(1 + \frac{4800h/año - 4 224 h/año}{4 224 h/año} \right)$$

$$O_{DOK} = \frac{7}{1,15} * \left(1 + \frac{576 \frac{h}{año}}{4 224 \frac{h}{año}} \right) = 6,09 * (1 + 0,14) = 6,94 \approx 7 \text{ trabajadores}$$

- Puesto de trabajo: Extrusión

$$O_{DOK} = \frac{10 * 0,5 * 2}{1,15} * \left(1 + \frac{4800h/año - 4 224 \frac{h}{año}}{4 224 \frac{h}{año}} \right) = 8,69 * 1,14 = 9,90$$

$O_{DOK} \approx 10$ trabajadores

- Puesto de trabajo: Cabezal

$$O_{DOK} = \frac{6 * 0,5 * 2}{1,15} * \left(1 + \frac{4800h/año - 4 224 \frac{h}{año}}{4 224 \frac{h}{año}} \right) = 5,22 * 1,14 = 5,95$$

$O_{DOK} \approx 6$ trabajadores

- Puesto de trabajo: Vasca de enfriamiento

$$O D0k = \frac{8 * 0,5 * 2}{1,15} * \left(1 + \frac{\frac{4800h}{año} - 4 224 \frac{h}{año}}{4 224 \frac{h}{año}} \right) = 6,95 * 1,14 = 7,92$$

O D0k ≈ 8 trabajadores

- Puesto de trabajo: Marcado

$$O D0k = \frac{3 * 0,5 * 2}{1,15} * \left(1 + \frac{\frac{4800h}{año} - 4 224 \frac{h}{año}}{4 224 \frac{h}{año}} \right) = 2,60 * 1,14 = 2,96 \approx 3 \text{ trabajadores}$$

- Puesto de trabajo: Corte

$$O D0k = \frac{9 * 0,5 * 2}{1,15} * \left(1 + \frac{\frac{4800h}{año} - 4 224 \frac{h}{año}}{4 224 \frac{h}{año}} \right) = 7,83 * 1,14 = 8,92 \approx 9 \text{ trabajadores}$$

R/ Se necesitan un total de 43 obreros para la nueva planta de producción, los que se distribuyen por puesto de trabajo como se muestra:

No	Puesto de trabajo	Cantidad de trabajadores por puesto de trabajo
1	Deshumidificación	7
2	Extrusión	10
3	Cabezal	6
4	Vasca de enfriamiento	8
5	Marcado	3
6	Corte	9
	Total	43

11. El hotel Playa Pesquero ubicado en la costa norte de la provincia de Holguín y explotado por la compañía Gaviota, fue concebido desde el punto de vista arquitectónico-conceptual como una villa ecológica. Este se enmarca en un destino turístico caracterizado por sus excelentes playas. Su misión es representar la vanguardia de la hotelería cubana, tanto por la majestuosidad del hotel como la

excepcional profesionalidad y espíritu revolucionario de su gente, que lo convierte en una atractiva organización para trabajadores y clientes. Distinguida y orgullosa de la calidad y eficiencia de sus servicios. Demostrando con irrefutables resultados la factibilidad de crear grandes empresas hoteleras gestionadas en su totalidad por profesionales cubanos. La instalación opera en la modalidad “todo Incluido”, donde la calidad de los servicios que se prestan constituye la máxima prioridad. El restaurante “El Ranchón” es uno de los más grandes del hotel y posee actualmente 46 mesas, divididas en dos áreas como se muestra a continuación:

Cientes x mesa	6	4	2	Total	Total de comensales
Áreas					
Área 1	4	16	4	24	96
Área 2	3	14	5	22	84
Total de mesas	7	30	9	46	180

Para determinar la cantidad de dependientes necesarios en el mismo se analizará el horario comprendido entre las 12:00 y las 15:00 horas, que corresponden al horario de prestación del servicio de almuerzo. Este momento del día se considera como el de mayor carga de trabajo, por lo que se necesita del apoyo de otros dependientes. Se realizó un cronometraje a las distintas operaciones que realiza un dependiente por mesa y al tiempo total que demora el cliente en una mesa desde que arriba hasta que se marcha. Los resultados de esta técnica se muestran a continuación:

Operaciones por mesa	Tiempo (segundos)
1. Sirve el agua, entrega el menú, anota bebida	40.42
2. Sirve bebida y anota la comanda	68.88
3. Sirve la comanda	50.17
4. Rellena las copas	13.23
5. Anota el postre y retira los platos	33.58
6. Sirve el postre	34.62
7. Despide y retira el servicio	179.04
8. Remonta la mesa	139.65

Total (TTR/mesa)	559.59
-------------------------	---------------

Tabla: Resultado de los cronometrajes al dependiente

Tiempo	Tiempo (minutos)
Tiempo de estancia en la mesa (Cr)	56.92

Tabla: Tiempo de estancia del cliente en la mesa

a) Con esta detallada información aportada por estudios precedentes, usted como ingeniero industrial, determine la cantidad de dependientes que se necesitan durante el almuerzo en el restaurante en cuestión para contribuir a la eficiencia de este servicio.

Solución

Datos:

- El cronometraje de las operaciones indica que el tiempo de trabajo reglamentado (TTR) es de 559.59 segundos/mesa, o sea, 9.33 minutos/mesa aproximadamente.
- El tiempo que demora un cliente o varios clientes en la mesa (Cr) como promedio es de 56.92 minutos.

Con esta información se calcula la NS

$$NS = \frac{Cr}{TTR} = \frac{56.92 \text{ minutos}}{9.33 \text{ minutos/mesa}} = 6,10 \text{ mesas} \approx 6 \text{ mesas}$$

Es más factible redondear por defecto (6 mesas/dependiente), pues se tienen mejores resultados en la calidad del servicio ofertado, no se tuviera al dependiente esforzándose más de lo que puede y además cumpliría con el AJL.

La determinación de dependientes se realiza a cada área de servicio del restaurante y la JL el tiempo de la prestación del servicio (3 horas).

Área 1:

$$QT = \frac{Cm * JL}{Cr} = \frac{24 \text{ mesas} * 180 \text{ minutos}}{56.92 \text{ minutos}} = \frac{4320 \text{ minutos} - \text{mesa}}{56.92 \text{ minutos}} = 75,89 \text{ mesas}$$

$$QT \approx 80 \text{ mesas}$$

$$Cu = \frac{NS * JL}{Cr} = \frac{6 \text{ mesas} * 180 \text{ minutos}}{56.92 \text{ minutos}} = \frac{1080 \text{ minutos} - \text{mesa}}{56.92 \text{ minutos}} = 18,97 \text{ mesas}$$

$$Cu \approx 19 \text{ mesas}$$

$$Nd = \frac{QT}{Cu} = \frac{80 \text{ mesas}}{19 \text{ mesas}} = 4,2 \text{ dependientes} \approx 4 \text{ dependientes}$$

Área 2:

$$QT = \frac{Cm * JL}{Cr} = \frac{22 \text{ mesas} * 180 \text{ minutos}}{56.92 \text{ minutos}} = \frac{3960 \text{ minutos} - \text{mesa}}{56.92 \text{ minutos}} = 69,57 \text{ mesas}$$

$$QT \approx 70 \text{ mesas}$$

$$Cu = \frac{NS * JL}{Cr} = \frac{6 \text{ mesas} * 180 \text{ minutos}}{56.92 \text{ minutos}} = \frac{1080 \text{ minutos} - \text{mesa}}{56.92 \text{ minutos}} = 18,97 \text{ mesas}$$

$$Cu \approx 19 \text{ mesas}$$

$$Nd = \frac{QT}{Cu} = \frac{70 \text{ mesas}}{19 \text{ mesas}} = 3,6 \text{ dependientes} \approx 4 \text{ dependientes}$$

Para una mejor visualización de los resultados, estos se recogieron en la siguiente tabla:

Áreas	NS	QT	Cu	QT / Cu	Decisión
Área 1 (24 mesas)	6	76	19	4,2	4
Área 2 (22 mesas)	6	70	19	3,6	4

Tabla: Resultado de la cantidad de dependientes por área.

R/ Se decide la utilización de cuatro dependientes por cada área para desarrollar el almuerzo con un nivel de servicio óptimo y más eficiente para un hotel de esta categoría.

12. La empresa productora de alimentos en la provincia de Holguín realiza anualmente 1000 toneladas de galletas para el consumo de la población. Dada la creciente demanda, se ha analizado que una entidad de similar objeto social en la provincia Las Tunas, concluyó el año anterior con 1500 toneladas, empleando un área de 4008 m² para estos niveles de producción. Se prevé una utilización del área de la empresa superior al 35% incluyendo las áreas suplementarias. Análisis realizados han establecido que para el almacenamiento de las galletas es necesario un 15%, para el desarrollo de las mismas un 20% y para oficinas administrativas y técnicas un 10%, ambas proporciones del área de producción principal de la entidad. Determine el área de producción principal así como el área total a emplear que garanticen cumplir con los niveles de producción planificados.

$$At = B * K'_A (1 \pm k_f) + A_s$$

$$K'_A = \frac{A'}{B'}$$

$$K'A = \frac{4\,008\text{ m}^2}{1\,500\text{ t}} = 2,67\text{ m}^2/\text{t}$$

$$A\text{ prod principal} = 1\,500\text{ t} * 2,67\text{ m}^2(1 - 0,35) + 1\,171,3\text{ m}^2$$

$$A\text{ prod principal} = 2\,603\text{ m}^2$$

$$A\text{ suplementaria} = 15\%(2\,603) + 20\%(2\,603) + 10\%(2\,603)$$

$$A\text{ suplementaria} = (390,45 + 520,6 + 260,3)\text{ m}^2$$

$$A\text{ sup} = 1\,171,3\text{ m}^2$$

$$A\text{ total} = A\text{ prod principal} + A\text{ suplementaria} = 2\,603\text{ m}^2 + 1\,171,3\text{ m}^2$$

$$A\text{ total} = 3\,774,3\text{ m}^2$$

R/ El área total que se debe emplear es de 3 774,3 m² y de ella debe utilizarse para la producción principal 2 603 m².

13. La Fábrica de Motores Eléctricos Tauba perteneciente al Ministerio de la Industria Sideromecánica, se encuentra localizada en Fidelidad 2km al sur del municipio Cacocum en la provincia de Holguín. Fue inaugurada el 24 de julio de 1995, con tecnología y equipamiento de la República Popular China. Posee un área total de 25 530 m², estructurada de la siguiente forma: la nave de producción con 4608 m², almacenes 864m² y el edificio administrativo con 612 m². Recientemente se ha incrementado el parque de equipos del taller de Corte y Conformado hasta sumar 16 equipos y se decidió ampliar esta nave para mejorar su funcionamiento, por lo que en la misma se proyecta que se construyan otras áreas suplementarias. Se conoce que la altura de cada uno de los equipos es de aproximadamente 1 metro. Las dimensiones de los mismos (largo y ancho) así como la cantidad de cada tipo se muestran en la siguiente tabla:

Nombre de la máquina	largo	ancho	Cantidad de máquinas
Cizalla mecánica	3,7	2,9	1
Prensa mecánica J23-63	1,6	1,125	2
Ordenadores de láminas	0,25	0,25	2
Prensa mecánica J31-100	3	0,6	4
Ordenadores de láminas estator	0,125	0,125	1

Prensa mecánica J23-40	2	0,8	1
Prensa mecánica J23-16	2	0,5	1
Prensa hidráulica Y31-25	2	0,8	1
Ordenadores de láminas rotor	2	0,25	1
Cuba de lavado	1,6	1,25	1
Prensa hidráulica HJ0120-40	2,5	0,4	1
Total			16

a) Con la información ofrecida determine el área básica de este taller luego de ampliar la cantidad de equipos.

b) Determine el área total que necesita esta nueva nave si se conoce que el área suplementaria se compone de la siguiente manera:

Áreas suplementarias (m²)	
Almacén de aditamentos para prensas	95
Almacén de materias primas	36
Oficina	32,8
Baños	32,6
Pasillos	150

Solución:

a) Con la información de la tabla ofrecida se determina el área básica de cada equipo multiplicando largo x ancho y luego se multiplica por la cantidad de estos para obtener el área total que ocupa cada equipo. Los resultados se recogen en la tabla:

Nombre de la máquina	largo	ancho	Área básica	Cantidad de equipos	Total
Cizalla mecánica	3,7	2,9	10,8	1	10,8
Prensa mecánica J23-63	1,6	1,125	1,8	2	3,6
Ordenadores de láminas	0,25	0,25	0,5	2	1
Prensa mecánica J31-100	3	0,6	1,8	4	7,2
Ordenadores de láminas estator	0,125	0,125	0,5	1	0,5
Prensa mecánica J23-40	2	0,8	1,6	1	1,6

Prensa mecánica J23-16	2	0,5	1	1	1,0
Prensa hidráulica Y31-25	2	0,8	1,6	1	1,6
Ordenadores de láminas rotor	2	0,25	0,5	1	0,5
Cuba de lavado	1,6	1,25	2	1	2
Prensa hidráulica HJ0120-40	2,5	0,4	1	1	1
Total			23,1	16	30,8

R/ El área básica que ocupan los equipos es de 30,8 m².

b) Los resultado del A_{BM} y los valores de las áreas suplementarias, se sustituyen en la ecuación:

$$A_M = A_{BM} + A_0 + A_{MR} + A_H + A_A + A_T$$

$$A_M = (30,8 + 0 + 0 + 95 + 36 + 0)m^2 = 161,8 m^2$$

R/ El área del taller de corte y conformado es de 161,8 m²

Para determinar el área total de la nave se suma el área del taller más los espacios de baños, oficinas y pasillos.

$$A_{Total} = (A_M + A_{baño} + A_{oficinas} + A_{pasillos})m^2 = (161,8 + 32,8 + 32,6 + 150) m^2$$

$$A_{Total} = 377,2 m^2$$

R/ El área total de la nave que se proyecta es de 377,2 m².

Anexo 18. Modelo de la encuesta aplicada a los especialistas del tema

Estimado profesor:

La presente encuesta, tiene como propósito someter a su valoración, la propuesta presentada. Por ello, se le pide que lea con detenimiento toda la información que se expone y responda con sinceridad todas las preguntas. Evalúe en una escala de 1 a 7, siendo 1 la de menor cumplimiento y 7 la de mayor. A continuación se muestran las interrogantes objeto de análisis. Muchas gracias.

Preguntas realizadas	1	2	3	4	5	6	7
¿Los capítulos poseen los elementos estructurales que deben tener?							
¿La teoría expuesta en los capítulos es comprensible?							
¿Son suficientes los aspectos teóricos abordados en cada capítulo?							
¿Existe relación entre los capítulos y los epígrafes?							
¿Existe coherencia entre los elementos expuestos en cada epígrafe?							
¿Los ejercicios presentan el nivel de dificultad adecuado?							
¿Son suficientes los ejercicios propuestos elaborados?							
¿Los ejercicios responden a las nuevas tendencias del sector económico de la sociedad cubana?							

Agregue otras consideraciones necesarias a su juicio
