

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental



**PROPUESTA PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE UN
SISTEMA INFORMÁTICO ENFOCADO A MIPYMES**

Documento presentado en requerimiento para obtener el grado de maestría de ingeniería civil

Autor: ANDREA STEPHANIE DELGADO HOLGUIN

Director: MTRO. ARTURO MARRUFO MELÉNDEZ

Ciudad Juárez, Chih., a 18 de noviembre de 2020

Dedicatoria

A mi abuelita Lucy, a quien recuerdo con todo mi amor y cariño.

¡Qué bello sería traerte del cielo!

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la dicha de lograr una meta más en mi vida, porque a pesar de los obstáculos y mis momentos de debilidad me dio la fuerza y las herramientas para seguir adelante.

A mis padres Isela y Carlos, por ser mi mayor ejemplo a seguir, gracias porque día a día me muestran su apoyo incondicional y me animan a seguir adelante y no desistir.

A mis hermanas Ileana y Karla, quienes se han vuelto mis compañeras de vida.

A mis sobrinos Carlitos y Josecito, gracias por llegar y alegrar mi vida con sus ocurrencias.

Gracias a Dios, porque Él es bueno.

Resumen

La administración de un proyecto de construcción es un proceso que se encarga de delimitar, ordenar y coordinar la ejecución de todas las actividades involucradas en el proyecto, racionalizando el uso de los recursos, estableciendo un control sobre estos, monitoreando el presupuesto designado y el desempeño de cada área del proyecto evitando posibles conflictos en cada fase de este y disminuyendo los riesgos.

Por lo cual existen distintas herramientas y metodologías que brindan soporte a las empresas con el objetivo de facilitarles la dirección y coordinación de la ejecución de sus proyectos.

Hoy en día pueden encontrarse sistemas de cómputo especializados en la gerencia de proyectos, sin embargo, son pocos los que se encuentran en el mercado que son exclusivamente para el sector de la construcción.

Por esta razón, el objetivo principal de este proyecto presentado en este documento es la creación de un algoritmo para un software especializado en la administración de proyectos de construcción que abarque los procesos esenciales en cualquier proyecto de construcción y que sea accesible para las empresas constructoras.

Para desarrollar el algoritmo se hizo un análisis de las características de los sistemas ERP existentes; así mismo, se realizó una investigación de las áreas de una constructora que presentan mayor problema durante la ejecución de sus proyectos. Con lo anterior, se definieron los módulos que el algoritmo debería poseer, así como sus funciones.

Por medio de diagramas de flujo y la redacción del algoritmo en lenguaje natural se explican los datos de entrada para cada uno de los procesos y los resultados que se obtendrán a través de la ejecución del algoritmo; además de mostrar los vínculos de conexión entre los módulos propuestos.

Contenido

Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Alcance	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación	4
Capítulo 2. Marco teórico	6
2.1. Ciclo de vida de un proyecto	6
2.1.1. Inicio	7
2.1.2. Planeación	7
2.1.3. Ejecución	7
2.1.4. Control y monitoreo	8
2.1.5. Cierre	9
2.2. Gerencia de proyectos	9
2.2.1. Gestión del cronograma	9
2.2.2. Gestión de costos	10
2.2.3. Gestión de recursos	11
2.2.4. Gestión de adquisiciones	11
2.2.5. Gestión de riesgos	12
2.3. Micro, Pequeña y Mediana empresa (MiPyME)	15
2.4. Sistemas ERP	15
2.4.1. Antecedentes y evolución de los sistemas ERP	15
2.4.2. Definición y tipología	16
2.4.3. Características	17
2.4.4. Beneficios y desventajas	18
2.4.5. Módulos de un ERP	20
2.4.6. Mercado ERP	23
2.5. Algoritmos	25
2.5.1. Tipos y características	25
2.5.2. Partes de un algoritmo	26
2.5.3. Elementos para construir un algoritmo	26
2.5.4. Técnicas de representación	27
Capítulo 3. Metodología	32
3.1. Definición de módulos	32
3.2. Comprensión de requerimientos	33
3.3. Desarrollo del algoritmo	33

3.3.1.	Identificación del trabajo a realizar	33
3.3.2.	Arquitectura del software	34
3.3.3.	Diseño del algoritmo	34
Capítulo 4.	Resultados	35
4.1.	Definición del sistema modular	35
4.1.1.	Análisis de sistemas ERP de construcción en el mercado	35
4.1.2.	Identificación de áreas con mayor problema en las empresas constructoras	36
4.1.3.	Delimitación del sistema modular del algoritmo	38
4.2.	Arquitectura del software	42
4.2.1.	Módulo de adquisiciones	42
4.2.2.	Módulo de recursos.....	47
4.2.3.	Módulo de tiempo.....	50
4.2.4.	Módulo de costos	53
4.2.5.	Módulo de riesgos.....	60
4.3.	Desarrollo del algoritmo	63
4.3.1.	Módulo de adquisiciones	63
4.3.2.	Módulo de recursos.....	66
4.3.3.	Módulo de costos	68
4.3.4.	Módulo de tiempo.....	72
4.3.5.	Módulo de riesgos.....	74
4.4.	Superusuario	76
4.5.	Descripción de funciones del algoritmo.....	78
4.5.1.	Función para generar la solicitud de orden de compra.....	79
4.5.2.	Función para generar la solicitud de orden de trabajo	80
4.5.3.	Sistema para gestión de almacén.....	82
4.5.4.	Función para elaborar solicitud de requisición de compra	85
4.5.5.	Función para desarrollar el cronograma del proyecto	87
4.5.6.	Función para concentrado de estimaciones.....	97
4.5.7.	Función para la gestión de insumos	104
4.5.8.	Función para análisis y planificación de riesgos	105
Capítulo 5.	Conclusiones.....	109
5.1.	Conclusiones del algoritmo propuesto	109
5.2.	Trabajo a futuro: tipo de software y codificación	110
Anexo A.	Base de riesgos genéricos de un proyecto	112
Referencias	116

Índice de figuras

Figura. 1 Matriz de probabilidad e impacto (Project Management Institute, 2013).....	13
Figura. 2 Módulos operando del ERP	23
Figura. 3 Estructura para resolución de un problema informático	25
Figura. 4 fases de un algoritmo (Gallardo Ruiz & García López, S.F.)	26
Figura. 5 Símbolos del diagrama de flujo (Vazquez Gómez, 2012).....	28
Figura. 6 Estructura condicional o selectiva (Joyanes Aguilar, 2008)	30
Figura. 7 Diagrama de metodología general.	32
Figura. 8 Estructura de desglose de los módulos propuestos en el algoritmo de software.....	40
Figura. 9 Definición de los datos de entrada y salida de la logística de suministros	43
Figura. 10 Delimitación de los datos de entrada y salida del proceso de subcontratación.....	46
Figura. 11 Identificación de los datos de entrada y salida para la gestión de recursos.....	48
Figura. 12 Delimitación de los datos de entrada y salida para el cronograma de Proyecto.....	51
Figura. 13 Identificación de las entradas y salidas para la gestión de insumos.....	55
Figura. 14 Definición de los datos de entrada y salida de la gestión de estimaciones.....	58
Figura. 15 Identificación de las entradas y salidas para el proceso de registro de riesgos	61
Figura. 16 Diagrama general del módulo de adquisiciones.....	64
Figura. 17 Diagrama general del módulo de recursos	67
Figura. 18 Diagrama general del módulo de costos	70
Figura. 19 Diagrama general del módulo de tiempo	73
Figura. 20 Diagrama general del módulo de riesgos	75
Figura. 21 Tareas principales del superusuario del software	77
Figura. 22 Formato de solicitud de orden de compra	79
Figura. 23 Formato para elaborar solicitud de orden de trabajo	81
Figura. 24 Formato para captura de insumos.....	83
Figura. 25 Formato para captura de salida de insumos.....	84
Figura. 26 Diseño del sistema para control y manejo de almacén	84
Figura. 27 Reporte general del manejo de insumos	85
Figura. 28 Formato para requisición de compra	86
Figura. 29 Formato para captura de datos del cronograma	88
Figura. 30 Formato para cronograma, diagrama de Gantt y ruta crítica.....	90
Figura. 31 Diseño para calendario de hitos	92
Figura. 32 Calendario para utilización de recursos.....	94
Figura. 33 Calendario para entrega de las adquisiciones	96
Figura. 34 Diseño para concentrado de estimaciones.....	98
Figura. 35 Resumen concentrado de estimaciones	101
Figura. 36 Sistema para análisis de índices SPI y CPI	103
Figura. 37 Sistema para control y monitoreo de costo de insumos	105
Figura. 38 Formato para análisis cualitativo de riesgos.....	106
Figura. 39 Formato para análisis cuantitativo	107
Figura. 40 Formato para planificación de respuesta	108

Índice de tablas

Tabla 1 Módulos de sistemas ERP	5
Tabla 2 Clasificación de empresas en México (Secretaría de Economía de México, 2012).....	15
Tabla 3 Beneficios e inconvenientes de los sistemas ERP	19
Tabla 4 Representación gráfica de N-S de un algoritmo	29
Tabla 5 Análisis de módulos de paquetes de computación.....	35
Tabla 6 Problemas en las empresas constructoras según el estudio de benchmarking (Oldenburg Basgal, 2008)	37
Tabla 7 Definición de accesos entre módulos	77

Capítulo 1. Introducción

En este primer capítulo se presentan los objetivos a alcanzar mediante el desarrollo de este proyecto, los motivos que le dieron vida, al igual que la determinación de su alcance. También se incluye una breve revisión de los antecedentes que servirán de guía para el desarrollo del proyecto.

1.1. Antecedentes

En el pasado, la administración de un proyecto sin importar la índole del mismo implicaba el uso de pizarras, generación de documentos y un sinfín de papelería archivada con toda la información concerniente al proyecto. Conforme han transcurrido los años, la tecnología ha permitido la evolución de metodologías para las cuestiones administrativas de los proyectos.

Desde la década de 1990, hasta comienzos del siglo XXI, se ha ido adoptando el uso de sistemas de planificación de recursos empresariales mejor conocidos por sus siglas en inglés como “ERP” (*Enterprise Resource Planning*), los cuales hacen referencia a un paquete de software y/o plataformas que utilizan las empresas para administrar las actividades de sus proyectos o negocios.

Los paquetes de computación de gestión de proyectos son herramientas que facilitan la planeación y administración de un proyecto, los cuales se caracterizan por poseer funciones para el control y manejo del presupuesto, programación y seguimiento de actividades, asignación de recursos, parámetros de calidad, entre otras tareas. Por lo que se puede decir que son ideales para manipular la complejidad que conlleva un proyecto.

La rama de la construcción se ha visto beneficiada por el desarrollo de este tipo de software, aunque no son muchas en comparación con plataformas diseñadas para la rama industrial. Pese a ello, las empresas constructoras buscan la implementación de este tipo de programas que les permiten ver todo lo relacionado a sus proyectos de construcción de forma virtual.

Enkontrol es un software especializado para la rama de la construcción que se desarrolló hace más de 34 años, el cual integra y controla todas las áreas de operación y procesos clave involucrados en cualquier proyecto de construcción. Se encuentra dividido en 34 módulos que permiten la generación de presupuestos, programas de obra, control de compras, estimaciones, almacenes entre otros.

Por otra parte, se encuentra *Procore*, es un software basado en la nube que es experto en la gerencia de proyectos con una amplia gama de herramientas informáticas para gestionar cualquier tipo de proyecto de construcción con el propósito de aumentar la eficiencia y rendición de cuentas de este, así como simplificar y facilitar los procesos administrativos del proyecto obteniendo información veraz y accesible en tiempo real.

La consultora tecnológica especializada en software en compañía de otras empresas de promotores y constructores desarrollaron *Quobuilding* software que al igual que *Procore* y *Enkontrol* está enfocado en el sector de la construcción. Esta plataforma permite gestionar y controlar todas las áreas funcionales en los proyectos (presupuestos, compras, asignación de recursos, etc.) por medio

de herramientas de seguimiento y control de los procesos involucrados en este, mostrando una visión global y en tiempo real del proyecto.

Por último, SAP (*Sistemas, Aplicaciones y Productos para el Procesamiento de Datos*), es considerado el software ERP líder de gestión empresarial creado por una empresa alemana. Este programa permite planificar y administrar los recursos de todas las áreas de una empresa (humanos, finanzas, logísticos, mercado, materiales etc.) por lo que está comprendido por un sistema modulado que brinda soporte para cada una de estas áreas, las cuales interactúan entre sí.

En este software se cargan todos los datos del proyecto para que estos sean procesados por el sistema y así producir información útil y en tiempo real para facilitar la toma de decisiones del equipo de trabajo.

Como se mencionó, SAP es un sistema bastante popular entre las empresas y el que tiene mayor demanda, sin embargo, este software está pensado para empresas multinacionales.

1.2. Planteamiento del problema

Una forma eficaz para solucionar las insuficiencias administrativas de una obra civil puede ser a través de la implementación de un sistema o software ERP, sin embargo, este tipo de aplicaciones representan una fuerte inversión para las empresas pues un estudio realizado por una consultora empresarial de América Latina determinó que la instalación y mantenimiento de dos años de un sistema ERP para pequeñas y medianas empresas varía de los 50 mil a 100 mil dólares aproximadamente. Es un costo elevado por lo que no todas las empresas constructoras cuentan con el capital necesario para invertir en una plataforma de este tipo.

De acuerdo con la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) y la Encuesta Nacional de Empresas Constructoras (ENEC) base 2013, se estimó que en México existen 17 063 empresas constructoras, de las cuales el 47.46 % son microempresas; 4 de cada 10 son empresas pequeñas; el 11.66 % son medianas empresas constructoras y las grandes empresas constructoras representan el 1.59% restante. (CMIC, 2016)

Según la secretaria de economía de México las microempresas son aquellos establecimientos que cuentan con menos de 10 empleados y que generan anualmente ventas por debajo de los 4 millones de pesos; las pequeñas empresas poseen un rango entre 11 y 30 trabajadores y generan ventas anuales superiores a los 4 millones de pesos hasta los 100 millones de pesos; por otra parte, las empresas medianas son los negocios que tienen desde 31 hasta 100 trabajadores, y generan anualmente ventas que van desde los 100 millones de pesos hasta los 250 millones de pesos. (Secretaría de Economía de México, 2012)

Con base a los datos arrojados por la CMIC la mayoría de las empresas constructoras mexicanas son catalogadas como micro empresas, las cuales perciben ingresos por debajo de los 4 millones de pesos; anteriormente se mencionó que los costos por instalación y mantenimiento de los sistemas ERP son de 50 mil a 100 mil dólares lo que equivale a un millón a dos millones de pesos según el tipo de cambio, por lo que la implementación y/o uso de este tipo de software podría costarles la mitad de sus ingresos, sabiendo que este no es el único gasto que una empresa conlleva

es por ello que se podría asumir que difícilmente una microempresa estaría dispuesta a invertir en plataformas de este tipo.

Es por ello por lo que este proyecto se enfoca principalmente en las microempresas, sin embargo, también dentro de él se consideran la pequeña y mediana que son las siguientes con mayor demanda en el país. Por lo que se propone desarrollar un algoritmo para la creación de un software que pueda ser empleado por las empresas mexicanas para la administración y control de sus proyectos de construcción, el cual contendrá características y funciones similares a las de los sistemas ERP.

1.2.1. Alcance

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un algoritmo que muestre sistemáticamente las entradas, procesos y salidas de datos que debe contener un sistema informático especializado para la administración de proyectos de construcción para que en un futuro este pueda ser perfeccionado y codificado mediante un lenguaje de programación.

Las funciones que el software deberá cumplir serán determinadas de acuerdo con los principales procesos que intervienen en la gestión de adquisiciones de un proyecto, (contratos, ordenes de trabajo, manejo de insumos, control de gastos etc.) es decir, el área de procuración.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un algoritmo guía para el desarrollo de una plataforma informática que facilite el control y seguimiento de un proyecto de construcción a través de un lenguaje de programación.

El propósito de la creación de este algoritmo es que, una vez desarrollado el software, aquellas empresas constructoras que no tienen la accesibilidad de adquirir un sistema ERP para el control y seguimiento de sus proyectos puedan verse beneficiadas al emplearlo en sus respectivos proyectos.

1.3.2. Objetivos específicos

Se establece una serie de objetivos específicos.

- Realizar una EDT donde se muestren de forma gráfica las áreas administrativas que la plataforma contemplará
- Investigar los requisitos que cada uno de los módulos debe poseer de acuerdo con la gerencia de proyectos
- Establecer la arquitectura que el software tendrá mediante el desarrollo de un algoritmo expresado en lenguaje natural con las entradas, salidas y procesamiento de datos y/o información para la administración de proyectos de construcción

1.4. Justificación

La gestión de proyectos de construcción implica acarrear una serie de riesgos y circunstancias que podrían afectar el ciclo de vida de un proyecto, como grandes retrasos, inflación en el presupuesto, consumiendo y gastando innecesariamente los recursos provistos.

En muchas ocasiones este tipo de situaciones son motivadas porque los gerentes del proyecto no invierten en recursos y tiempo suficiente para efectuar una programación que realmente muestre la lógica del desarrollo del proyecto.

El no tener un control y seguimiento eficaz sobre la ejecución del proyecto impide detectar las desviaciones que este pudiera presentar con respecto a los objetivos, por lo que al no contar con la información real en tiempo sobre los descarríos del proyecto puede generar dilatación en la toma de decisiones, de tal modo que las consecuencias negativas de este retraso se multiplican haciendo que los problemas se agraven por lo que es más difícil solucionarlos y se invierten más recursos, más tiempo, más dinero y se hace un mayor esfuerzo.

Si bien, este tipo de problemas son resultado de una planeación deficiente que carece de organización, control y un plan de trabajo que muestre detalladamente la ejecución de un proyecto. En la actualidad, existen distintas herramientas y metodologías que contribuyen a la administración de cualquier proyecto.

Gracias a la tecnología también existen aplicaciones que brindan soporte en la gestión de proyectos como los sistemas ERP mencionados anteriormente, sin embargo, el inconveniente de este tipo de sistemas es que, ofrecen un producto apto para grandes empresas, sin brindar la posibilidad de incorporar herramientas informáticas en las Pymes, debido a que el software suele ser complejo sin posibilidades de reducir sus capacidades de acuerdo con las necesidades de cada organización. (Finazzi, 2013) además de que el costo de estos es muy elevado por lo que no está al alcance de todas las empresas constructoras.

En la Tabla 1, se muestran los principales módulos que poseen los sistemas ERP: SAP y ENKONTROL, con base en ellos se propone los módulos que el algoritmo del programa de software pudiese tener con el propósito de satisfacer las necesidades de administración de un proyecto.

Tabla 1 Módulos de sistemas ERP

Módulos SAP	Módulos ENKONTROL	Propuesta de módulos
Inventario y almacén	Inventarios	Inventario y almacén
Cadena de producción	Programa de obra	Análisis de programa de obra
Cadena de suministro	Compras	Procuración
Finanzas y contabilidad	Contabilidad	Contabilidad y costos
Comercial y ventas	Elaboración de P.U.	Análisis de riesgos
Calidad	Nómina y lista de raya	
Recursos humanos		

Como se puede observar los módulos propuestos son: inventario y almacén, análisis de programa de obra, área de procuración, contabilidad que son módulos que los ERP SAP y ENKONTROL poseen, puesto que satisfacen las necesidades básicas de un proyecto, sin embargo, mediante el análisis de las funciones de dichos sistemas, se percató de que no cubren el área de riesgos dentro de un proyecto, ya que la mayoría utiliza un programa alterno para evaluarlos.

El propósito de un sistema ERP es integrar todos los procesos y departamentos involucrados en una empresa para el desarrollo de un proyecto en un mismo sistema o plataforma para facilitar su gestión, sin embargo, podría asumirse que al final de cuentas se utilizan dos programas: su sistema ERP de conveniencia y el programa evaluador de riesgos. Por tal motivo dentro de los módulos sugeridos para el algoritmo también se incluirá un módulo para el análisis y evaluación de riesgos.

Capítulo 2. Marco teórico

En este capítulo se muestra minuciosamente el desglose de los temas relevantes y de gran importancia que son considerados como la guía y/o base en el desarrollo del proyecto.

La información que se presenta está relacionada con la administración de proyectos, por lo que se hace una descripción detallada de los elementos que componen un proyecto, su gestión, sus respectivas fases, además de las áreas de conocimiento que influyen en cada uno de sus procesos.

Si bien, los procesos de planeación y administración de un proyecto son consideradas las actividades más importantes, ya que de estas depende totalmente el éxito del proyecto, por tal motivo dentro del capítulo también se abordan herramientas y metodologías para determinar las entradas, salidas y procesos de datos para el desarrollo del algoritmo que faciliten la gestión de proyectos.

2.1. Ciclo de vida de un proyecto

Se entiende por proyecto como el trabajo con un periodo de tiempo definido que se lleva a cabo para concebir un producto, servicio o resultado único. El que esté delimitado por un rango de tiempo implica el hecho de que posee un inicio y final establecido.

Todos los proyectos de construcción tienen trazados una serie de objetivos que perseguir para su ejecución, los cuales comprenden básicamente en los siguientes tres puntos:

- Alcanzar el resultado final.

Como todo proyecto el objetivo primordial y el más significativo es obtener el resultado final del proyecto, es decir, la realización de la obra de construcción de forma satisfactoria, sin embargo, no es solo conseguir la finalización del proyecto de construcción por sí solo, sino que además es necesario concluir el proyecto dentro del periodo de tiempo establecido y de acuerdo con el presupuesto y los recursos financieros designados para este.

- Rentabilidad económica

El uso de recursos financieros es una actividad necesaria a la hora de administrar y ejecutar un proyecto de construcción, por lo que siempre se debe tener en cuenta con qué recursos económicos se cuenta y sobre todo tratar de buscar un costo económico equilibrado para el desarrollo del proyecto, por lo que es tarea indispensable del equipo de trabajo estar monitoreando y darle seguimiento al presupuesto y/o a la salud financiera del proyecto.

- Concluir dentro del plazo establecido

Como ya se mencionó anteriormente, todos los proyectos disponen de un periodo de tiempo establecido para su realización, por lo que el cumplimiento de los plazos es una tarea a la cual se le debe prestar mucha atención ya que es muy común que durante la ejecución del proyecto se presenten ciertas situaciones o circunstancias que generen desviaciones sobre el tiempo

preestablecido. Para esto, es importante la planeación del tiempo a través de la elaboración de un cronograma donde se muestre detalladamente el periodo de tiempo asignado para el cumplimiento de cada actividad y dar un continuo seguimiento del tiempo durante el desarrollo del proyecto (Iñigo & Iosune, 2010).

Todos los proyectos se desarrollan mediante una serie de fases o etapas comúnmente secuenciales y que se relacionan entre sí para constituir lo que se conoce como ciclo de vida del proyecto, el cual sirve como marco de referencia para su administración.

Es la naturaleza, complejidad, características y circunstancias quienes determinan el número de etapas en las que se dividirá el proyecto, sin embargo, de acuerdo con el PMBOK en su sexta edición, las fases que conforman el ciclo de vida de un proyecto son: inicio, planeación, control y monitoreo, ejecución y cierre (PMI, 2017).

2.1.1. Inicio

En esta primera etapa es donde se da la concepción de la idea que da origen al proyecto o a alguna fase del proyecto y donde se autoriza su ejecución. Una vez autorizado, se define el alcance inicial que tendrá el proyecto y sus requerimientos, dejando en claro los objetivos a cumplir. Es por esto que podría decirse que el principal propósito de la fase de inicio es identificar y ordenar las expectativas de los interesados en el proyecto, analizar su participación dentro de este y las estrategias necesarias para asegurar el cumplimiento de sus expectativas.

Por otra parte, también se asignan los recursos financieros iniciales, es decir, el presupuesto inicial y su duración. Además, en esta etapa también se nombra el director de proyecto y se delimita el nivel de influencia de los interesados ya sea internos o externos que participarán en el desarrollo global del proyecto. Con dicha información se procede a realizar el acta constitutiva del proyecto (Ameijide García, 2016).

El proceso de inicio permite tener una visión clara de lo que se necesita realizar para llevar a cabo el proyecto y garantizar su éxito.

2.1.2. Planeación

La planificación es la etapa o fase del proyecto en el que se define el alcance total que este tendrá y si es factible o no realizarlo. Por lo que en este proceso se debe desarrollar detalladamente el plan o la ruta de acción con tácticas y estrategias que permitan lograr el cumplimiento de los objetivos establecidos. Dentro de dicho plan también se recopilan todos los documentos y la información requerida del proyecto para poder ejecutarlo.

Se debe tomar en cuenta que a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto ocurren cambios dentro de este ya que conforme este se va desarrollando se va comprendiendo y obteniendo más información del proyecto, por tal motivo se debe considerar una planeación adicional que vaya contemplando dichos cambios (Añorve Castellanos & Téllez Hernández , 2016).

2.1.3. Ejecución

Este proceso es donde se requiere mayor actividad por parte del director pues en esta etapa él es responsable de poner en marcha el plan del proyecto, cumpliendo con todos los procesos y especificaciones (Gómez Fuentes, Cervantes Ojeda, & González Pérez, 2012).

La fase de ejecución implica:

- Coordinar y dirigir al personal
- Constante comunicación con el cliente, proveedores y demás externos, con el fin de satisfacer sus respectivas necesidades
- Resolver conflictos
- Asegurar los recursos necesarios (dinero, personal, equipo y tiempo)

Durante la ejecución del proyecto de acuerdo con los resultados obtenidos se puede llegar a requerir la actualización de la planeación. (Añorve Castellanos & Téllez Hernández , 2016). Por lo que el monitoreo y el seguimiento a las actividades son piezas clave durante esta etapa, ya que esto permite medir el desempeño de los procesos y compararlo de acuerdo con lo planeado lo cual sirve como un método de retroalimentación durante esta fase.

2.1.4. Control y monitoreo

El control y monitoreo se efectúan a lo largo de toda la administración del proyecto. Estas actividades proporcionan conocimiento sobre la salud del proyecto a todos los involucrados en él y permite identificar las actividades que requieren de mayor enfoque.

Para poder llevar a cabo un proyecto con calidad se debe de tomar medidas preventivas para no perder el enfoque, en eso consiste llevar un control de seguimiento durante el tiempo que abarque el proyecto.

Existen tres pasos que llevaran al éxito del proyecto:

- Medir
- Evaluar
- Corregir

La primera es medir, que consiste en comparar lo que ya se tiene programado contra lo real, es decir, lo que está sucediendo en el proyecto. La segunda es evaluar, aquí se podrá determinar las causas de las desviaciones que llegará a tener el proyecto y por último está el corregir, este punto será importante para tomar acciones correctivas en caso de que algo no esté saliendo como estuvo planeado. Es muy importante que el proyecto este monitoreado desde el inicio hasta el final.

Para poder identificar cualquier problema que surja es necesario que se realicen reportes con regularidad, ya que a través de ellos será posible detectar las discrepancias entre el lugar donde está el proyecto y el lugar donde el plan dice que debe estar; siempre habrá discrepancias ya que no se puede predecir con exactitud la secuencia de la ejecución del proyecto.

La revisión del proyecto está ligada a la administración. Cuando se realiza dicha revisión se pueden encontrar cinco componentes básicos que son afectados por los cambios:

- Las metas y/o especificaciones del proyecto
- El personal que trabaja en el proyecto
- El presupuesto asignado
- Los recursos materiales y técnicos disponibles para el proyecto
- El tiempo disponible para la entrega del proyecto

Cualquier cambio que aparezca afectará a uno o más componentes así que se debe mantener los cambios bajo control y establecer el impacto de estos en una actualización del plan original.

2.1.5. Cierre

El proceso de cierre está conformado por la realización de todas las actividades con el fin de completar formalmente el proyecto. Para poder finalizar el proyecto es necesario que se evalúen y analicen habilidades de administración, técnicas y procedimientos utilizados.

Todos los proyectos requieren de un proceso de cierre y dentro de este se deben realizar las siguientes acciones, ya que un buen cierre de proyecto siempre causa satisfacción a los ejecutores tanto como a los clientes.

- Obtener la aceptación del cliente o del patrocinador
- Registrar los impactos de la adaptación a un proceso
- Validación de los objetivos del proyecto
- Análisis de las desviaciones ocurridas durante el desarrollo del proyecto, así como el registro de las lecciones aprendidas
- Realizar un resumen financiero donde se muestre detalladamente los gastos realizados durante el proyecto de forma justificada
- Redactar un informe final donde se describa todo lo sucedido dentro del proyecto con el propósito de contar con dicha información para la ejecución de futuros proyectos (Iñigo & Iosune, 2010)

2.2. Gerencia de proyectos

La gerencia de proyectos de acuerdo con el PMI es la aplicación de herramientas, conocimientos y técnicas en las actividades del proyecto, con el propósito de atender sus necesidades.

En los proyectos de construcción se realizan un sinnúmero de actividades durante la etapa de ejecución de este, donde la diversidad y complejidad que sobrelleva realizar cada una de ellas conlleva a generar una serie de conflictos entre los diferentes factores involucrados en el desarrollo del proyecto, además de mencionar que en cada una de ellas se cuenta con la participación de un número creciente de contratistas para el cumplimiento de sus respectivos compromisos, por lo cual señala la necesidad de instaurar un modelo gerencial que coordine y gestione las etapas y/o las distintas actividades del proyecto con el fin de garantizar la finalización oportuna del proyecto dentro de las especificaciones del costo, calidad y alcance. (Moreno, 2016)

Dentro de la gerencia de proyectos se desarrollan un conjunto de conocimientos técnicos, el PMBOK maneja nueve áreas de conocimiento necesarias para la gestión y el perfecto desarrollo de un proyecto, sin embargo, en esta sección se hará una breve descripción solo de las áreas necesarias para el proyecto.

2.2.1. Gestión del cronograma

La gestión del tiempo incluye todos los procesos necesarios para ejecutar y completar el proyecto de acuerdo con el tiempo planeado, ya que la estimación de tiempos y duraciones es una tarea fundamental para la elaboración de los programas de trabajo y de sus respectivas responsabilidades.

Según el PMI la descripción general de los procesos de la gestión del tiempo de un proyecto es la siguiente:

- **Planificar la gestión del cronograma:** En esta primera etapa se determinan las políticas, procedimientos y los documentos necesarios que permitan planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto. Su objetivo es servir como guía y dirección para mostrar cómo se gestionará el cronograma del proyecto a lo largo de este.
- **Definir las actividades:** Proceso donde se identifican y documentan todas las acciones que se deben llevar a cabo para cumplir satisfactoriamente con los entregables del proyecto. Esto se realiza a través del desglose de los paquetes de trabajo de las actividades para estimar, programar, ejecutar y controlar el trabajo del proyecto.
- **Secuenciar las actividades:** Una vez identificadas todas las actividades que se deben ejecutar, se comienza a establecer las relaciones existentes entre dichas actividades con una secuencia lógica teniendo en cuenta las restricciones y así obtener la máxima eficiencia en el proyecto.
- **Estimar los recursos de las actividades:** Proceso fundamental donde se estima el tipo y las cantidades de materiales, equipos, suministros e incluso recursos humanos para realizar cada una de las actividades del proyecto.
- **Estimar la duración de las actividades:** Consiste en determinar el periodo de tiempo de trabajo necesario para completar cada una de las actividades con sus respectivos recursos estimados.
- **Desarrollar el cronograma:** Proceso de analizar las secuencias de actividades, su duración, recursos y sus restricciones del cronograma para crear el modelo de programación que regirá al proyecto.
- **Controlar el cronograma:** El último proceso y quizá uno de los más importantes pues es donde se monitorea y vigila el estado de las actividades del proyecto para conocer su avance y gestionar los cambios necesarios a la línea base del cronograma con el propósito de cumplir con el plan. (PMI, 2017)

2.2.2. Gestión de costos

La administración de costos contempla todas las actividades requeridas para la planeación, estimación, financiamiento y control de costos con el propósito de completar el proyecto de acuerdo con el presupuesto designado.

La gestión de costos se encarga principalmente del costo de los recursos necesarios para realizar las actividades del proyecto, sin embargo, es indispensable tener en consideración los requisitos de los interesados al gestionar los costos.

A continuación, se enlistarán los procesos que intervienen en la gestión de costos de un proyecto:

- **Planeación de la gestión de costos:** Se establecen las políticas, procedimientos y documentos necesarios para planear, administrar, ejecutar y controlar el gasto del proyecto
- **Estimación de costos:** Consiste en determinar una cantidad aproximada de recursos financieros necesarios para realizar cada una de las actividades del proyecto

- **Determinar el presupuesto:** Se realiza la sumatoria de todos los costos estimados de las actividades para establecer una línea base de costo autorizada
- **Controlar los costos:** Implica el monitoreo de la salud del proyecto con el fin de estar al pendiente de los costos de este y administrar posibles cambios a la línea base de costo (PMI, 2017)

Sin embargo, desde otra perspectiva la gestión de costos no sólo se encarga de controlar los gastos del proyecto de forma que éstos no se excedan del presupuesto asignado, sino que también debe administrar los ingresos con el fin de disminuir las necesidades de financiamiento e incrementar el capital disponible.

2.2.3. Gestión de recursos

Administrar los recursos es el proceso de definir cómo se estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo. El propósito de la gestión de recursos es asegurar que los recursos asignados estén disponibles para el proyecto en el momento adecuado y en el lugar adecuado y que sean liberados cuando ya no se necesiten. (PMI, 2017)

De acuerdo con el PMI controlar los recursos tiene que ver con:

- Monitorear los consumos de recursos
- Identificar y hacer frente a la escasez/superávit de recursos oportunamente
- Garantizar que los recursos sean utilizados y liberados de acuerdo con el plan y a las necesidades del proyecto
- Informar a los interesados pertinentes si surgen problemas con los recursos relevantes
- Influir en los factores que pueden originar cambios en la utilización de los recursos
- Gestionar los cambios aprobados conforme se producen

La estimación de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, en este proceso se realiza la cuantificación de los recursos del equipo, el tipo y las cantidades de materiales, equipamiento y suministros necesarios. El principal beneficio es que se identifica el tipo, cantidad y características de los recursos necesarios para completar el proyecto.

Los recursos deben ser controlados y monitoreados de forma continua en todas las fases del proyecto y durante todo el ciclo de vida de este (PMI, 2017).

2.2.4. Gestión de adquisiciones

Conocido como el área de procuración, es el proceso de identificar los productos, servicios o resultados necesarios para la ejecución del proyecto los cuales pueden ser obtenidos de mejor manera por fuentes u organizaciones externas al equipo del proyecto. Es decir, consiste en decretar y concretar los recursos necesarios para alcanzar los objetivos establecidos y definir su procedimiento de renta o compra según sea el caso.

Dentro de esta etapa del proyecto se incluye la gestión de contratos y el control de cambios requeridos para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra emitidas por miembros autorizados del equipo del proyecto.

Es responsabilidad del equipo del proyecto asegurar que todas las compras y/o adquisiciones satisfagan las necesidades del proyecto y que su vez se respeten todas las políticas y procedimientos en materia de adquisiciones de acuerdo con su área de aplicación (Project Management Institute, 2013).

Según el PMI la gestión de adquisiciones está constituida por los siguientes procesos:

- **Planificar la gestión de adquisiciones:** consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, detallando la forma de hacerlo y analizando a los posibles proveedores
- **Efectuar las adquisiciones:** una vez obtenida respuesta por los proveedores se procede a seleccionar al más conveniente para realizar un contrato
- **Controlar las adquisiciones:** Es el proceso de administrar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos y realizar correcciones o cambios según sea necesario
- **Cierre de adquisiciones:** consiste en completar o terminar cualquier adquisición del proyecto

Realizar una correcta planeación de las adquisiciones del proyecto permite obtener una efectiva y apropiada oferta, selección de vendedor, adjudicación del contrato y cierre de la adjudicación con éxito (Labandeira, 2012). Dentro del proceso de planificar la gestión de adquisiciones pueden influir considerablemente los requisitos del cronograma del proyecto, ya que las decisiones tomadas durante este proceso forman parte del desarrollo del cronograma, estimar los recursos y el análisis de hacer o comprar y su tiempo de espera.

2.2.5. Gestión de riesgos

El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas, y de materializarse, uno o más impactos.

Las organizaciones perciben el riesgo como el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos del proyecto y de la organización. Las organizaciones y los interesados están dispuestos a aceptar diferentes niveles de riesgo, en función de su actitud frente al riesgo. Las actitudes frente al riesgo de la organización y de los interesados pueden verse afectadas por una serie de factores, los cuales se clasifican para grandes rasgos en tres categorías:

- **Apetito de riesgo:** Es el grado de incertidumbre que una entidad está dispuesta a aceptar, con miras a una recompensa
- **Tolerancia al riesgo:** Es el grado, cantidad o volumen de riesgo que podrá resistir una organización o individuo
- **Umbral de riesgo:** Se refiere a la medida del nivel de incertidumbre o el nivel de impacto en el que un interesado pueda tener particular interés. Por debajo de ese umbral de riesgo, la organización aceptara el riesgo. Por encima de ese umbral de riesgo, la organización no tolerará el riesgo

La gestión de los riesgos incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitorización y control en un proyecto.

La matriz de probabilidad e impacto permite priorizar y clasificar los riesgos en cada uno de sus objetivos (alcance, tiempo, costos, etc.) mediante un análisis cuantitativo que permite elaborar un plan de respuesta para cada riesgo. En dicha matriz se establecen las combinaciones de probabilidad e impacto de cada riesgo y su calificación.

En la Figura. 1 se muestra una matriz de probabilidad e impacto en escala de grises donde el área gris oscuro (cifras más altas) representa un riesgo alto, el área gris intermedio representa un riesgo bajo, y, por último, el área gris claro representa un riesgo moderado.

Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05/ Muy Bajo	0,10/ Bajo	0,20/ Moderado	0,40/ Alto	0,80/ Muy Alto	0,80/ Muy Alto	0,40/ Alto	0,20/ Moderado	0,10/ Bajo	0,05/ Muy Bajo

Figura. 1 Matriz de probabilidad e impacto (Project Management Institute, 2013)

Cada organización determina las combinaciones de probabilidad e impacto que dan lugar a una clasificación de riesgo alto, moderado o bajo. La calificación de los riesgos permite definir respuestas para los mismos. Por ejemplo, los riesgos que se encuentran en la zona de gris oscuro son aquellos que tienen un impacto negativo sobre los objetivos por lo tanto son conocidos como amenazas por lo cual pueden requerir prioridad en atender y estrategias de respuesta agresivas. Por otro lado, las oportunidades que se encuentran en la zona de riesgo gris oscuro son aquellas que se pueden aprovechar y obtener con mayor facilidad pues podrían proporcionar mayores beneficios (PMI, 2017).

A continuación, se muestran los procesos que intervienen en la gestión de riesgos:

- **Planificar la gestión de riesgos:** Es el proceso por el cual se define como realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto
- **Identificar los riesgos:** Se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características
- **Realizar análisis cualitativo de riesgos:** Consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos

- **Realizar el análisis cuantitativo de riesgos:** Consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto
- **Monitorizar y controlar los riesgos:** Se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto (PMI, 2017)

2.3. Micro, Pequeña y Mediana empresa (MiPyME)

Las micro, pequeñas y medianas empresas constituyen el 99% del tejido industrial por lo que pueden ser consideradas como el principal motor de la economía mexicana ya que generan el 72% del empleo y 52% del Producto Interno Bruto (PIB) del país (CONDUSEF, 2019).

Los lineamientos para clasificar a las empresas pueden variar según el país. En México, la Secretaría de Economía es quien se encarga de establecer los criterios de categorización, así como el marco normativo y regulatorio de las MIPYMES de forma oficial.

La clasificación se establece de acuerdo con dos parámetros: el *tamaño de la empresa*, es decir, la cantidad de empleados que la empresa posee, así como el *total de ventas*, ingresos y/o activos fijos al año como un criterio complementario (Góngora Pérez, 2013).

En la Tabla 2 se muestra la clasificación de las empresas establecida por la Secretaría de Economía según su estrato

Tabla 2 Clasificación de empresas en México (Secretaría de Economía de México, 2012)

Estrato						
Micro		Pequeña			Mediana	
Sector	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)
Industria	De 0 a 10	Hasta 4	De 11 a 50	4.01 hasta 100	De 51 a 100	100.1 hasta 250
Comercio	De 0 a 10	Hasta 4	De 11 a 30	4.01 hasta 100	De 31 a 100	100.1 hasta 250
Servicios	De 0 a 10	Hasta 4	De 11 a 30	4.01 hasta 100	De 31 a 100	100.1 hasta 250

Cabe resaltar que las MIPYMES constructoras se pueden considerar dentro del sector industrial.

2.4. Sistemas ERP

2.4.1. Antecedentes y evolución de los sistemas ERP

Los sistemas ERP son considerados como el producto de la evolución de los sistemas de planificación de los requerimientos de material o mejor conocidos por sus siglas en inglés como los sistemas MRP (Manufacturing Resources Planning) que, a su vez, son el resultado de la evolución de otros métodos de gestión de materiales, de las empresas y de las tecnologías de la información a lo largo de la segunda mitad del siglo XX (Rico Peña, 2004).

Al final de la década de los 50's surgieron los sistemas MRP en un entorno empresarial, por el interés de las empresas en predecir la demanda y estimar las cantidades de materiales necesarias para la producción (Sotoca Sánchez, 2013). Los sistemas MRP introdujeron herramientas de reportes de producción digitalizados, que se podían utilizar para evaluar la factibilidad de la agenda maestra contra la demanda de los materiales proyectada.

Posteriormente, a mediados de los años 70's los sistemas MRP fueron gradualmente reemplazados por su segunda versión, es decir, los sistemas MRP II los cuales hacían posible la integración de los requerimientos de materiales y capacidad de producción y las limitantes en el cálculo de todas las capacidades de producción (Finazzi, 2013).

A principios de los años 90's, los sistemas MRP-II se fueron ampliando aún más para abarcar áreas como: ingeniería, finanzas, recursos humanos, gestión de proyectos, etc. o sea, integraban por completo las funciones desarrolladas dentro de una empresa, sin embargo, dichas áreas no eran abarcadas u operadas adecuadamente por lo que provocaba problemas internos dentro de las compañías.

A finales de los 90's, debido al incremento de los niveles de competitividad global, los cambios en el mercado y los avances tecnológicos surgieron los sistemas ERP. Aunque cabe resaltar que la introducción de los sistemas MRP mejoraron en gran manera el grado de integración de las funciones de producción en las empresas de ese entonces.

Las características del ambiente en el que se desarrollaron los ERP fueron el aumento de la competitividad empresarial, la rapidez del cambio tecnológico, la reducción de los productos y la importancia creciente de los medios de comunicación a causa de la globalización de los mercados hizo aumentar el interés por los ERP como la principal fuente de coordinación y ordenación de las diferentes unidades organizativas en la dirección de proyectos (Sierra Molina, Escobar Pérez, Gago, Navarro Casbas, & Rocha Martínez De la Peña, 2007).

Hoy en día, los sistemas ERP constituyen los sistemas de negocio principal de algunas empresas, pues se han ido definiendo como un sistema global de planificación de los recursos de gestión de la información que de forma estructurada puede satisfacer la demanda de las necesidades de administración de la empresa (Benvenuto Vera, 2006).

2.4.2. Definición y tipología

El término ERP corresponde a las siglas en inglés de "Enterprise Resource Planning", lo que puede traducirse en español como "Sistemas de planificación de recursos empresariales" (Finazzi, 2013). Conforme ha pasado el tiempo, estos sistemas han ido evolucionando por lo que hoy en día es casi imposible encontrar una sola definición del concepto ERP, por lo que a continuación se citan algunas de ellas:

El ERP puede definirse como un sistema de planificación de recursos y de gestión de la información que de una forma estructural puede satisfacer la demanda de las necesidades de la gestión empresarial, el cual puede ser utilizado por todo tipo de empresas, por lo que se debe adaptar a las características y circunstancias del tipo de organización que tenga cada una de ellas (Muñiz González & Prat, 2003).

Según la compañía de gestión de bases de datos *Oracle México* un ERP hace referencia a un conjunto de aplicaciones que las organizaciones utilizan para administrar las actividades comerciales diarias, como contabilidad, adquisición, administración de proyectos, administración de riesgo y cumplimiento y operaciones de la cadena de suministro.

Por otra parte, una definición según el propósito de los sistemas ERP es que son aplicaciones que automatizan las actividades organizacionales y la logística y gestión de la cadena de suministros, a través del uso de una base de datos única, de forma que puede facilitar una rápida toma de decisiones, la reducción de los costos y un mayor control (Sierra Molina, Escobar Pérez, Gago, Navarro Casbas, & Rocha Martinez De la peña, 2007).

En resumen, de acuerdo con las definiciones anteriores un ERP es un sistema informático con una estructura diseñada para integrar y mecanizar todos los procesos y actividades involucradas en una empresa con el propósito de evaluar, implementar y administrar con mayor facilidad sus proyectos, a través de la interacción de los distintos departamentos que conforman una empresa como finanzas, ventas, recursos humanos, procuración entre otros.

Los principales objetivos de un sistema de planificación de recursos son:

- Optimización de los procesos empresariales
- Acceso a información confiable, precisa y oportuna
- La posibilidad de compartir información entre todos los componentes de la organización
- Eliminación de datos y operaciones innecesarias
- Reducción de tiempos y costos de los procesos (Finazzi, 2013)

Los sistemas ERP se pueden clasificar en función de la concepción que se tenga de este, por lo que se pueden distinguir de la siguiente manera:

1. Genéricos. Son aquellos sistemas que pueden ser utilizados por empresas de diferentes sectores y características.
2. Pre- parametrizados. El ERP previamente a su implantación es adaptado al sector en el que opera la empresa según las necesidades específicas de su tamaño o del mercado en el que interviene.
3. Individualizados o a medida. Estos sistemas se personalizan según las características de una compañía concreta (Sierra Molina, Escobar Pérez, Gago, Navarro Casbas, & Rocha Martinez De la peña, 2007).

2.4.3. Características

Conforme ha transcurrido el tiempo, se han ido agregando distintas características funcionales al proceso de evaluación del software.

Los sistemas ERP son productos complejos que integran funciones y recursos, por tal motivo debe proveer información segura, confiable y en tiempo real (Ingenima, 2019). Por lo que a continuación, se muestra una serie de características que deben evaluarse sobre dichos paquetes o sistemas informáticos.

1. **Tecnología-Cliente-Servidor.** Existe un ordenador central (servidor) que almacena los datos generados en las diferentes áreas organizativas y procesa la información para suministrarla a las diferentes terminales (clientes)
2. **Tecnología abierta.** Puede utilizar diferentes plataformas, sistemas operativos o bases de datos, puesto que no se requiere de un hardware específico
3. **Estandarización.** Estos sistemas pueden ser diseñados genéricamente e implantados en diferentes tipos de organizaciones
4. **Modularidad.** Los ERP entienden que las empresas están conformadas por un conjunto de departamentos que se encuentran interrelacionados por la información que comparten y que se genera a partir de sus procesos, por esto los ERP se organizan en distintos módulos que suelen corresponder con las principales áreas de la empresa (finanzas, procuración, recursos humanos, etc.)
5. **Adaptación.** Estos sistemas están creados para adaptarse a la idiosincrasia de cada empresa por lo que poseen un grado de abstracción muy elevado que permite su adaptación a las distintas posibilidades de gestión que pueda desarrollar una sola compañía o todo un grupo empresarial, a empresas de diferentes sectores e incluso de distintas nacionalidades
6. **Orientación a los procesos de negocio.** A diferencia de los sistemas predecesores de los ERP los cuales se enfocaban únicamente en el análisis del producto y sus distintas funciones empresariales, los ERP se centran en los procesos de negocios de la empresa
7. **Flexibilidad.** La creación de un ERP puede realizarse a través de la modificación de los procesos de trabajo ya existentes en una organización o, de acuerdo con sus necesidades, llevando a cabo una reingeniería que mejore los mencionados procesos e incluso permita eliminar aquellos que no aporten valor
8. **Integración.** La información que se genera es recogida en una única base de datos que reduce la repetición de documentos y los datos transaccionales, así como la obtención de informes en tiempo real y el empleo de los procesos de trabajo comunes para las distintas organizaciones, siendo esta integración una de las causas del éxito de este tipo de aplicaciones
9. **Capacidad de personalización (customize).** Se trata de la característica diferencial de los ERP frente a la mayor parte de las soluciones de gestión orientadas a pequeñas empresas. La personalización de un ERP permite adaptar el funcionamiento del sistema a las necesidades concretas de cada empresa, así como incorporar nuevas funciones o modos de funcionamiento a medida que la empresa en cuestión lo requiera (Huerta Mendizabal & Zuzuarregui Ibarbia, 2015)

2.4.4. Beneficios y desventajas

La instauración de un sistema ERP, adecuadamente realizada, aporta una serie de ventajas a una empresa, lógicamente gran parte de los beneficios de los ERP se derivan de la integración de la información además de que suponen una forma de homogeneizar los procedimientos de trabajo utilizados por los distintos departamentos de la empresa y sus filiales.

Se puede decir que los sistemas ERP automatizan y simplifican procesos que se realizan de forma manual por el resultado de imponer una nueva estructura lógica, producto en muchas ocasiones de una reingeniería, lo que trae como consecuencia reducción de tiempo de operación, mejora la productividad y aumenta la competitividad de la empresa.

Como ya se mencionó anteriormente, disponen de una solución integrada para ciertas de las funciones de la organización, lo cual asegura la actualización continua e inmediata de los datos, esto es a través de la creación de una base de datos centralizada en la cual se registran, procesan, monitorean y controlan todas las funciones que se realizan en la empresa independientemente de la localización geográfica, el acceso a la información a una base de datos única, centralizada e integrada mejora el proceso de toma de decisiones.

Es muy común que las empresas posean diferentes tipos de aplicaciones integradas dentro de ellas. Los sistemas ERP consolidan todo el software dentro de un sistema (Benvenuto Vera, 2006).

Por otra parte, aunque aparentemente todo pueda parecer ventajoso, implementar un sistema ERP también tiene sus inconvenientes.

La integración de los sistemas ERP podría facilitar que los errores cometidos por los usuarios durante el desarrollo de su trabajo afecten considerablemente al resto de las áreas o departamentos de la empresa, lo que supone un riesgo potencial para la administración. Es aquí donde la seguridad del sistema se convierte en un factor clave. Por lo que para reducir este tipo de riesgos es necesario que las empresas limiten el acceso a los usuarios a ciertas informaciones en función de su posición jerárquica y de la naturaleza de las tareas que desarrollan (Sierra Molina, Escobar Pérez, Gago, Navarro Casbas, & Rocha Martinez De la peña, 2007).

El costo. Este es uno de los inconvenientes más importantes. Pues además de la cuantiosa inversión necesaria para implementar un ERP, existen otros costos como los de capacitación, soporte, configuración, renovación de licencias entre otros.

Los sistemas ERP mecanizan muchas tareas ejecutadas por el personal, por lo que, si este no está bien entrenado y no tienen habilidades para el manejo del sistema ERP, la organización se verá afectada como un todo (Huerta Mendizabal & Zuzuarregui Ibarbia, 2015).

En la siguiente Tabla 3 se muestra de forma resumida las ventajas y desventajas que implementar un sistema ERP en una empresa puede generar.

Tabla 3 Beneficios e inconvenientes de los sistemas ERP

Ventajas	Inconvenientes
Estandarización e integración de la información	Costos a primera vista
Mayor control organización	Se requiere de tiempo para su implementación
Minimiza el tiempo de análisis de la información	Adquisición o adaptación del hardware

Tabla 3 continuación: Beneficios e inconvenientes de los sistemas ERP

Optimización de los tiempos de producción y entregas	Pocos expertos en los sistemas ERP
Disminución de costos	Algunos sistemas ERP pueden ser difíciles de utilizar
Posee información actualizada que permita la toma de decisiones	Costo de renovación de licencias
Evita duplicidad de información	
Cuentan con módulos configurables de acuerdo con cada área de la empresa	
Permite mejorar el rol de la empresa	
Mejora el servicio al cliente	

2.4.5. Módulos de un ERP

La mayoría de los sistemas ERP están compuestos de un conjunto de módulos estructurados que brindan soporte a los diferentes procesos y departamentos de una empresa. Los módulos de un ERP pueden variar según las características y necesidades de la empresa, puesto que algunos requieren de sistemas para gestionar sus actividades administrativas mientras que otros eligen los de gestión operativa.

Los módulos de un ERP se pueden clasificar en tres tipos de acuerdo con su contenido funcional:

1. Módulos básicos o elementales: son aquellos que incluyen las actividades necesarias para que funcione un ERP
2. Módulos adicionales u opcionales: son los que se seleccionan porque existen necesidades concretas de la empresa y se complementan con los módulos básicos
3. Módulos confeccionados a medida: Son aquellos diseñados específicamente para resolver las necesidades de una empresa concreta o para un sector específico (Huerta Mendizabal & Zuzuarregui Ibarbia, 2015)

Todos los módulos están interconectados y comparten una base de datos, asegurando la coherencia e integración de los datos que se generan.

Por otra parte, cada proveedor o fabricante de ERP define la modulación de su solución, de acuerdo con las razones comerciales o técnicas de las empresas. Algunos módulos implementados en sistemas ERP abarcan en general tres grandes áreas: financiera, logística y recursos humanos (Benvenuto Vera, 2006).

Módulos del área financiera

Estos módulos brindan una visión completa de las funciones contables y financieras e incluyen un amplio sistema de información y de generación de informes para facilitar a los usuarios el tiempo empleado en la toma de decisiones.

- **Módulo: Gestión financiera**

Provee las funciones que controlan el aspecto operativo de la contabilidad general y la información financiera de la empresa. Estos se conectan con otros módulos financieros como tesorería, contabilidad de costos y recursos humanos.

- **Módulo: Contabilidad de costos**

Presenta la contabilidad interna de las organizaciones, es decir, las estructuras de costos de las empresas y los factores que influyen en ellas, así como los movimientos de costos e ingresos de la organización.

- **Módulo: Gestión de inversiones**

Permite realizar una planificación detallada capaz de monitorear continuamente la evolución de las inversiones como: costos, planificados, cifras reales, recursos disponibles, etc. De igual manera, está diseñado para planificar y gestionar los presupuestos y proyectos de inversión de capital.

- **Módulo: Tesorería**

Facilita las herramientas requeridas para el análisis de presupuestos, proceso de asientos contables electrónicos, análisis del mercado de divisas etc. Integra las previsiones y gestión de recursos de caja con las aplicaciones financieras y logísticas.

Módulos del área logística

Los módulos que se describirán a continuación son los encargados de gestionar todo el proceso de la cadena de suministros de una empresa, desde la adquisición del material hasta la entrega al cliente y facturación.

- **Módulo: Logística general**

Proporciona las herramientas y reportes necesarios para analizar y gestionar el estado de la logística de la organización y realiza previsiones en la cadena de suministro.

- **Módulo: Gestión de materiales**

Contempla todas las actividades y funciones logísticas involucradas con la adquisición, aprovisionamiento y control de inventarios de la cadena de suministro.

- **Módulo: Mantenimiento**

Es el comisionado del mantenimiento de los sistemas de control de plantas, el cual incluye soporte para la gestión de problemas operativos y de mantenimiento, de equipos, de los costos y las requisiciones de compras.

➤ **Módulo: Planificación y control de la producción**

Posee módulos para las distintas etapas, tareas y metodologías que se utilizan en la planificación de la producción como: cantidades y tipos de productos, tiempo y suministro de materiales, entre otros, además del proceso mismo de la producción.

➤ **Módulo: control de calidad**

Se encarga de realizar todas las tareas involucradas en la planificación de la calidad, el control, las inspecciones y el cumplimiento de los estándares de calidad normalizados.

➤ **Módulo: Ventas y distribución**

Permite gestionar las actividades de ventas como: pedidos, promociones, competencia, ofertas, seguimiento, planificación, etc. Además, brinda la habilidad para obtener los productos en forma inmediata (Benvenuto Vera, 2006).

Módulos de recursos humanos.

Esta área permite administrar la información relacionada con los empleados de una empresa como: datos personales, formación recibida, experiencia, ocupación, salario, periodos vacaciones, bajas por enfermedad, sanciones etc. Dentro de las funciones que aporta este módulo se destacan las siguientes:

- Definición de estructuras organizativas
- Planificación de las necesidades del personal
- Soporte al proceso de evaluación y selección de personal (registro de CV, pruebas de evaluación etc.)
- Control de asistencia (administración de turnos de trabajo, de horarios, periodos vacacionales, permisos etc.)
- Soporte a la contratación de personal
- Soporte a la generación de nóminas (Suárez Rey, 2010)

En la Figura. 2 se muestran los módulos más solicitados y utilizados por las empresas, de acuerdo con el autor Angelo Benvenuto, en su estudio de implementación de sistemas ERP y su impacto en las empresas. (Benvenuto Vera, 2006)

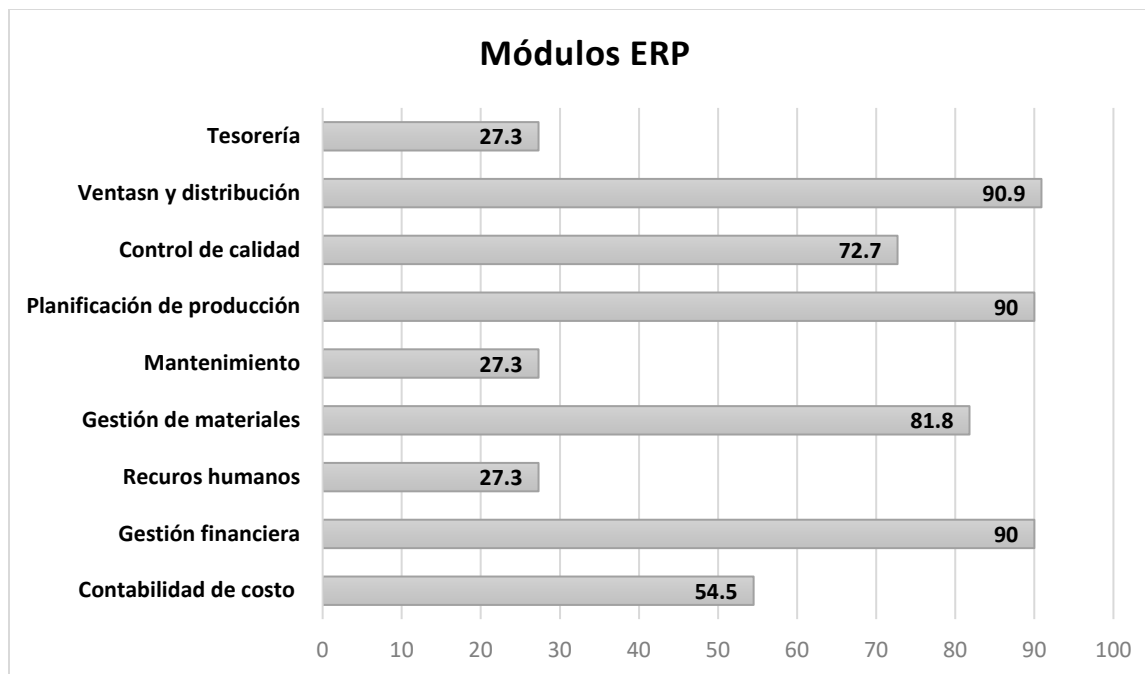


Figura. 2 Módulos operando del ERP

Como se puede apreciar en la figura 2, casi el 91% de las empresas tienen integrado los módulos de gestión financiera, planificación y control de producción, así como ventas y distribución. Un 82% gestión de materiales, el 73% control de calidad, 55% contabilidad de costos, un 27% recursos humanos, al igual que tesorería y mantenimiento.

2.4.6. Mercado ERP

Hoy en día, los sistemas ERP se han colocado como los sistemas de información más reconocidos para mejorar la gestión de las organizaciones, sobre todo en las grandes empresas y más aún, en las multinacionales (Sierra Molina, Escobar Pérez, Gago, Navarro Casbas, & Rocha Martínez De la Peña, 2007).

El mercado del ERP está creciendo a una razón de 3% por año, por lo que hay varias empresas proveedores compitiendo fuertemente en el mercado. En la actualidad, el mercado se ha concentrado principalmente en tres proveedores: SAP AG, Oracle-peopleSoft, y Microsoft (Navision y Axapta).

- **SAP AG.** Empresa de origen alemán fundada en 1972. En la actualidad ocupa el primer puesto en el suministro de sistemas ERP en todo el mundo. Se considera la creadora de los ERP y es la tercera en el mercado de sistemas informáticos en general, tras Microsoft y Oracle. Su oferta incluye una gran variedad de módulos y que van destinadas a empresas de sectores muy diversos como el electrónico, el textil, los hospitales, etc.
- **People Soft.** A mediados de los años 80, empezó su actividad con una aplicación integrada destinada a la gestión de recursos humanos. Sus funciones fueron extendidas para abarcar otras áreas organizativas como contabilidad y control de gestión, o

- tesorería, entre otras. Además de proporcionar soluciones específicas para cada sector (Huerta Mendizabal & Zuzuarregui Ibarbia, 2015)
- **Microsoft.** Se introdujo en el mercado ERP en 2001. El cual ha ido mejorando su posición en el mercado luego del lanzamiento de la última versión de Navision 4.0 que se basa en tecnología propia y abarca las áreas económicas, de producción y de fabricación, además de integrar otras ampliaciones del ERP (Sierra Molina, Escobar Pérez, Gago, Navarro Casbas, & Rocha Martinez De la peña, 2007)

Sin embargo, los software anteriormente mencionados de dichas compañías tales como Microsoft (Navision y Axapta), SAP, Oracle (JD Edwards y Peoplesoft) y otras, ofrecen un producto exclusivamente para grandes empresas, sin brindar la posibilidad de incorporar herramientas informáticas en las MyPyMES, debido a que dichos paquetes de cómputo tienden a ser complejos sin la posibilidad de reducir sus capacidades de acuerdo con las necesidades de cada empresa (Finazzi, 2013).

2.5. Algoritmos

El algoritmo puede definirse como un conjunto de instrucciones detalladas que, al ejecutarlas ordenadamente, conducen a la solución de un determinado problema en un tiempo finito. En el área de informática se establece que para realizar un buen programa computacional o un software se requiere del diseño o la definición previa del algoritmo. Es por esto que cuando un algoritmo es probado y validado entra en detalles de implementación y codificación en un lenguaje de programación, al algoritmo así expresado se le llama programa. (Gallardo Ruiz & García López, S.F.)

El diseño de un algoritmo es un trabajo que involucra creatividad y conocimientos trascendentes de técnicas de programación, sin embargo, de acuerdo con el autor Luis Joyanes en su libro “Fundamentos de programación” establece que los algoritmos son aún más importantes que los lenguajes y/o técnicas de programación y que inclusive que la misma computadora, ya que un lenguaje es un medio para expresar el algoritmo y la computadora es el procesador para ejecutarlo.

Por tal motivo, los algoritmos se consideran independientes de los lenguajes de programación, ya que una vez definido el algoritmo no importa el lenguaje de programación en la cual se codifique, pues siempre se llegará a la misma solución.

Como ya se mencionó con anterioridad la respuesta para resolver un problema es mediante la creación de un algoritmo, por lo que a continuación en la Figura. 3 se muestra la estructura de resolución de un problema:

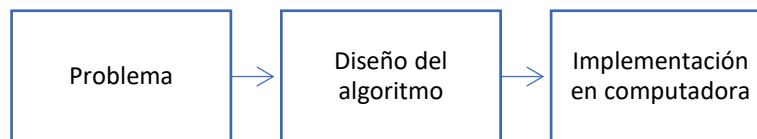


Figura. 3 Estructura para resolución de un problema informático

Como primer paso, es que se tiene un problema a resolver o existe una idea que se pretende desarrollar para ello:

1. Definición del problema
2. Diseño de algoritmo
3. Codificación, implementación en computadora y ejecución (Vazquez Gómez, 2012)

2.5.1. Tipos y características

Cualquier algoritmo debe cumplir con las siguientes características:

- Precisión. El algoritmo debe definir de manera concreta y rigurosa únicamente los pasos para llegar a la solución del problema, de forma ordenada y sin ambigüedad
- Definido. También en algunos textos se le asocia con “repetitividad” esto significa que el algoritmo puede repetirse tantas veces como se desee y siempre se debe obtener el mismo resultado, siempre y cuando los datos de entrada sean los mismos independientemente del momento de su ejecución

- Finitud. Esto quiere decir que el algoritmo debe poseer un inicio y un fin establecido

2.5.2. Partes de un algoritmo

Un algoritmo está compuesto por tres partes fundamentales de una solución informática:

- Entrada. Información que el usuario brinda al algoritmo
- Proceso. Trabajo que debe realizarse para obtener la solución
- Salida. Visualización del resultado obtenido

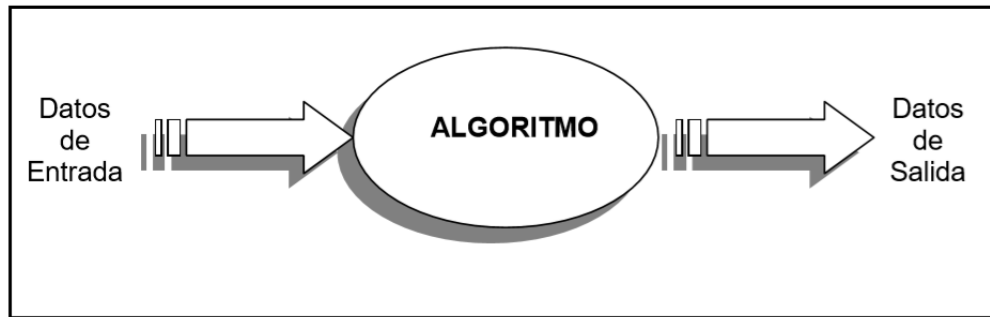


Figura. 4 fases de un algoritmo (Gallardo Ruiz & García López, S.F.)

Tal como se muestra en la Figura. 4 el algoritmo describe una transformación de los datos de entrada para obtener los datos de salida a través de un procesamiento de la información (Gallardo Ruiz & García López, S.F.).

2.5.3. Elementos para construir un algoritmo

Para la elaboración de algoritmos es necesario establecer un conjunto de datos iniciales, crear una independencia clara entre los datos iniciales de un problema y la estructura de su solución. Esto se logra a través de la utilización de variables.

Las variables son elementos que toman valores específicos de un tipo de datos en particular. El valor de una variable puede cambiar en algún momento del algoritmo o puede permanecer invariable.

Por otra parte, se encuentran las estructuras secuenciales, las cuales son aquellas en las que una acción sigue a otra de forma consecutiva; las operaciones se llevan a cabo de tal manera que la salida de una es la entrada de la siguiente, y así sucesivamente hasta que el proceso finalice. Esto se da mediante la asignación de valores o resultados y el paso de éstos a una zona de la memoria, por lo que dicha zona será reconocida con el nombre de la variable que tiene el valor. La designación puede clasificarse de la siguiente manera:

- Simple: consiste en pasar un valor constante a una variable ($a \leftarrow 10$)
- Contador: consiste en usarla como un verificador del número de veces que se realiza un proceso ($a \leftarrow a + 1$); almacena en una variable el valor de ella misma más un valor constante

- Acumulador: consiste en usarla como un sumador en un proceso ($a \leftarrow a + b$), es decir, almacenar en una variable el valor de ella misma más otro valor variable. Es de gran utilidad para realizar sumatorias
- De trabajo: el cual puede recibir el resultado de una operación matemática que involucre muchas variables ($a \leftarrow c + b * 2/4$) (González, y otros, 2012)

2.5.4. Técnicas de representación

Como ya se ha mencionado anteriormente, un algoritmo consiste en la descripción de una serie de pasos con una secuencia definida para llegar a un resultado coherente.

Para representar un algoritmo existen distintas técnicas o métodos que permiten independizar dicho algoritmo del lenguaje de programación en el cual será codificado, es decir, se puede utilizar cualquier método indistintamente de la sintaxis de un lenguaje de programación, siempre y cuando el algoritmo sea mostrado sin ambigüedades y pueda ser fácilmente transformado en un programa o software.

A continuación, se enlistan los métodos comúnmente utilizados para la representación de algoritmos:

- Diagrama de flujo
- Diagrama Nassi-Shneiderman
- Pseudocódigo
- Lenguaje natural
- Fórmulas matemáticas

El último método es el menos utilizado para la transformación a un programa informático, aunque, una fórmula matemática podría considerarse un buen sistema exacto de representación, no es frecuente que un algoritmo sea expresado mediante una simple fórmula.

1.1.1.1 Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo los más utilizados para la representación de un algoritmo, pese a ser el método más antiguo.

Este método emplea símbolos en los cuales dentro de ellos se escriben comúnmente los pasos del algoritmo y a su vez estos son unidos por medio de flechas, llamadas líneas de flujo, las cuales indican la secuencia en que el algoritmo se debe ejecutar.

De acuerdo con el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, conocido por sus siglas en inglés como ANSI (American National Standards Institute) establece que la plantilla base para el desarrollo de un diagrama de flujo está compuesta por los siguientes símbolos:

- Inicio-fin
- Proceso
- Decisión
- Conectores
- Dirección del flujo

En la Figura. 5 se muestra la representación gráfica de cada símbolo y su modo de empleo.





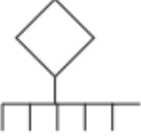








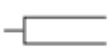
Símbolos principales	Función
	Terminal (representa el comienzo, "inicio", y el final, "fin" de un programa. Puede representar también una parada o interrupción programada que sea necesario realizar en un programa).
	Entrada/Salida (cualquier tipo de introducción de datos en la memoria desde los periféricos, "entrada", o registro de la información procesada en un periférico, "salida").
	Proceso (cualquier tipo de operación que pueda originar cambio de valor, formato o posición de la información almacenada en memoria, operaciones aritméticas, de transferencia, etc.).
	Decisión (indica operaciones lógicas o de comparación entre datos —normalmente dos— y en función del resultado de la misma determina cuál de los distintos caminos alternativos del programa se debe seguir; normalmente tiene dos salidas —respuestas SÍ o NO— pero puede tener tres o más, según los casos).
	Decisión múltiple (en función del resultado de la comparación se seguirá uno de los diferentes caminos de acuerdo con dicho resultado).
	Conector (sirve para enlazar dos partes cualesquiera de un organigrama a través de un conector en la salida y otro conector en la entrada. Se refiere a la conexión en la misma página del diagrama).
	Indicador de dirección o línea de flujo (indica el sentido de ejecución de las operaciones).
	Línea conectora (sirve de unión entre dos símbolos).
	Conector (conexión entre dos puntos del organigrama situado en páginas diferentes).
	Llamada a subrutina o a un proceso predeterminado (una subrutina es un módulo independientemente del programa principal, que recibe una entrada procedente de dicho programa, realiza una tarea determinada y regresa, al terminar, al programa principal).
	Pantalla (se utiliza en ocasiones en lugar del símbolo de E/S).
	Impresora (se utiliza en ocasiones en lugar del símbolo de E/S).
	Teclado (se utiliza en ocasiones en lugar del símbolo de E/S).
	Comentarios (se utiliza para añadir comentarios clasificadores a otros símbolos del diagrama de flujo. Se pueden dibujar a cualquier lado del símbolo).

Figura. 5 Símbolos del diagrama de flujo (Vazquez Gómez, 2012)

Como se puede observar cada símbolo representa el tipo de operación que el algoritmo va a ejecutar, por lo que es así como un diagrama de flujo muestra gráficamente la secuencia en la que se ejecutan las operaciones del algoritmo (Vazquez Gómez, 2012).

Para facilitar la representación de algoritmos mediante diagramas de flujo se sugiere seguir los siguientes puntos:

- El inicio del algoritmo aparecerá en la parte superior del diagrama
- Los símbolos de inicio y fin deben aparecer solamente una vez
- El flujo de las operaciones es en dirección de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha
- Conservar cierta simetría para su representación

- Evitar los cruces de líneas de flujo. Cuando dos líneas de flujo se crucen, una de ellas debe incluir una línea arqueada en el sitio donde cruza a la otra
- Cada rombo de decisión debe tener al menos dos líneas de salida una para SI y otra para NO
- Las acciones y decisiones se deben describir empleando el menor número de palabras, sin que sea confuso o poco claro
- El diagrama se debe probar recorriéndolo con datos iniciales simples (hacer prueba de escritorio) (López García, 2009)

1.1.1.2 Diagrama N-S (Nassi-Schneiderman)

Los diagramas Nassi-Schneiderman o diagramas de chapin son muy similares a los diagramas de flujo solo que en éste se omiten las flechas de unión por lo que los símbolos son contiguos; un algoritmo se representa mediante un rectángulo en el que cada separación es una acción por realizar.

Los diagramas N-S se caracterizar por poseer tres simbolos principales: el primero es un rectángulo el cual sirve para figurar cualquier proceso en el algoritmo; el segundo símbolo representa una decisión; y por último el símbolo número tres es un cuadro dentro de otro cuadro el cual se utiliza para mostrar que se lleva a cabo una interacción (Joyanes Aguilar, 2008).

A continuación, en la Tabla 4 se muestra la representación gráfica de un diagrama N-S

Tabla 4 Representación gráfica de N-S de un algoritmo

Nombre del algoritmo
< acción 1 >
< acción 2 >
< acción 3 >
...
Fin

Como se puede observar en la tabla 4 las acciones sucesivas se pueden escribir en cuadros sucesivos y al igual que en los diagramas de flujo, se pueden escribir distintas acciones en un cuadro.

Por otra parte, una estructura condicional en los diagramas N-S se puede representar de la siguiente forma como se muestra en la Figura. 6

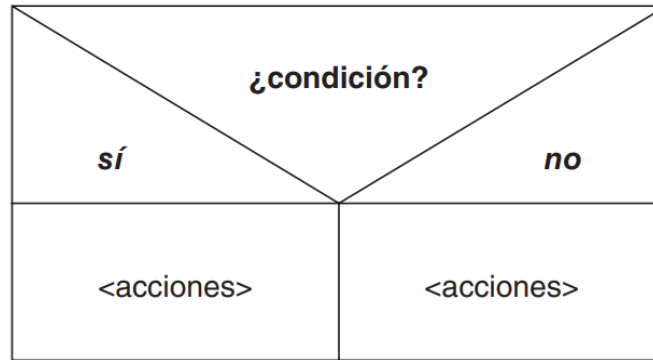


Figura. 6 Estructura condicional o selectiva (Joyanes Aguilar, 2008)

1.1.1.3 Lenguaje Pseudocódigo

El lenguaje pseudocódigo es un lenguaje algoritmo que permite representar las construcciones básicas de los lenguajes de programación, manteniéndose lo más cercano al lenguaje natural, es por esto que de la aproximación entre ambos surgió esta herramienta para la descripción de algoritmos: el pseudocódigo.

El pseudocódigo es considerado el primer borrador, dado que este tiene que convertirse posteriormente a un lenguaje de programación; la ventaja de su uso es que, en la planificación de un programa, el programador puede enfocarse en la lógica y en las estructuras de control dejando a un lado la preocupación de las reglas de un lenguaje específico. Además, el pseudocódigo se considera fácil de modificar, por lo que si se descubren errores o anomalías en la lógica del algoritmo estas pueden corregirse o cambiarse, mientras que en muchas ocasiones puede ser difícil el cambio de la lógica, una vez que éste ya se encuentra codificado en un lenguaje de programación.

El pseudocódigo nació como un lenguaje parecido al inglés por lo que el pseudocódigo original utiliza para representar las acciones sucesivas palabras reservadas en inglés, tales como: *start, end, stop, if, then, else, while, end*. Sin embargo, dicho lenguaje ya ha sido adaptado al español. (Joyanes Aguilar, 2008) Pese a ello, el pseudocódigo tiene que ajustarse a una serie de normas para que el algoritmo construido resulte legible, claro y fácilmente codificables y con este fin se le aplican algunas restricciones tales como:

- Los identificadores usados deben de tener un significado de acuerdo con su contenido
- El conjunto de oraciones debe ser completado, de tal forma que permita especificar cualquier tarea a realizar detalladamente
- Poseer un conjunto de palabras reservadas (Gallardo Ruiz & García López, S.F.)

A continuación, se explica las palabras comúnmente utilizadas para construir un algoritmo en pseudocódigo:

- INICIO: anuncia el comienzo del algoritmo
- FIN: indica el término del algoritmo
- LEER: se emplea para leer un dato del teclado
- ESCRIBIR: se usa para indicar la escritura de un dato por pantalla

- SI < c > ENTONCES < a Sí > EN OTRO CASO < a No > FINSi: donde < c > es una condición que puede ser verdadera o falsa y < a Sí > y < a No > son dos acciones. Indica ejecutar la acción < a Sí > si la condición < c > es verdadera o realizar la condición < a No > si ésta no es correcta
- MIENTRAS < c > HACER < a > FINMIENTRAS: donde < c > es una condición que puede ser cierta o falsa y < a > es una acción. Indica repetir la acción < a > mientras la condición < c > sea verdadera. En el momento de que < c > sea falsa, ésta se deja de repetir.
- REPETIR < a > HASTA QUE < c >: donde < c > es una condición que puede ser cierta o falsa y < a > es una acción. Indica repetir la acción < a > hasta que la condición sea cierta. En el momento que < c > sea cierta < a > deja de repetirse (Gallardo Ruiz & García López, S.F.)

Sin duda el pseudocódigo se trata de un lenguaje falso, ya que apela a las normas de estructura de un lenguaje de programación, aunque está pensado para que pueda ser leído por un ser humano y no interpretado por una computadora (Blanco Bargé, 2015).

1.1.1.4 Lenguaje Natural

El lenguaje natural si bien es aquel que ha sido generado espontáneamente en un grupo de personas con el objetivo de comunicarse. Se puede decir que, en la vida diaria, se sigue implícitamente diversas rutinas, patrones o algoritmos en lenguaje natural para desarrollar con éxito ciertas actividades.

Los algoritmos desarrollados en este lenguaje se identifican por seguir un proceso de ejecución común y lógico, describiendo textualmente cada paso a seguir para resolver un problema determinado.

Sin embargo, el inconveniente de escribir algoritmos en este tipo de lenguaje es la ambigüedad, por lo que es importante desarrollarlos con la mayor claridad y precisión para evitar generar errores y que este pueda ser interpretado correctamente por el codificador.

Para describir un algoritmo en lenguaje natural se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Tener pleno conocimiento del problema a resolver
- Obtener información previa o los datos de entrada
- Diseñar la secuencia de acciones
- Probar el algoritmo para validarlo y en caso necesario repetir por medio de iteraciones el proceso
- Mostrar la información de salida o resultado (Rodríguez, 2018)

Capítulo 3. Metodología

El propósito de este proyecto es la creación de un algoritmo de un programa de computadora para la administración de proyectos de construcción, es por ello por lo que en este apartado se mencionarán los pasos los que se realizarán para el cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto. A continuación, se muestra en la Figura. 7 el diagrama de metodología en forma general.

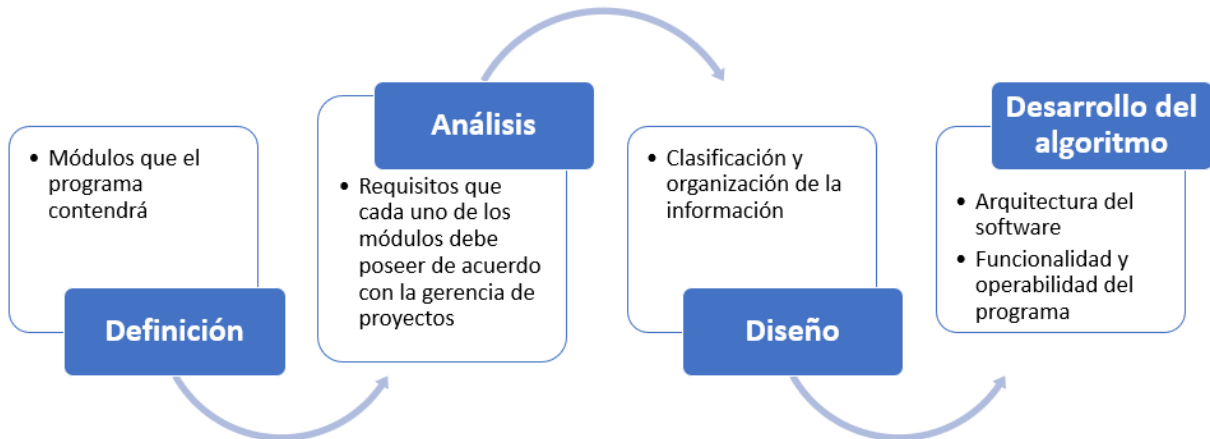


Figura. 7 Diagrama de metodología general.

3.1. Definición de módulos

Este proyecto tiene como punto de partida la definición del conjunto de módulos que el software contendrá, los cuales deberán cumplir con las características y propiedades descritas en el capítulo 2 de este documento. Para esto, fue necesario responder la siguiente pregunta: ¿qué funciones se espera que el programa realice? Cabe mencionar que al hablar del programa se hace referencia al software para el cual se escribió el algoritmo. Por lo que fue sumamente importante poder responder la pregunta anterior teniendo la mayor claridad sobre las expectativas que el software debe cumplir.

El sistema de software para el cual se desarrolló el algoritmo debe satisfacer las necesidades básicas para la administración de proyectos de construcción, es por esto por lo que, se investigaron los departamentos de una empresa constructora que presentan mayor problema en la administración de sus proyectos de construcción, identificando sus procesos y analizando sus principales funciones.

Por otra parte, se analizaron los paquetes de cómputo ya existentes en el mercado para examinar los módulos que poseen, las funciones o herramientas que brindan a sus usuarios, así como la forma en que interactúan entre ellos.

Agotada esta instancia, se realizaron comparaciones entre el análisis de las principales áreas de las empresas constructoras en la ejecución de proyectos y de los módulos de los sistemas ERP existentes, todo esto con el propósito de estudiar y entender las necesidades y preferencias de los usuarios.

Aunado a esto se determinó el conjunto de módulos más conveniente y que el programa de software debía contener para el cual se desarrolló el algoritmo que es el objetivo de este proyecto.

Una vez definido el sistema modular, este se presentó gráficamente mediante un diagrama y/o una estructura de desglose de trabajo que permite mostrar de forma general cada uno de los módulos para las cuales se desarrolló el algoritmo. A demás, se hizo una breve descripción donde se explica las funciones que cada uno de estos posee.

3.2. Comprensión de requerimientos

La definición de los módulos es tan importante como la identificación correcta de los requerimientos de cada uno de ellos.

Con el sistema modular establecido, se analizaron las características y requerimientos que cada uno de los módulos que debe comprender para satisfacer las necesidades administrativas de cualquier proyecto de construcción; para ello se empleó la *Guía de fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK)* (PMI, 2017).

La importancia de esta etapa en la metodología del proyecto es que, mediante el análisis y la interpretación de la literatura anteriormente mencionada, se pudo determinar las variables que se desarrollaron para cada uno de los módulos que el software contiene, las funciones que deben ejecutar y la interrelación entre cada una de ellas por la información que comparten.

3.3. Desarrollo del algoritmo

De acuerdo con el trabajo realizado en las secciones 3.1 y 3.2 de este capítulo, finalmente en este apartado se abordarán los pasos a seguir para desarrollar el algoritmo del proyecto. En esta sección se indica como es que se mostrarán las funciones que el algoritmo realizará mediante el procesamiento de los datos de entrada para obtener los resultados deseados.

3.3.1. Identificación del trabajo a realizar

Posterior a la investigación y el análisis de los requerimientos que cada uno de los módulos debe comprender de acuerdo con el PMBOK, se procedió a clasificar y organizar dicha información para definir sus respectivas entradas, procesos y salidas.

Para ello se respondieron las siguientes preguntas:

- ¿Qué entradas se requieren?
- ¿Cuáles serán las salidas deseadas?
- ¿Qué método produce dichas salidas?

Los datos de salida, son los resultados que deberá arrojar el algoritmo es decir, los resultados que el software deberá entregar; posteriormente se identificaron los datos de entrada para lograr los resultados esperados, es decir, aquellos datos que el usuario dará; se identificaron los procesos que se deben realizar con los datos de entrada para poder obtener los datos de salida, es decir, las expresiones a calcular, por último, se determinaron aquellos datos que permanecerán constantes a lo largo de todo el algoritmo.

Una vez, que los módulos, sus variables, datos y funciones quedaron definidos, se empezó a establecer una secuencia de pasos que realicen cada uno de los procesos e indiquen al ordenador que ejecutar. Teniendo dicha información, se desarrollaron diagramas de flujo donde se muestra gráficamente el proceso que tendrá que seguir cada una de las funciones comprendidas en los módulos para efectuar las tareas y/o actividades que el software realizará, en el cual se mostrará el inicio y el final de cada uno de los procesos.

3.3.2. Arquitectura del software

Dentro de la arquitectura del software para el cual se desarrolló el algoritmo, se describieron los procesos y componentes básicos de cada módulo y su combinación interna. Esto se logró mediante los diagramas de flujo de cada uno de los procesos, es decir, una vez que se tuvieron todos los diagramas de flujo correspondientes, se comenzó a establecer las relaciones entre cada uno de ellos.

3.3.3. Diseño del algoritmo

Si bien el producto final de la etapa de diseño puede ser un diagrama, organigrama o unas líneas en pseudocódigo etc. según las técnicas de representación de algoritmos, para este caso el algoritmo se desarrolló en lenguaje natural porque a diferencia de los otros tipos de representación este último es el más empleado en la vida cotidiana por lo que su descripción resultó con menor dificultad.

Este se realizó a través de una serie de instrucciones escritas en lenguaje común que describen paso a paso cada uno de los procesos involucrados en cada uno de los módulos, así como su interacción entre cada uno de ellos.

El algoritmo fue escrito lo más detallado y sin ambigüedad para que en un futuro pueda ser codificado en cualquier lenguaje de programación

Capítulo 4. Resultados

En esta sección se describen los módulos que el algoritmo tendrá para conformar el software, así como los procesos que tendrán que desarrollarse dentro de cada uno de los módulos mediante el análisis y procesamiento de los datos y requisitos. Sin olvidar mencionar los vínculos entre cada uno de los módulos.

4.1. Definición del sistema modular

4.1.1. Análisis de sistemas ERP de construcción en el mercado

Para determinar los módulos que el algoritmo para el programa de software contendrá se realizó una investigación y revisión de los sistemas ERP especializados en el área de construcción, con el propósito de identificar las principales funciones de cada uno de ellos, así como las herramientas y facilidades que brindan a los usuarios para administrar todas las actividades competentes a un proyecto de construcción.

Los sistemas de cómputo que se estuvieron revisando fueron, encontrol, acttime, liquid planner, wrike, prowork plow, totvs y SAP. En la Tabla 5 se hace referencia a cada sistema analizado y se realizó una breve descripción de las funciones primordiales de cada uno de estos.

Tabla 5 Análisis de módulos de paquetes de computación

SOFTWARE	SUITE	FUNCIONES
Enkontrol	Administración	Contabilidad
		Bancos
		Cuentas por pagar
		Administración de créditos
		Activo fijo
	Construcción	Nómina y lista de raya
		Facturación
		Precios unitarios
		Compras
		Inventarios
Actitime		Programa de obra
		Maquinaria
		Crear y gestionar diagramas tipo Gantt
		Asignar las taras a cada miembro del equipo individualmente y controlar su desempeño y costos generados
		Dispone de notificaciones automáticas para avisar de tareas a realizar
	Muestra el avance de las tareas	
	Avisos automáticos en el caso de que el proyecto exceda su presupuesto o plazo de tiempo	

Tabla 5 Continuación: Análisis de módulos de paquetes de computación

Liquid planner	Programación de tiempo	Calcula automáticamente y en tiempo real las fechas de finalización para cada tarea en el proyecto proporciona una predicción precisa de cuando se completará el trabajo según la prioridad y los recursos asignados
Wrike	Programación de tiempo	Permite la asignación de recursos a cada tarea y su actualización de estado en tiempo real Facilita el control y seguimiento del proyecto
Prowork plow		Posibilita la creación de un cronograma Asignar recursos a las tareas Balancear la carga de trabajo a cada recurso Gestionar los costos y facturación de proyecto Exportar resultados a otras herramientas
Totvs	Construcción y proyectos	Elaboración de precios unitarios Crear diagrama de Gantt Análisis del valor ganado y elaboración de curva “S” de avance real Registro de versiones de cronograma Gestión de contratos Asignación de recursos Generador de reportes Capacidad para importación y exportación de datos desde y hacia ms Excel entre otras funcionalidades
	Logística	Controla el stock y proceso de entrada de materiales y productos de una empresa Planificación de compras, verificación de facturas Gestión de fases del ciclo de venta y entrega del producto
Sap	Finanzas	Procesos financieros y contables Costos de gestión interna de la empresa
	Recursos humanos	Asociado a todo lo relacionado con el área de recursos humanos, desde la gestión de personal hasta nóminas
	Gestión de proyectos	Planificación las fases o etapas del proyecto (inicio, planeación, ejecución, cierre)
	Business suite	Gestionar relaciones con los clientes Relación de la empresa con sus proveedores

Tomando en cuenta la Tabla 5 de los software y sus respectivas características que anteriormente fueron descritas, se encontró que independientemente de la complejidad de sus funciones y del sistema ERP el 71% de ellos poseen módulos que abarcan las áreas de: *costos, programación de obra, logística de materiales y recursos.*

4.1.2. Identificación de áreas con mayor problema en las empresas constructoras

Para ayudar con la definición de módulos se realizó una consulta para averiguar las áreas que presentan mayor problema en la administración de un proyecto de construcción de acuerdo con el estudio de *benchmarking* en Gerenciamiento de Proyectos realizado por el PMI (Oldenburg Basgal, 2008), muestra los principales factores que generan problemas durante la ejecución de un proyecto.

Tabla 6 Problemas en las empresas constructoras según el estudio de benchmarking (Oldenburg Basgal, 2008)

Problemas presentados con mayor frecuencia en la gestión de proyectos de construcción
Plazos prorrogados: 72%
Rehacer el trabajo: 72%
Control inadecuado: 51%
Aumento de los costos: 46%

Las estadísticas mostradas en la Tabla 6, hacen referencia a que las áreas que presentan mayor problema dentro de un proyecto de construcción son: gestión de tiempo, costos, así como el control y seguimiento de un proyecto.

Mediante un análisis y comparación entre los resultados arrojados por la encuesta y los datos investigados en los software existentes se tomó la decisión de que las áreas que se debían abarcar dentro del software para el cual se desarrollará el algoritmo serán:

- Costos
- Gestión del tiempo o programación de obra
- Logística de suministros

Dentro de las estadísticas de la encuesta también se encontró que el 49% de las empresas llevaba informalmente la gerencia de riesgos y que el 13% no manejaba ningún tipo de planificación o sistema para administrarlos. (Oldenburg Basgal, 2008)

Todas las obras de construcción desde su inicio hasta su término están expuestas a experimentar riesgos que pueden impactar positiva o negativamente la ejecución del proyecto. Es tarea del equipo del proyecto gestionar todos los riesgos que pudiesen presentarse para evitar que éstos afecten el plan de trabajo, así como sacar provecho de aquellos riesgos que su materialización traiga consigo un cambio para bien dentro del proyecto.

Sin embargo, si el 49% de las empresas constructoras no llevan a cabo una práctica formal de la gerencia de riesgos y el 13% no realiza ningún tipo de medida o acción para identificar los peligros y amenazas a los que su proyecto está expuesto será muy difícil que estas empresas cuenten con un plan de contingencia para mitigar de la mejor manera dichas amenazas.

Por tal motivo, con el propósito de brindarle a las constructoras una herramienta con la cual puedan administrar los riesgos de su proyecto, analizar su impacto y crear un plan de acción de respuesta, se decidió el algoritmo incluiría un quinto modulo: el módulo de riesgos, con el fin de promover la importancia de gestionar los riesgos de un proyecto.

No obstante, es necesario aclarar que el hecho de que se presenten las estadísticas anteriores no se concluye que dichos problemas en la gestión de proyectos se deba por la falta de implementación o de uso de un software de administración, sino que, durante el desarrollo de un proyecto pueden presentarse distintas circunstancias que afecten el ciclo de vida de este, por tal motivo se realizó la investigación y análisis de los software en el mercado para poder definir de manera correcta las áreas que serían más convenientes incluir en el algoritmo.

4.1.3. Delimitación del sistema modular del algoritmo

Según la interpretación de los resultados obtenidos en las secciones 4.1.1. y 4.1.2. el sistema modular para el diseño del algoritmo queda definido de la siguiente manera:

- **Gestión de recursos:** planificar, adquirir y asignar los materiales, herramientas, maquinaria y equipos necesarios para la realización de cada una de las actividades durante la ejecución del proyecto, mediante la función para elaborar de requisiciones de solicitud de compra las cuales serán enviadas al módulo de adquisiciones del algoritmo.
Por otra parte, con el fin de administrar el almacén y el inventario de los recursos adquiridos para el proyecto, se propone la función para la captura de entrada y salida de materiales con el propósito de dar a conocer la cantidad de insumos que se encuentran dentro del almacén
Los recursos no incluyen la contratación de personal.
- **Gestión de costos:** manejar todo lo relacionado con la actividad económica de una empresa constructora, ofreciendo las funciones para el análisis y captura de estimaciones, para la comparación de pagos y avance de contratistas mediante el concentrado general de estimaciones, la relación de cotización y costo de los recursos y para el análisis general de los presupuestos de proyectos
- **Gestión de tiempo:** creación del cronograma de proyecto mediante la secuencia de actividades y asignación de tiempos, generar el diagrama de Gantt e identificación de las actividades críticas del proyecto mediante la determinación de la ruta crítica, así como el registro de las fechas clave para las empresas dentro de cualquiera de sus proyectos de construcción a través de la función para crear los calendarios de hitos
- **Gestión de adquisiciones:** administración del proceso de contratación de trabajos a contratistas por medio de la función para elaborar solicitudes de ordenes de trabajo.
Contribuir con la logística y seguimiento de los suministros del proyecto (materiales, equipo, servicios, etc.) por medio de la recepción de requisiciones de compra para gestionar la adquisición con los proveedores a través de la función para la creación de órdenes de compra
- **Gestión de riesgos:** esta función posibilita al usuario la captura de los riesgos que previamente hayan sido identificados en sus proyectos o ingresar a la base de datos del algoritmo para tener acceso a la base genérica de riesgos que podrían suscitarse durante el desarrollo de un proyecto y realizar un análisis cualitativo para determinar el nivel de prioridad del riesgo.
Llevar a cabo un análisis cuantitativo que indique el impacto económico que tendría la materialización de cada uno de los riesgos, así como la elaboración de un plan de acción de respuesta a la contingencia

Los módulos propuestos abarcan las áreas de costos, tiempo, riesgos y logística y suministro de materiales, tal como se había mencionado en el apartado 4.1.2, cabe mencionar que del área de logística y suministro de materiales se dividió en dos módulos: adquisiciones y recursos. Esto con el objetivo de que el módulo de adquisiciones gestione lo relacionado con la compra de los recursos necesarios para los proyectos de la empresa, así como el proceso de subcontratación de trabajos, mientras que el módulo de recursos administre el proceso interno de la empresa en la utilización y manejo de los recursos en sus respectivos proyectos.

A continuación, en la siguiente Figura. 8 se muestra de forma gráfica la definición de los módulos descritos y sus principales funciones. Son cinco módulos los que el algoritmo contendrá, gestión de adquisiciones, tiempo, recursos, riesgos y costos.

El módulo de adquisiciones se encuentra dividido en dos secciones: contratación y logística de suministros, la primera sección le permitirá al usuario gestionar todo lo relacionado con la subcontratación de trabajos, dándole a la empresa la función para elaborar solicitudes de ordenes de trabajo a contratistas donde se establezcan los acuerdos entre la parte contratante y el prestador de servicios.

La segunda parte de este módulo le permitirá al usuario administrar la logística del suministro de los recursos de la empresa mediante la función para realizar las solicitudes de orden de compra a proveedores.

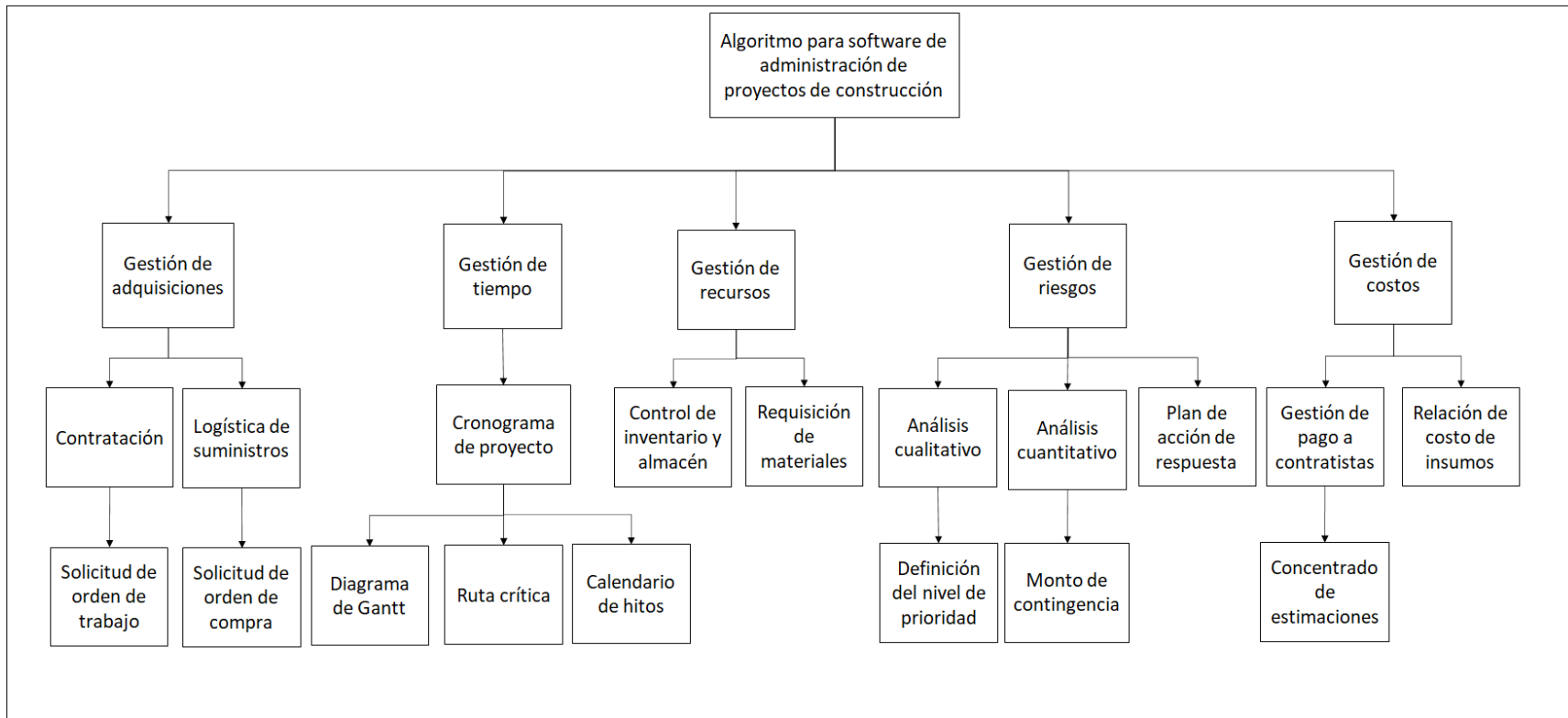


Figura. 8 Estructura de desglose de los módulos propuestos en el algoritmo de software

El módulo para la gestión de tiempo tendrá como función principal la realización del cronograma de obra de sus respectivos proyectos con el propósito de ayudar a las empresas constructoras a crear un modelo de programación que contenga el desarrollo de las actividades de sus proyectos dentro de sus tiempos establecidos. Además del programa de obra dentro del algoritmo también se contempla la herramienta para obtener el diagrama de Gantt y el análisis del diagrama de la ruta crítica, el cual le indicará a las empresas las actividades críticas en sus proyectos en las cuales hay que prestar mayor atención, y, por último, con el fin de mostrar las fechas relevantes dentro de cada proyecto estará la función para elaborar el calendario de hitos.

Por otra parte, el módulo de recursos será el encargado de gestionar el manejo de los bienes materiales adquiridos por parte de la empresa para la ejecución de sus proyectos, así como la asignación del uso o empleo que estos tendrán en cada actividad mediante un sistema para administrar y controlar el inventario de almacén. La diferencia entre este módulo y el módulo de adquisiciones es que en este se administrarán los materiales de los proyectos, se controlará el uso de los recursos mediante la captura de entrada y salida de materiales, análisis de recursos en *stock*, así como la función para solicitar la compra de los materiales que se necesiten para las actividades de la empresa mediante las requisiciones de compra, en cambio, la función del módulo de adquisiciones será realizar la compra de los recursos solicitados a través de la requisición con el proveedor conveniente, gestionando pagos, plazo de entrega, y toda la logística hasta que el bien sea recibido en el almacén o en el sitio que la empresa lo desee.

El cuarto módulo está enfocado en la evaluación de riesgos ofreciendo a los usuarios las funciones para realizar el análisis cualitativo de riesgos en el cual el algoritmo identifique y clasifique el nivel de prioridad de los riesgos basándose en el método de gestión de riesgos establecidos en el PMBOK, una vez clasificados los riesgos, el algoritmo le permitirá al usuario realizar un análisis cuantitativo de los riesgos catalogados de moderados a altos para traducir su impacto en la empresa económicamente a través de la obtención de un monto de contingencia. Finalmente, en este módulo también se contempla la facultad para realizar un plan de acción de respuesta para todos los riesgos que hayan sido previamente identificados.

Por último, se encuentra el módulo de costos, el cual tendrá el objetivo de ayudar a las empresas constructoras con la administración económica de sus proyectos. Una de sus tareas será permitirle a la empresa gestionar el pago a las empresas subcontratadas esto mediante la recepción y captura de estimaciones, para esto, el módulo se tendrá que alimentar de las ordenes de trabajo (emitidas por el módulo de adquisiciones) para llevar un control y seguimiento de los pagos de cada uno de los contratistas según lo establecido en las ordenes de trabajo y mostrar un concentrado de estimaciones en donde se pueda analizar el avance de trabajo de los proyectos por medio de los pagos realizados. Por otro lado, estará el análisis de costos de los insumos. Esto se logrará mediante la evaluación y comparación de los costos de los recursos obtenidos por medio de la explosión de insumos del proyecto y los costos en los que realmente fueron adquiridos según las órdenes de compra realizadas por el módulo de adquisiciones.

4.2. Arquitectura del software

En esta sección del documento se muestran los procesos a desarrollarse en cada uno de los módulos, por medio de la identificación, el análisis y la especificación de los requisitos que cada módulo debía involucrar para satisfacer las necesidades de la gestión de proyectos. Es por esto por lo que se idearon un conjunto de diagramas de flujo en donde se muestran los distintos procesos de trabajo, sus respectivas entradas y salidas, así como la correlación de los módulos.

4.2.1. Módulo de adquisiciones

Dentro de las actividades cotidianas de un proyecto de construcción está la de ejecutar y supervisar los trabajos competentes a dicho proyecto, sin embargo, para el desarrollo de cada trabajo es indispensable la utilización de herramientas y materiales, equipo y/o maquinaria especializada o bien de la contratación de un servicio de trabajo por parte de una compañía externa. Por lo que el departamento de procuración tiene la tarea de garantizar la adquisición oportuna de los recursos del proyecto en las mejores condiciones de precios, pago, calidad, soporte técnico y de garantía.

El módulo de adquisiciones tiene como objetivo ser una herramienta de apoyo para las empresas constructoras en la administración de sus proyectos, enfocándose en los procesos de compra de los recursos necesarios para el desarrollo de sus actividades, así como gestionar el protocolo de subcontratación de trabajos.

1.1.1.5 Logística de suministros

La logística de suministros tiene por objeto organizar y coordinar todos los procedimientos involucrados para la realización de un producto o servicio dentro de una empresa, esto se logra mediante la provisión de los materiales, herramientas, equipos etc. en cantidad, tiempo y calidad dentro de un costo admisible.

Para una empresa constructora el producto o servicio final que se debe entregar al cliente es la obra de construcción terminada satisfactoriamente sin importar el tamaño o la complejidad de la construcción ya sea desde un gran edificio, un lote de casas o un puente etc. el proyecto debe cumplir con todos los objetivos establecidos para que el cliente pueda disfrutar del resultado final.

Las actividades que conforman el proyecto de construcción, la mayoría de estas requieren de insumos para su ejecución como materiales, maquinaria, equipos entre otros, por lo tanto, es aquí donde el departamento de adquisiciones comienza su labor gestionando y abasteciendo de los recursos necesarios a la empresa.

Sin embargo, para que este procedimiento pueda realizarse, el área de procuración debe de apoyarse en otras áreas del proyecto para contemplar cuestiones externas a su departamento y que competen en la adquisición de los recursos de la empresa.

En la figura 9 se muestra un diagrama que indica los datos e información requerida para que el proceso y logística de los suministros de la empresa se pueda efectuar dentro del módulo de adquisiciones propuesto en el algoritmo en estudio.

En el lado izquierdo de la Figura. 9 se encuentran los datos de entrada para llevar a cabo el procedimiento de suministro de recursos, mientras que de lado derecho se aprecian las salidas o

los resultados que se obtendrán a través del procesamiento de la información proporcionada en las entradas.

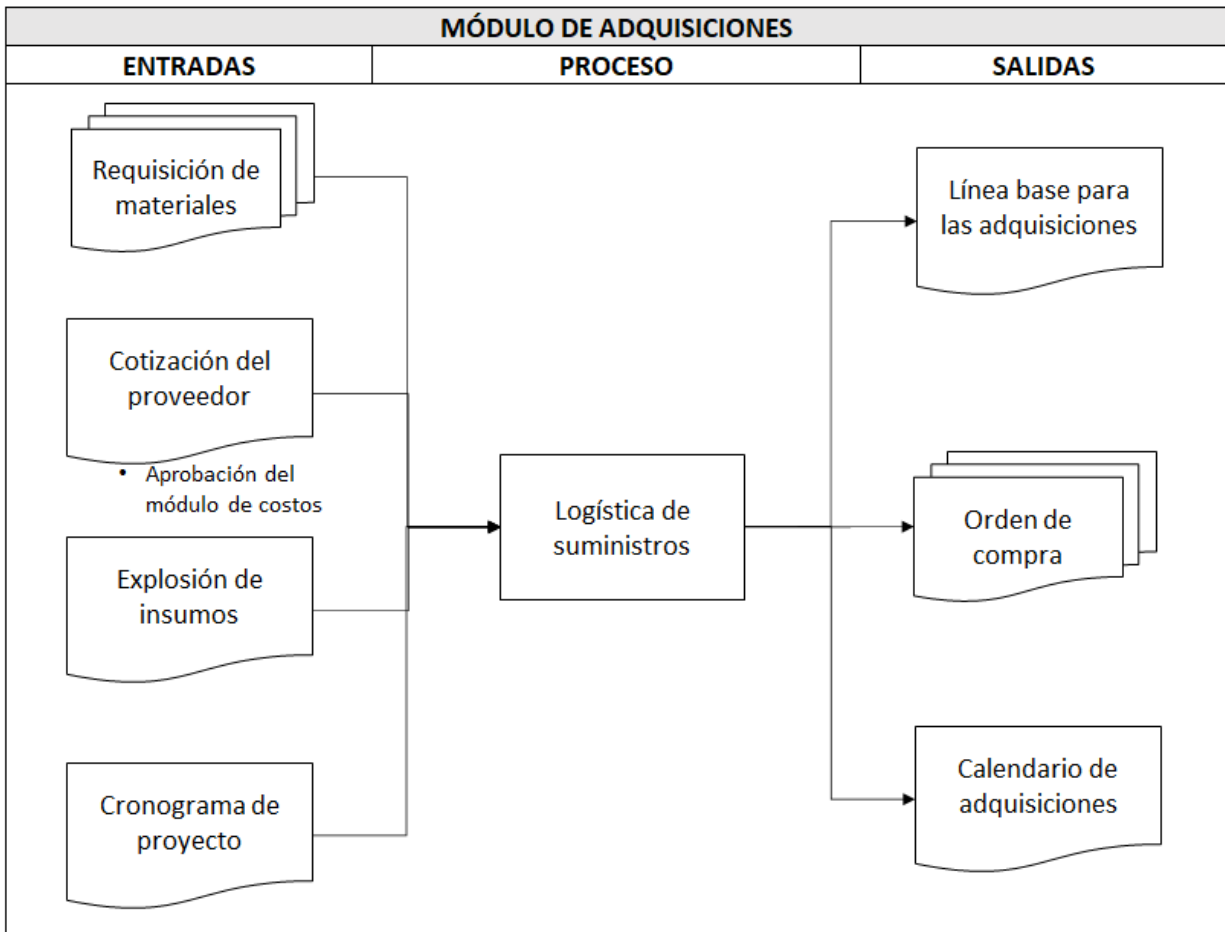


Figura. 9 Definición de los datos de entrada y salida de la logística de suministros

Entradas

La requisición de compra de materiales es la petición en el que un departamento de la empresa describe el insumo requerido en cantidad y tiempo mediante una solicitud que dirige al departamento de compras. En este caso, el módulo de recursos del algoritmo será quien tenga la función para realizar dichas solicitudes de compra, las cuales serán enviadas al módulo de adquisiciones para darle seguimiento a la requisición y transformarla en una orden de compra de material.

Para generar una orden de compra es necesario que el departamento de adquisiciones realice la selección del proveedor más conveniente para la empresa, cabe mencionar que el proceso de reclutamiento del proveedor no es tema que le competa al algoritmo puesto que cada empresa tiene su política de selección, lo que si le compete es contar con una cotización por parte del proveedor elegido, ya que en esta el proveedor establece el costo del insumo que se le está solicitando así como el tiempo de entrega del mismo.

Como se puede observar el módulo de adquisiciones será el encargado de llevar el trato directo con los proveedores de los materiales.

El módulo de adquisiciones deberá ser alimentado por la explosión de insumos de los proyectos de la empresa la cual viene contenida dentro de sus respectivos presupuestos, aunque las funciones para realizar presupuestos y análisis de precios unitarios no estarán contenidas dentro del algoritmo, se habilitará una función para cargar la explosión de insumos provenientes de otro software o de hojas de cálculo de Excel®.

EL propósito de señalar la explosión de insumos de los proyectos como una entrada para la logística de suministros de las adquisiciones es para brindarle al usuario la facilidad de comparar como primera instancia que los insumos solicitados en la requisición estén contemplados dentro del proyecto para el que hayan sido demandados. Como segunda instancia para tener la base de los precios que se debe pagar por cada insumo y comparar con los precios emitidos en la cotización del proveedor, pese a que cada orden de compra requiera de la autorización por parte del departamento de costos para su liberación.

Es tarea fundamental del área de procuración asegurarse que los recursos solicitados se encuentren en los proyectos antes del tiempo para el cual vayan a ser utilizados, por esto, es necesario que el módulo de adquisiciones tenga acceso a los cronogramas o programas de obra del módulo de tiempo para conocer en qué periodo serán empleados cada uno de los insumos y poder garantizar que estos se encontrarán disponibles en la empresa antes de su utilización.

Salidas

Por otra parte, como resultados obtenidos mediante el procesamiento de los datos de entrada mencionados en los párrafos anteriores, están:

- Línea base de adquisiciones
- Órdenes de compra
- Calendario de adquisiciones

La línea base de las adquisiciones indicará como es que se llevará a cabo la compra de cada uno de los recursos durante la ejecución del proyecto para el cual fueron solicitados. Será el plan que se seguirá y evaluará para corroborar que cada una de las adquisiciones fueron efectuadas de acuerdo con lo planeado, o sea que hayan sido entregadas en el plazo establecido, que se haya pagado lo acordado con el proveedor, que cumplan con las características de calidad solicitadas etc. o en caso de haber una discrepancia poder identificar y documentar los cambios ocurridos.

Con el objetivo de documentar los acuerdos entre el proveedor y la empresa el módulo de adquisiciones le permitirá al usuario la elaboración de órdenes de compra en las cuales se podrán especificar los insumos requeridos en cantidad, términos de pago y entrega.

Sin embargo, es importante mencionar que el módulo de adquisiciones no procederá a realizar ningún tipo de orden de compra si no ha recibido una solicitud de requisición del módulo de recursos, es por esto por lo que como se comentó en el módulo de adquisiciones la solicitud de requisición de bienes y/o servicios se considera la entrada del proceso para la generación de una orden de compra.

De acuerdo con los plazos de recepción de cada insumo o material se obtendrá un calendario en el que se delimiten las fechas de entrega de cada uno de los recursos y las cuales se deben monitorear para asegurar que sean cumplidas por parte del proveedor y que los recursos se encuentren disponibles para el inicio de cada una de las actividades y no se genere un retraso en el programa de obra debido a la falta de suministros a tiempo.

1.1.1.6 Subcontratación de servicios

Los proyectos de construcción están integrados por un conjunto de actividades que se requieren para desarrollar una edificación. Por lo que no siempre la empresa encargada de la obra la ejecuta, ya sea porque no cuentan con el personal especializado, por disminuir su inversión y aporte de recursos al proyecto o simplemente por estrategia administrativa por lo que optan por el régimen de la subcontratación.

Hoy en día la subcontratación de trabajos en el sector de la construcción es una práctica muy común que da la oportunidad a las empresas de acudir a otras personas físicas o morales para delegar la ejecución de un conjunto de tareas específicas dentro de un proyecto de construcción.

En el momento en que una persona o sociedad presta un trabajo o servicio y la otra empresa lo recibe, se crea una relación laboral de trabajo entre ambas por lo que se requiere de un escrito entre ambas partes de índole laboral donde se especifiquen y establezcan todos los acuerdos correspondientes y las responsabilidades en materia laboral entre las empresas involucradas.

El área de procuración es quien se encarga de gestionar este tipo de contrataciones con las empresas externas que prestan su servicio, por medio de un proceso en donde se eligen a los contratistas idóneos para el proyecto.

Por tal motivo, conociendo este sistema de subcontratación de actividades, se designó dentro del módulo de adquisiciones la función para poder realizar el documento o contrato, designado como solicitud de orden de trabajo dentro del algoritmo para que la empresa constructora contratante pueda gestionar su relación laboral con los contratistas.

No obstante, para que este procedimiento puede llevarse a cabo es necesario que el módulo de adquisiciones interactúe con otros módulos del algoritmo como es el de tiempo y costos, puesto que en toda orden de trabajo que se realice será necesario llegar a un acuerdo económico con el contratista por la prestación de su servicio, así como la definición del plazo que se le otorgará a la parte subcontratada para realizar el trabajo solicitado.

A continuación, en la Figura. 10 se señala los datos necesarios para que el módulo de adquisiciones pueda gestionar el proceso de subcontratación al igual que los resultados que se deben obtener por medio del análisis y procesamiento de los datos de entrada.

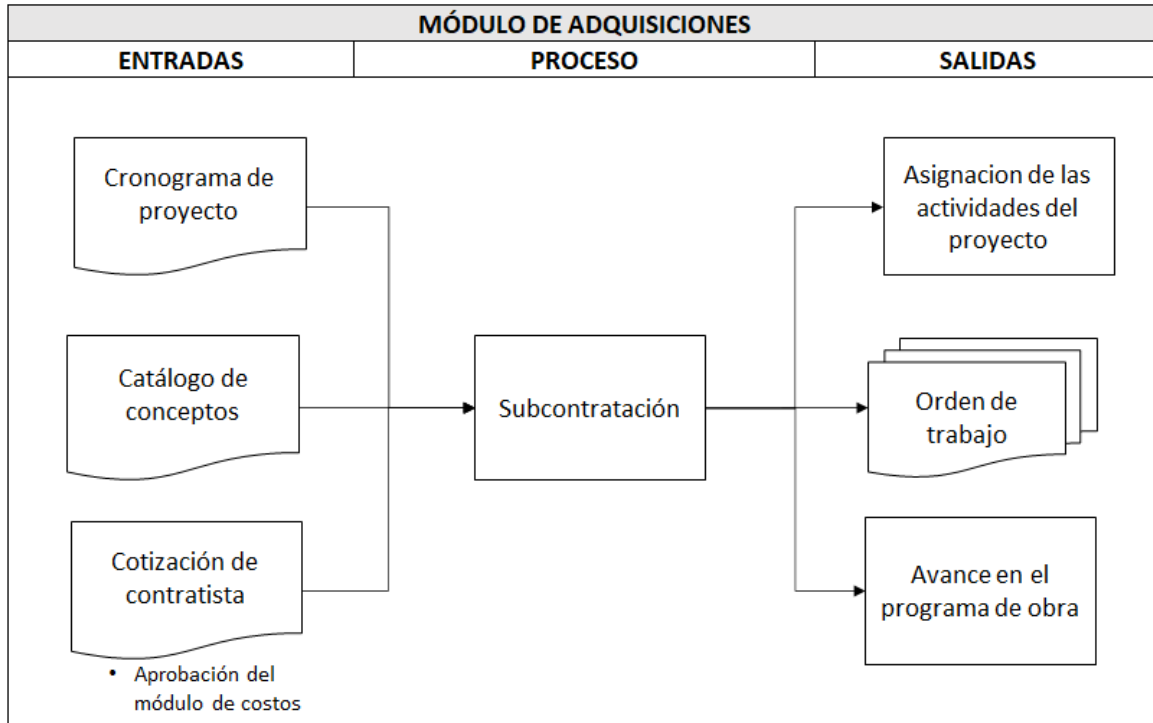


Figura. 10 Delimitación de los datos de entrada y salida del proceso de subcontratación

Entradas

Los datos considerados como entradas para llevar a cabo el protocolo de subcontratación de actividades son:

- Cronograma de proyecto
- Catálogo de conceptos
- Cotización de contratista

El cronograma muestra el orden lógico y consecuente de todas las actividades involucradas en el proyecto junto con sus respectivas fechas de inicio y término. El módulo de adquisiciones debe tener acceso a los cronogramas de sus proyectos puesto que este es la base para la subcontratación de actividades.

El proceso de subcontratación podría consumir un periodo considerable durante el desarrollo del proyecto dependiendo de la política de cada empresa, entonces, es indispensable que el área de procuración al conocer las fechas planeadas para la ejecución de las actividades según el cronograma lleve la gestión adecuada para realizar el procedimiento de subcontratación de servicios con empresas externas con el propósito de iniciar la ejecución de las actividades conforme a lo planeado y evitar el retraso de las actividades en el programa de obra.

El catálogo de conceptos al contener la lista de todas las actividades del proyecto agrupadas por partidas o según las etapas en las que se divide el proyecto, le facilita al módulo de adquisiciones el proceso de cotización y asignación de las actividades.

Esto se da gracias a que en dicho catalogo se indica la descripción detallada de los conceptos a contratar y la cantidad de trabajo que el contratista debe realizar dentro del proyecto. Cabe mencionar que dentro del algoritmo no se contempla la función para realizar un catálogo de conceptos, sin embargo, se maneja la opción de que el algoritmo pueda ser alimentado por el catálogo de conceptos creado en otro sistema de cómputo.

Finalmente, como parte de los datos de entrada para el proceso de subcontratación está la selección y recepción de la cotización del contratista más favorable para participar en el proyecto. Dicha cotización irá de acuerdo con la actividad solicitada por el área de procuración y deberá ser aprobada por el módulo de costos para garantizar que el precio propuesto por la subcontratante se encuentra dentro del presupuesto del proyecto.

Salidas

Una vez analizados y procesados los datos anteriores, el módulo de adquisiciones del algoritmo le permitirá al usuario obtener los siguientes resultados:

- Asignación de las actividades del proyecto
- Solicitudes de ordenes de trabajo
- Avance en el programa de obra

La subcontratación de trabajos indicará que las actividades del proyecto se encuentran asignadas a un responsable que en este caso será el contratista al que se le hayan adjudicado. De tal modo que las empresas tendrán una visión global no únicamente de la secuencia y tiempos de ejecución de las actividades sino también los contratistas responsables de ejecutarlas, por lo que el programa de obra estaría cubierto y solo sería cuestión del monitoreo y seguimiento.

Como se mencionó anteriormente dentro de este apartado, se requiere de un documento donde se concrete la relación laboral entre la empresa contratante y la prestadora de servicios en el cual se establezcan las actividades a ejecutar, el plazo de entrega y la forma de pago entre otros acuerdos. Es por esto por lo que dentro del algoritmo se contempla la función para que el usuario pueda elaborar esta solicitud de orden de trabajo.

Finalmente, al tener asignadas y contratadas las actividades de los proyectos, se podría asumir que la empresa tiene bajo control y maneja de forma organizada el proceso de subcontratación al tener un plan de como deberían de llevarse a cabo el desarrollo de las actividades, contribuyendo en el avance de la obra mediante la ejecución de los trabajos según el tiempo establecido y de manera óptima por parte del contratista, quedando como tarea de la empresa contratante la supervisión, el control y seguimiento de dicho plan.

4.2.2. Módulo de recursos

Cuando se identifican todas las actividades involucradas dentro de un proyecto de construcción como siguiente paso está el determinar los recursos que se requieren para la realización de cada una de estas, por lo cual es fundamental crear un plan de gestión de recursos.

Para optimizar el proceso de planificación de recursos es indispensable la correlación con otras áreas de la empresa por la información que estas generan. En este caso, el módulo de recursos estará relacionado con los módulos de adquisiciones, tiempo y recursos.

Es importante mencionar que este módulo del algoritmo estará diseñado para ayudar a las empresas constructoras en la planificación y control de sus recursos, sin embargo, se limita únicamente a los recursos materiales, como maquinaria y equipo, herramientas, materia prima etc. no contempla el área de recursos humanos.

En la Figura. 11 se muestra la relación del módulo de recursos con los otros módulos del algoritmo puesto que para llevar a cabo el proceso de gestión de recursos se necesita un conjunto de datos de entrada los cuales mediante el análisis de la información permiten obtener el plan para la administración de los recursos, su control y seguimiento.

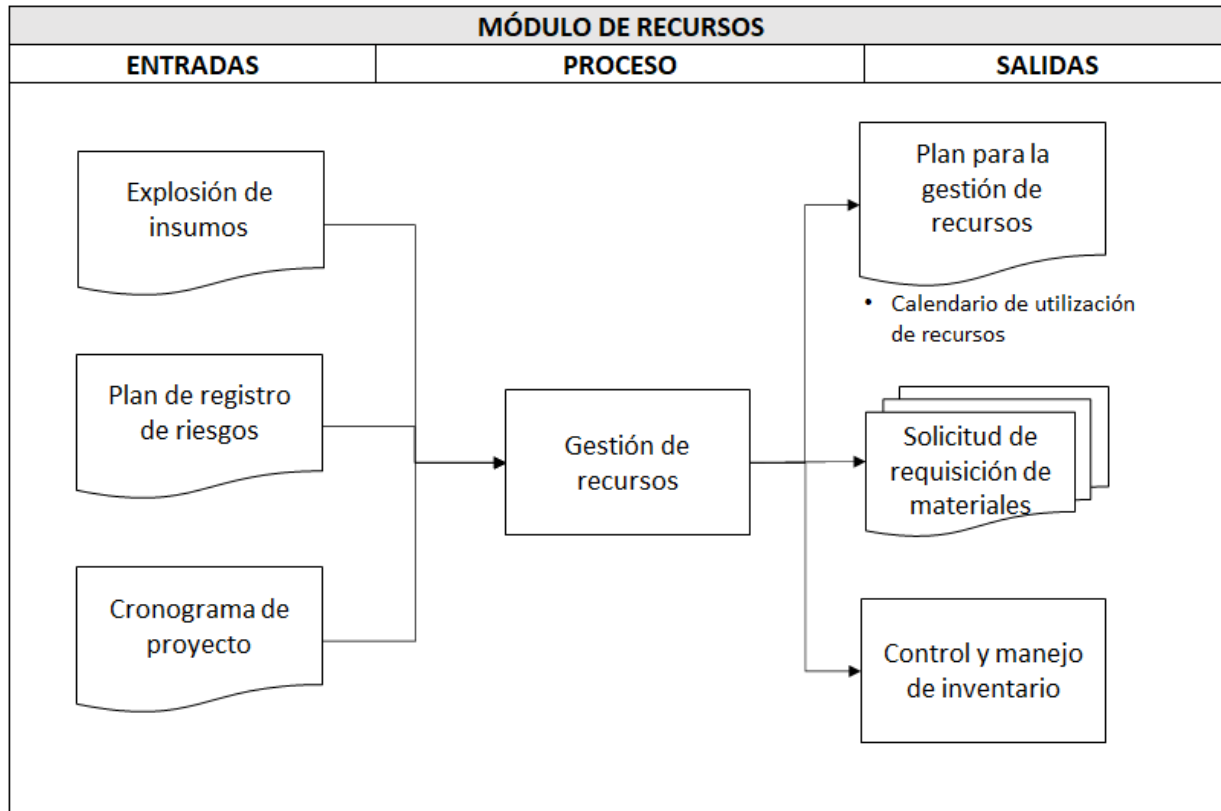


Figura. 11 Identificación de los datos de entrada y salida para la gestión de recursos

Los datos considerados como entradas para la administración de recursos en el módulo de recursos son:

- Explosión de recursos
- Plan de registro de riesgos
- Cronograma de proyecto

Es indispensable que el módulo de recursos pueda alimentarse de la explosión de insumos del proyecto ya que este le indicaría la lista de materiales necesarios para cada proyecto y sus respectivas cantidades de manera que sea fácil la identificación de los insumos para cada actividad y se puedan solicitar al módulo de adquisiciones mediante una requisición de compra en la que se especifique los insumos y la cantidad necesaria de cada uno de estos.

Dentro de cada proyecto existen riesgos que pueden afectar el desarrollo de éste por lo cual es tarea de la empresa constructora evaluar todo tipo de riesgos y emitir medidas de mitigación. El poner en práctica estas medidas implica la mayoría de los casos el uso de recursos que no fueron considerados dentro del programa inicial del proyecto y por ende es probable que no se encuentren dentro del catálogo y explosión de insumos del proyecto, pese a ello gracias al módulo de riesgos del algoritmo el usuario podrá realizar un plan de acción de respuesta de riesgos por lo cual dicha información le servirá al módulo de recursos para identificar, calcular y contemplar dentro del plan de gestión de recursos aquellos insumos necesarios para llevar a cabo las medidas de acción contra los riesgos de los proyectos.

Aunado a esto, cuando se tengan identificados los insumos requeridos con sus respectivas cantidades es necesario que el módulo de recursos se apoye en el módulo de tiempo del algoritmo puesto que como parte de la gestión de recursos es definir el tiempo en el que se utilizará cada insumo de forma que el módulo de recursos deberá tener acceso al cronograma de proyecto ya que al calcular los recursos de cada actividad del proyecto debe asignarles un periodo en el cual serán utilizados y así indicarle también al módulo de adquisiciones la fecha para la cual los insumos deben encontrarse en el almacén de la empresa o en el sitio asignado por la empresa según sea el caso listos para utilizarse.

Salidas

Uno de los principales factores que generan complejidad a un proyecto de construcción descende del hecho de que se emplean diversos tipos de recursos para la ejecución de las actividades de la obra y que, además éstos son utilizados en cantidades relativamente grandes. Por tal motivo las empresas constructoras optan por un sistema de apoyo cuyo propósito es administrar correctamente los recursos del proyecto.

La administración y manejo de los recursos de la empresa es un eslabón dentro de la cadena de logística de suministros. El proceso de compra y almacenamiento de materiales, son actividades fundamentales que se contemplan dentro de la planificación de recursos, puesto que el propósito principal de este es tener un adecuado manejo, una correcta distribución y un buen aprovechamiento de los recursos con que cuenta la empresa para la ejecución de sus proyectos.

Todo plan de recursos debe incluir como base un calendario o un programa de utilización de recursos que señale cuando se va a utilizar cada recurso. Este modelo de programación de insumos no partiría desde cero puesto que mediante el algoritmo el usuario al tener acceso al cronograma de proyecto del módulo de tiempo, únicamente tendría que seleccionar cada actividad contenida dentro del cronograma y asignarle los recursos indispensables para su desarrollo, de tal forma que al estar las actividades ya enumeradas en el cronograma, automáticamente a los recursos se les asignará una fecha de utilización, según las fechas definidas de cada actividad en el programa de obra.

Por consiguiente, cuando se tienen identificados los bienes requeridos para las actividades de los proyectos de la empresa es necesario realizar el proceso de compra o renta de dichos insumos debido a lo cual el algoritmo dispone la función para elaborar solicitudes de requisición de compra.

El formato de requisición de compra es un documento que es elaborado en este caso por el personal de almacén para notificar al departamento de adquisiciones del proyecto los recursos que se necesitan pedir, la cantidad y el plazo límite de recepción.

Por lo que el módulo de recursos que es quien poseerá esta función de solicitar insumos y el módulo de adquisiciones podrá transformar dichas requisiciones en órdenes de compra y quien además es el módulo intermediario entre el módulo de recursos y el de costos del software.

Se puede apreciar que estarán estrechamente relacionados dentro del software debido a la información que comparten, ya que las requisiciones de compra y las órdenes de compra son documentos clave en el proceso de adquisición de insumos que la empresa necesita es por esto por lo que será tarea de ambos departamentos garantizar que los materiales de la obra se encontrarán disponibles en el momento adecuado.

Por otra parte, otro resultado derivado del proceso de gestión de recursos está la administración de almacenes que permite el control y manejo del inventario. Los almacenes de este tipo de empresas son espacios destinados para guardar, proteger, y despachar todo tipo de materiales, herramientas y equipos necesarios durante el desarrollo de sus proyectos. Por lo que una ejecución exitosa de una obra de construcción requiere que todos los recursos sean gestionados de manera efectiva.

La gestión de almacén es una pieza fundamental dentro de la estructura orgánica de la cadena de suministros, la cual se divide principalmente en tres etapas: recepción, almacenamiento y distribución. En este caso, el módulo de recursos asigna los insumos para cada una de las actividades de la empresa y los manda a solicitar mediante una requisición de compra donde especifica qué, cuánto y cuándo se necesitan dichos recursos, el módulo de adquisiciones da seguimiento a la requisición de compra hasta convertirse en una orden de compra, la cual garantiza que el recurso será entregado a la empresa dentro del periodo de tiempo establecido.

Atendiendo a dicho proceso, dentro del módulo de recursos también se prevé la función para la logística de almacén, con el propósito de garantizar el suministro continuo y oportuno de los bienes adquiridos por la empresa mediante las funciones para: recepción de materiales, captura de entradas y salidas de almacén, almacenamiento de materiales, despacho de recursos mediante la coordinación con el módulo de adquisiciones y tiempo del algoritmo.

4.2.3. Módulo de tiempo

Cualquier proyecto sin importar la índole está delimitado por un periodo de tiempo, es decir, posee una fecha de inicio y una de término. Lo ideal es que estas fechas sean respetadas y que el proyecto se desarrolle en tiempo y forma según lo establecido.

La gestión de tiempo es un factor clave dentro de un proyecto y en el sector de la construcción no es la excepción. La administración del tiempo incluye todos los procesos necesarios para llevar a cabo la culminación del proyecto dentro del rango de tiempo designado.

Por tal motivo, dentro del algoritmo en estudio se encuentra la función para poder crear un modelo de programación de tiempo dentro del presente módulo. Se plantea que con dicha herramienta el usuario pueda realizar un cronograma de obra en el cual se le permita asignar el tiempo necesario para realizar cada una de las actividades del proyecto, así como el seguimiento de fechas de puntos

o eventos importantes dentro del proyecto, además de servir como instrumento para comunicar el desempeño de la obra.

Por lo cual, este módulo se relaciona con todos los demás módulos del algoritmo como adquisiciones, recursos, costos y riesgos, además de que este mismo requiere ser alimentado de otro tipo de datos competentes al área de programación de un proyecto.

A continuación, en la Figura. 12 se muestran los datos necesarios para llevar a cabo el proceso de gestión del cronograma de proyecto y los resultados que se obtendrán mediante dicho análisis.

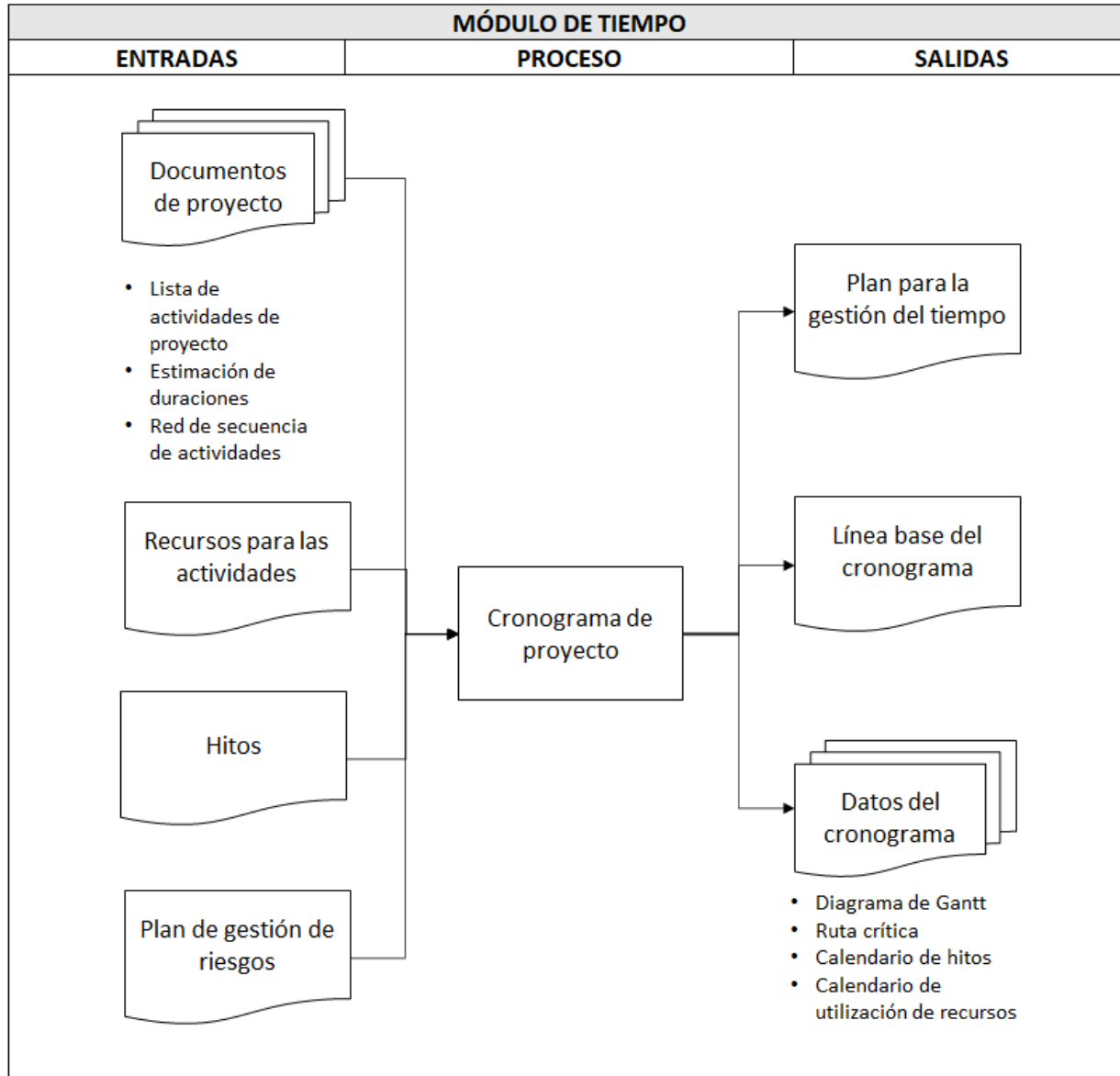


Figura. 12 Delimitación de los datos de entrada y salida para el cronograma de Proyecto

Entradas

Los requisitos necesarios para la creación de un modelo de programación en el módulo de tiempo son:

- Documentos de proyecto: lista de actividades del proyecto, estimación de duraciones y red de secuencias
- Recursos para las actividades
- Hitos
- Plan de gestión de riesgos

El desarrollo del cronograma de proyecto implica de un gran esfuerzo por parte del equipo de trabajo de la empresa, ya que este tiene la tarea de recopilar los datos específicos del proyecto como la identificación de todas las actividades que se requieren ejecutar, estimar el rango de tiempo que se requiere para la realización de cada una de ellas, así como definir su relación de secuencia mediante un diagrama de red. Todo esto es recopilado y analizado para crear un modelo de programación que sirva como herramienta de planificación del tiempo para el proyecto.

Si bien la gestión del cronograma comprende información sobre el tiempo estipulado para la ejecución del proyecto, sino que también se encuentra fuertemente ligado con el módulo de adquisiciones y recursos puesto que al estar calendarizadas todas las actividades involucradas en un proyecto se necesita asignarle los recursos a cada una de ellas (proceso descrito en el módulo de recursos).

Dentro de todo cronograma es fundamental contemplar aquellas fechas que indiquen un acontecimiento importante para el proyecto como fecha de etapas entregables, reuniones programadas incluso eventos claves relacionados específicamente de la empresa, por lo cual es necesario que este tipo de fechas sean proporcionadas al algoritmo para ser analizadas y calendarizadas.

El plan de registro de riesgos contiene toda la información relacionada para hacer frente al conjunto de riesgos que se pudiesen presentar en un proyecto. Como este plan evalúa el proyecto desde su inicio hasta su fin, se asume que durante todo el proyecto se estarán realizando una serie de actividades para evitar la materialización de los riesgos, por lo cual es necesario comprender dichas actividades dentro de la planeación del tiempo en los proyectos, ya que así como el módulo de riesgos se encargará de tomar todas las medidas necesarias para mitigar los riesgos del proyecto durante el desarrollo de cada una de las actividades, el cronograma debe considerar la ejecución de cada una de estas medidas preventivas.

Salidas

La posibilidad de que una empresa pueda dirigir un proyecto exitosamente se debe principalmente a la planeación y el control y seguimiento que se le da. De tal manera que para controlar un proyecto se necesita saber qué y cuándo se va a ejecutar para controlar que se realice lo planeado.

Gracias a la compilación y suministro de todos los requisitos e información referente al proyecto proporcionados al algoritmo es posible que este cree una ruta que planifique la ejecución del proyecto conocido como el plan de gestión del cronograma del proyecto.

Al contar con un cronograma de proyecto, la empresa podrá tener la dirección para ejecutar sus proyectos y alcanzar los objetivos planeados. Cuando un cronograma se analiza y autoriza por parte de los interesados este se convierte en la línea base del plan de la gestión de tiempo.

De lo anterior, mediante la línea base del cronograma obtenida en el módulo de tiempo del algoritmo, la empresa obtendrá el plan para saber qué se hará en sus proyectos, cómo se dará la ejecución de las actividades, así como el tiempo necesario para el desarrollo de cada una de ellas. De tal manera que la empresa será la encargada de asegurarse que la información contenida en la línea base fluya adecuadamente según lo planeado e identificar posibles amenazas que pudiesen presentarse durante el desarrollo del proyecto.

Dentro del plan para la gestión y línea base del cronograma, el módulo de tiempo determinará otros datos del cronograma como la definición de las actividades críticas de los proyectos mediante el método de la ruta crítica, el diagrama de Gantt, el calendario de hitos y el calendario de utilización de recursos.

Por medio de la definición de la duración y la secuencia de actividades proporcionadas por el usuario el algoritmo determinará el diagrama de barras conocido como diagrama de Gantt que le permita a la empresa una visualización gráfica del cronograma del proyecto. Además de calcular la ruta crítica de sus proyectos e identificar aquellas actividades críticas a las que la empresa debe prestar mayor atención. Otro de estos datos para el cual el algoritmo tendrá función es para determinar un calendario de hitos que muestre cronológicamente las fechas de los eventos importantes dentro de cada proyecto y de la empresa.

Por último, con la interacción entre el módulo de tiempo y el módulo de recursos del algoritmo, se determinará el calendario de utilización de recursos. Esto realizará por medio del cronograma de proyecto del módulo de tiempo el cual como se ha venido mencionando contendrá la relación y secuencia de todas las actividades involucradas en un proyecto, de tal forma que el módulo de recursos al tener identificado los insumos necesarios para cada actividad se procederá a realizar la asignación de cada uno de los recursos en las actividades del proyecto de tal manera que al estar estas definidas en una fecha de ejecución automáticamente los recursos poseerán una fecha de utilización.

4.2.4. Módulo de costos

La administración de los costos involucrados en un proyecto de construcción es una tarea sumamente importante, ya que el implementar un sistema de control de costos durante el desarrollo de éste puede ser un factor clave que garantice el éxito o el fracaso del proyecto.

La gestión de costos tiene como principal objetivo ejecutar el proyecto de construcción dentro del presupuesto designado, y, para lograrlo este departamento se encuentra coordinado y en constante comunicación con todos los módulos del algoritmo en estudio.

De acuerdo con la 6^a Edición del PMBOK el proceso para la gestión de costos de un proyecto se encuentra dividido en tres etapas: estimar, presupuestar y controlar los costos de manera que el proyecto se ejecute dentro del presupuesto asignado.

Sin embargo, el módulo de costos del algoritmo está diseñado para cubrir únicamente la tercera etapa que es control y monitoreo del presupuesto. Por esta razón este módulo no ofrecerá a la empresa la función para realizar un presupuesto ni análisis de precios unitarios, explosión de insumos y entre todo lo relacionado a esto, sino que le brindará la opción de alimentarse de este tipo de datos provenientes de otros sistemas ERP especializados únicamente en la gestión de costos como opus, neodata o hasta hojas de cálculo de MS Excel.

Para cumplir con el objetivo de las empresas de culminar su proyecto de acuerdo con el presupuesto planeado este módulo se enfoca en el proceso de gestión y análisis del costo de insumos y en la gestión del manejo de estimaciones de los proyectos.

1.1.1.7 Gestión de insumos

En todo presupuesto de proyecto se contempla el costo de los recursos que se utilizarán para el desarrollo de este, ya sea de costo directo como materiales, equipo, maquinaria etc. como los costos indirectos del proyecto que son comúnmente asociados a las actividades de la empresa para desarrollar sus proyectos o tareas cotidianas por lo cual comúnmente tienden a calcularse de forma porcentual con base al presupuesto total del proyecto.

Sin embargo, el método o la forma en la que se determinen los costos directos e indirectos de los proyectos de una empresa no es tema que competa al módulo de costos sino la forma en la que estos son controlados y se les da el seguimiento para que sean respetados durante toda la actividad de la empresa.

Por tal motivo, en la Figura. 13 se muestra el proceso contemplado en el algoritmo para el manejo y gestión de los insumos del proyecto, así como los datos de entrada que se requieren para obtener los resultados esperados.

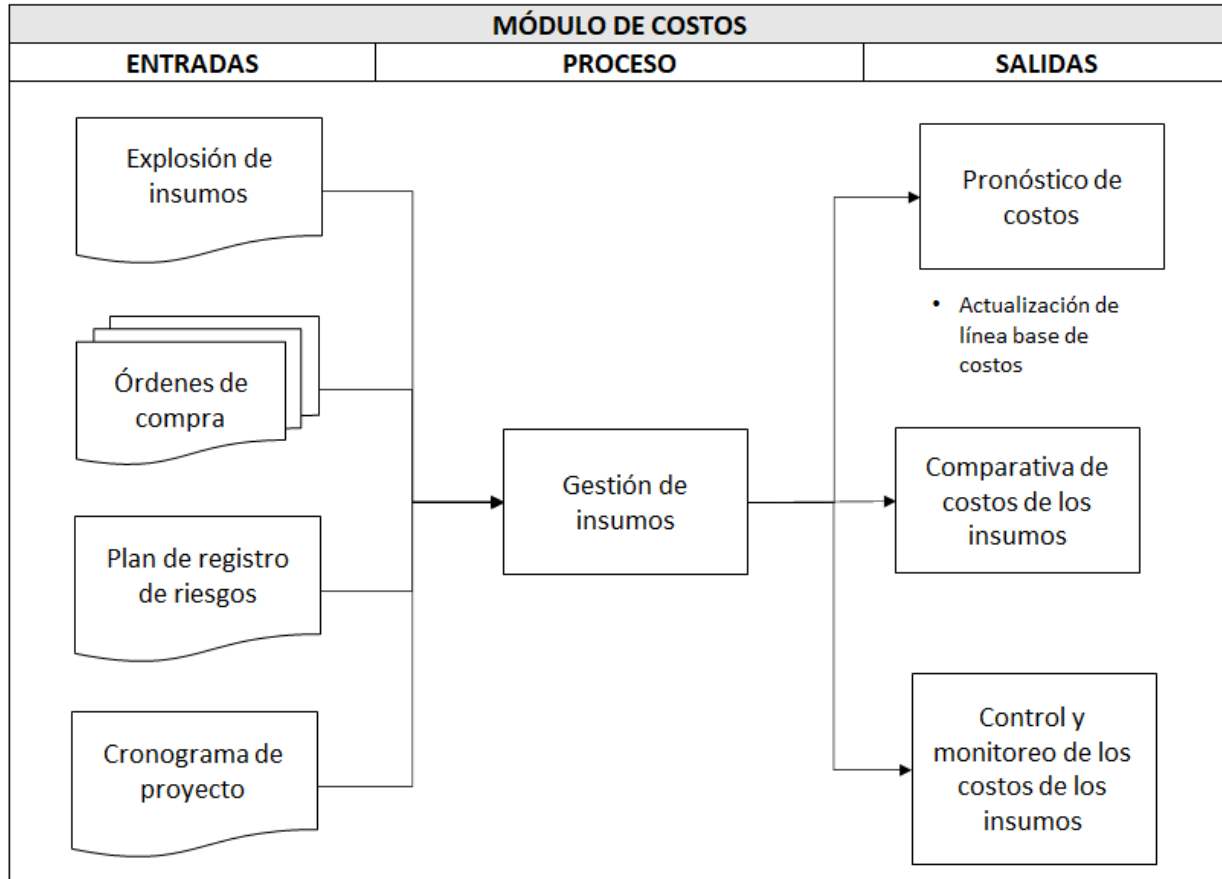


Figura. 13 Identificación de las entradas y salidas para la gestión de insumos

Entradas

Las entradas identificadas para este proceso de acuerdo con la figura 13 son:

- Explosión de insumos
- Órdenes de compra
- Plan de registro de riesgos
- Cronograma de proyecto

La explosión de insumos no indica únicamente la lista de recursos indispensables para el desarrollo de un proyecto, sino que junto con estos viene el costo que implica la adquisición de cada uno de ellos. Por lo cual esto servirá como dato de referencia para el algoritmo puesto que los costos señalados en la explosión de insumos son los costos que se deben controlar, esto quiere decir, son la unidad de referencia mediante la cual se aceptarán o rechazarán las solicitudes de compra de los recursos.

Las órdenes de compra a pesar de ser una de las salidas del módulo de adquisiciones en el módulo de costos se consideran otra entrada para la gestión de insumos puesto que en estas se establece la cantidad que se pagará por cada recurso del proyecto y que por lo tanto debería de ser acorde con el precio determinado en la explosión de insumos. Por lo cual una orden de compra representa un egreso que la empresa tiene que absorber y que por ende debe ser monitoreado.

La relación del módulo de riesgos y este módulo nace del plan de registro de riesgos ya que este incluye todas las actividades para dar respuesta a los riesgos que pudiesen presentarse en un proyecto y que al igual que todas las actividades del proyecto, estas también implican un costo para la empresa, por lo cual es necesario que sean considerados dentro de la gestión de insumos.

Finalmente, el cronograma del proyecto es una pieza fundamental para el análisis de costos de los insumos ya que éste marcará la pauta de cómo se utilizarán los recursos y por ende como es que se producirán este tipo de egresos para la empresa y por lo tanto monitorear que estos se lleven de acuerdo con lo planeado.

Salidas

Por otra parte, como resultados que se obtendrán en el algoritmo a través del procesamiento de los datos de entrada comentados en los párrafos anteriores, se encuentran:

- Pronóstico de costos: actualización de la línea base
- Comparativa de los costos de los insumos
- Control y monitoreo de los costos de los insumos

La línea base de costos de todo proyecto de construcción es el presupuesto y todos sus derivados, aprobados y autorizados por los interesados en un proyecto. Por lo cual, este conjunto de documentos es quien determina cuanto se va a gastar en la ejecución de cada etapa del proyecto.

Si bien se comentó la explosión de insumos contiene la lista de todos los recursos necesarios para un proyecto y los costos base que la empresa está dispuesta a pagar por cada uno de ellos, sin embargo, no siempre se puede llegar a un acuerdo con los proveedores o quizá por otras circunstancias ajenas a la empresa no se puede respetar el costo planeado, no obstante se busca obtener un costo similar al previsto por lo cual en algunas ocasiones los egresos del proyecto pueden resultar en el mejor de los escenarios un costo menor al planeado o de lo contrario un costo un poco más alto.

De tal manera que por medio del análisis de la gestión de insumos que ofrece el algoritmo les permitirá a las empresas hacer un pronóstico de los costos de los recursos de sus proyectos pese a lo planeado y de haber una discrepancia analizar la situación y de aceptarse la variación actualizar la línea base de costos.

El monitoreo de los costos de los insumos de la empresa en el algoritmo se dará mediante la comparativa de los precios planeados vs los reales. El módulo al ser alimentado de la explosión de insumos del proyecto y de las órdenes de compra expedidas por el módulo de adquisiciones podrá realizar dicha comparativa. Ya que como se mencionó en el módulo de adquisiciones toda orden de compra requiere de la aprobación del módulo de costos, puesto que éste verificará que el costo establecido por el proveedor sea similar al costo base determinado por la empresa.

De esta forma la empresa, podrá ir controlando los costos de sus insumos e ir monitoreando que estos se vayan dando dentro del tiempo programado, que impliquen un egreso igual al previsto o dentro del rango de variación aceptado y que sean recursos exclusivamente contemplados por la empresa.

1.1.1.8 *Gestión de estimaciones*

La subcontratación de trabajos en un proyecto de construcción es una práctica muy frecuente que permite a las empresas encargadas de una obra civil acudir a personas físicas o morales para solicitar de sus servicios y/o conocimientos necesarios para la ejecución del proyecto.

Dicha relación se formaliza a través de un documento que en este caso sería la orden de trabajo que realiza el módulo de adquisiciones la cual tiene el objetivo de señalar el acuerdo al que se llega por ambas partes sobre la actividad que se va a realizar o por la que se está subcontratando, periodo de tiempo de ejecución y el pago a la empresa subcontratada, principalmente.

Cada contratista cuenta con un presupuesto según su trabajo a desempeñar dentro de la obra, por lo que evidentemente esto representa un flujo constante de egresos para el proyecto. Si bien la forma de pago de cada empresa es diferente, sin embargo, es muy común que se les realice el pago a los contratistas conforme el trabajo que van realizando y entregando en un periodo de tiempo, dicho en otras palabras, a través de estimaciones.

Dentro del módulo de costos para el algoritmo del software en estudio se incluye un apartado para el control y monitoreo de los egresos del proyecto, el cual brindará soporte principalmente al seguimiento de las estimaciones emitidas por los contratistas.

Dicho lo anterior, en la Figura. 14 se aprecia los datos considerados como entradas para la ejecución del proceso de subcontratación, y como se puede apreciar este módulo se encuentra estrechamente ligado con el módulo de adquisiciones, con el módulo de tiempo, así como con otro tipo de documentos del proyecto. De lado izquierdo de la figura 14 se indican los resultados que se espera tener en este módulo mediante el procesamiento de la información.

Los datos considerados como entradas para la gestión del control y monitoreo de los costos de estimaciones son:

- Órdenes de trabajo
- Presupuesto del proyecto
- Estimaciones
- Cronograma de proyecto

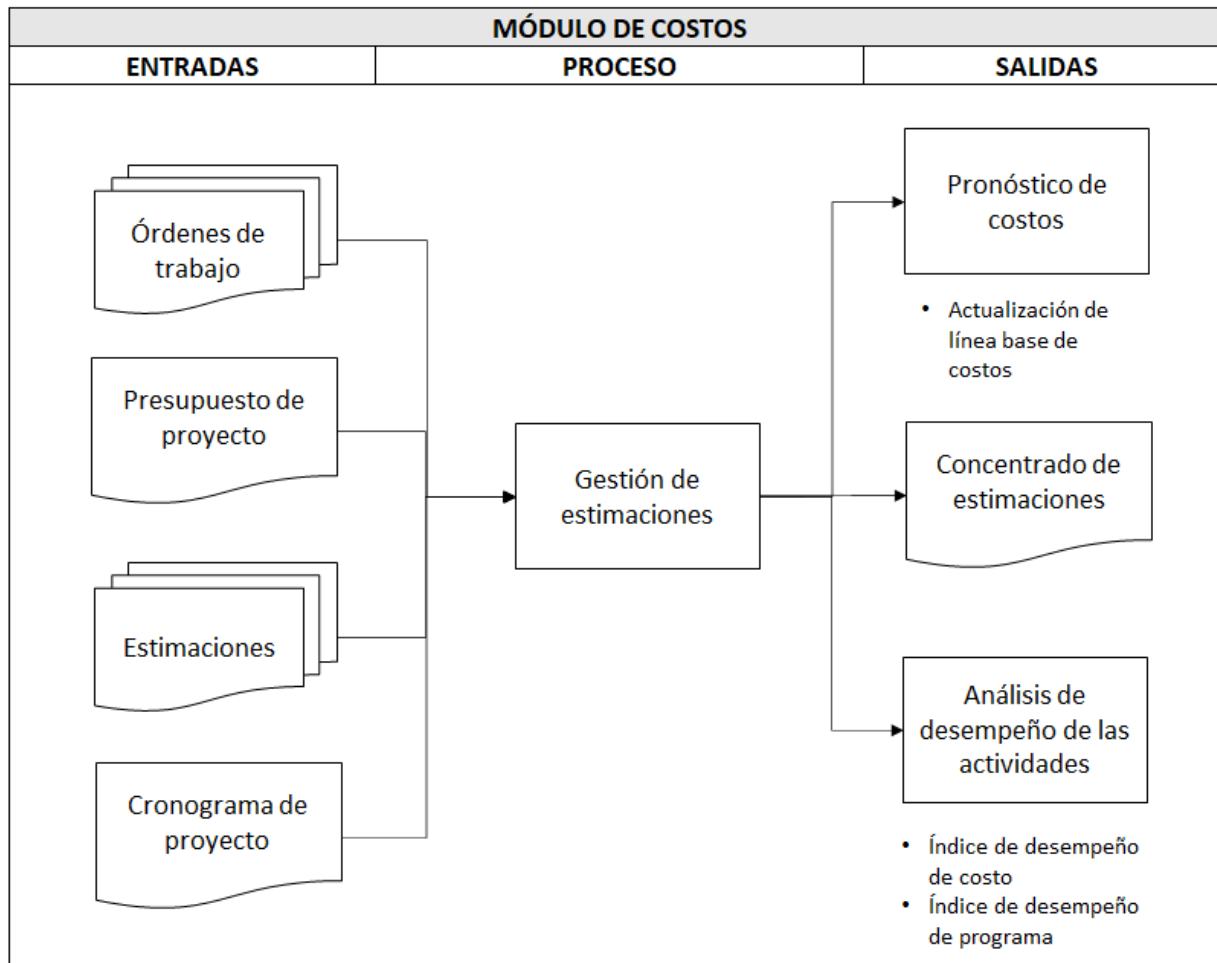


Figura. 14 Definición de los datos de entrada y salida de la gestión de estimaciones

Entradas

Como primera entrada se encuentra la solicitud de orden de trabajo, si bien se explicó anteriormente este documento es una de las salidas esperadas en el módulo de adquisiciones para gestionar el proceso de subcontratación. Cada empresa a la que se le haya solicitado de su intervención en el desarrollo de un proyecto tendrá asignada una orden de trabajo puesto que en esta se indicará el precio acordado por la prestación de su servicio, el plazo de tiempo de ejecución, forma de pago entre otros.

De modo que cada orden de trabajo se traduce en un costo que la empresa debe absorber en sus proyectos, lo ideal es que este sea igual al costo calculado por la empresa de acuerdo con el presupuesto planeado.

Como se mencionó en el módulo de adquisiciones, cada solicitud de orden de trabajo será evaluada por el módulo de costos para verificar que el costo establecido por el contratista sea similar al costo proyectado por la empresa, por tal motivo el módulo de costos debe ser alimentado también por el presupuesto del proyecto, pese a no tener una función para realizar un presupuesto y análisis de precios unitarios, sin embargo, el algoritmo debe poseer la compatibilidad para que las empresas

puedan introducir en el algoritmo sus presupuestos provenientes de otros sistemas ERP especializados en análisis de precios como opus , neodata o incluso hojas de cálculo de MS Excel.

Otra entrada para dicho proceso son las estimaciones generadas por la empresa externa hacia la contratante. En las cuales el contratista indicará el avance de su trabajo en el proyecto expresado en términos monetarios.

Las estimaciones deberán ser acorde con los datos expresados en su respectiva orden de trabajo, por lo cual el algoritmo le debe brindar a la empresa la función para capturar dichas estimaciones en un formato de modo que le permita corroborar que lo estimado por el contratista cumpla con lo establecido en la orden de trabajo, claro está que el algoritmo evalúa únicamente los datos que le son ingresados, por lo tanto, es tarea de la empresa asegurarse que los avances presentados en las estimaciones correspondan efectivamente con los avances físicos en el proyecto.

Con ayuda del cronograma de proyecto generado en el módulo de tiempo, el algoritmo le dará a la empresa la función para conocer la salud económica del proyecto al darle seguimiento al desarrollo de las actividades y corroborar que por medio de los pagos efectuados a los contratistas los egresos del proyecto vayan fluyendo de acuerdo con lo proyectado.

Salidas

Por otra parte, los resultados que se obtendrá a través del algoritmo se enlistan a continuación:

- Pronóstico de costos: actualización de la línea base
- Concentrado de estimaciones
- Análisis de desempeño de actividades: índice de desempeño de costo e índice de desempeño de programa

El presupuesto de un proyecto está compuesto por la sumatoria de los importes de cada una de las actividades. Como se ha venido comentando en las órdenes de trabajo se indica el monto que se pactó con el contratista por ejecutar las actividades solicitadas por parte de la contratante. Lo ideal es que este monto sea igual a la cantidad presupuestada por la empresa para el desarrollo de dichos trabajos, sin embargo, por algunas circunstancias es común que dicho monto no sea igual al del presupuesto.

De tal manera que por medio del análisis de la gestión del proceso de estimaciones que ofrece el algoritmo se les permitirá a las empresas hacer un pronóstico de los costos de la ejecución las actividades de sus proyectos pese a lo planeado y de haber una discrepancia analizar la situación y de aceptarse la variación actualizar la línea base de costos.

Mediante la recepción y captura de las estimaciones de los contratistas el algoritmo dispone de la función para mostrar un resumen de todas las estimaciones hechas por proyecto, el cual se cataloga como concentrado de estimaciones.

Este concentrado de estimaciones le mostrará a la empresa el desempeño de cada contratista en el proyecto en términos económicos por medio de una comparativa del monto con el que fue contratado vs el monto estimado hasta la fecha de corte que establezca la empresa para análisis.

De tal manera que mediante dicho análisis el algoritmo le indique a la empresa si el proyecto se está ejecutando según lo planeado, utilizando el Índice de Desempeño de Costos (CPI) y el Índice de Desempeño de Programa (SPI).

El CPI le indicará a la empresa si sus proyectos se están desarrollando de acuerdo con el presupuesto planeado o si existe una variación y el SPI si los proyectos se están ejecutando según el tiempo establecido en el cronograma hasta la fecha de corte en que la empresa realice el análisis.

4.2.5. Módulo de riesgos

Todas las obras de construcción son proyectos únicos e irrepetibles que poseen diferentes grados de dificultad en su ejecución. Esto implica que los proyectos puedan desencadenar una serie de riesgos que puedan afectar el desarrollo del proyecto en cualquier etapa de su ciclo de vida. Por lo cual la tarea de las empresas constructoras es enfrentar los riesgos del proyecto de forma intencional y controlada.

La gerencia de riesgos se considera como uno de los factores con mayor influencia dentro de cualquier organización sin importar el tamaño, ya que un análisis apropiado, la identificación oportuna y una correcta evaluación de riesgos puede transformarse en una gran ventaja para la empresa.

El módulo de riesgos dentro del algoritmo para el software tiene como propósito brindarles a las empresas constructoras una herramienta de control de registros de riesgos para que puedan realizar un seguimiento de los peligros y consecuencias residuales mediante un formato en el cual puedan establecer sus medidas de control y acciones correctivas.

Para realizar tal análisis es necesario la relación de este módulo con los cuatro módulos anteriormente descritos. Como se aprecia en la figura 15 gran parte de las salidas de los módulos de adquisiciones, recursos, tiempo y costos son consideradas como entradas para llevar a cabo el proceso de gestión de riesgos.

Como en un proyecto se pueden presentar todo tipo de riesgos es por esto que el módulo de gestión de riesgos deberá tener acceso a todos los resultados obtenidos en los demás módulos del software con el propósito de facilitarle a la empresa la identificación y evaluación de los riesgos que pudiesen presentarse en sus proyectos.

A continuación, en la Figura. 15 se muestran las entradas necesarias para el proceso de registro de riesgos, así como los resultados que se obtendrán mediante el análisis de los datos de entrada.

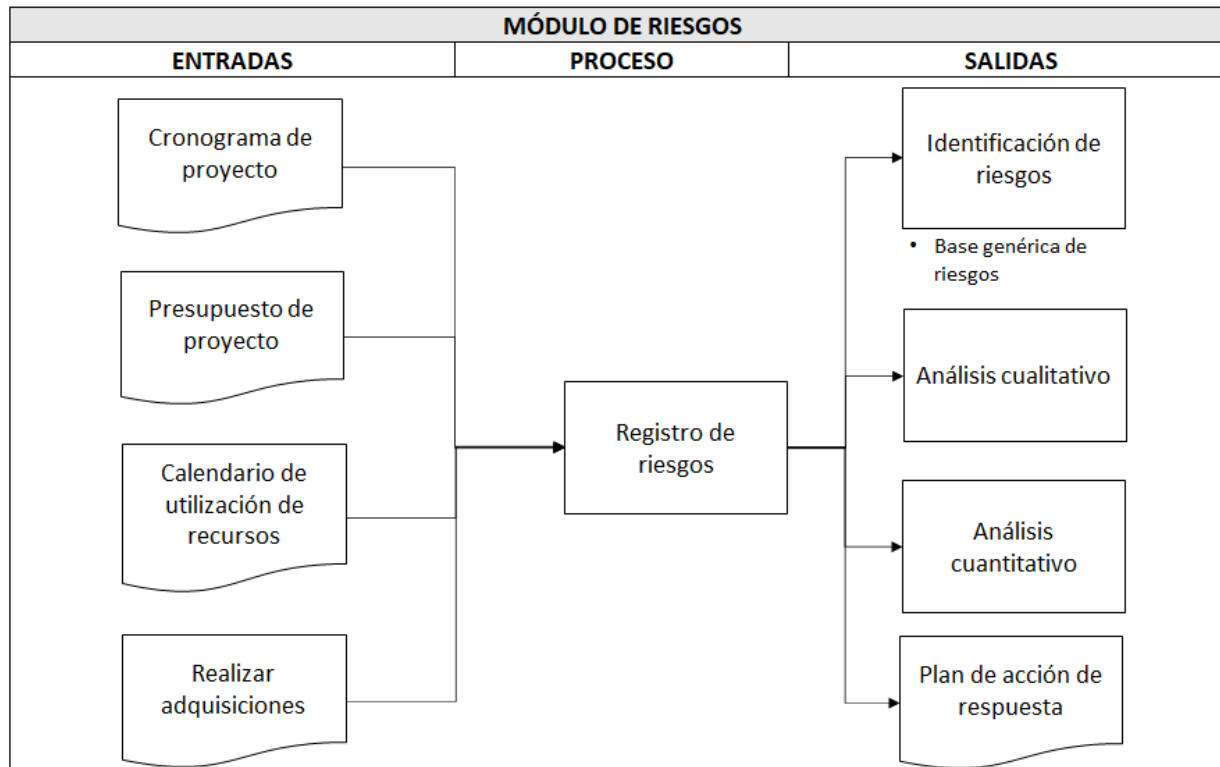


Figura. 15 Identificación de las entradas y salidas para el proceso de registro de riesgos

Entradas

Los datos indispensables para realizar el registro de riesgos se enlistan a continuación:

- Cronograma de proyecto
- Presupuesto de proyecto
- Calendario de utilización de recursos
- Realizar las adquisiciones

El cronograma de proyecto enlista todas las actividades que la empresa debe realizar dentro de éste, su orden y secuencia, así como sus duraciones. Mediante este documento la empresa tiene toda la visualización de las completa del desarrollo de sus proyectos por lo cual le será una fuente de ayuda para que por medio esto la empresa pueda evaluar las etapas de sus proyectos e identificar los posibles riesgos que pudiesen presentarse durante la ejecución de cada una de las actividades. Así como para documentar y programar las fechas para hacer frente a cada uno de los riesgos que pudieran suscitarse.

Los riesgos también se pueden presentar de forma económica en un proyecto pese a tener una planificación y un presupuesto previsto. El presupuesto como entrada para el registro de riesgos le proporciona a la empresa información para la identificación de situaciones económicas que pudieran haber pasado por desapercibidas durante la planificación de los costos, así como la actualización de la línea base del presupuesto debido a la integración de nuevas actividades en el proyecto que implican un costo extra que el proyecto debe contemplar para hacer frente a los riesgos del proyecto.

Los recursos y su proceso de adquisición son un elemento fundamental que analizar para el registro de riesgos. Gran parte de las actividades de un proyecto requieren de insumos que la empresa necesita adquirir con fuentes externas a ella. De manera que es importante que el módulo de riesgos tenga conocimiento sobre los sistemas planeación de adquisiciones y los calendarios de utilización de recursos para evaluarlos y no solamente identificar los posibles riesgos que puedan desencadenarse en el proceso de obtención de los recursos y como esto afectaría al desarrollo de sus proyectos sino que también definir estrategias de acción para evitar que los peligros y amenazas en la adquisición de sus recursos pudiesen presentarse o en su caso mitigar el efecto de estos y poder controlar las consecuencias residuales.

De igual forma para la actualización de la línea o plan base de las adquisiciones para contemplar las solicitudes de cambio quizá en el proceso de obtención de los recursos o contemplar aquellos insumos que mediante el análisis de riesgos del proyecto se necesiten para llevar a cabo el plan de acción de respuesta.

Salidas

Los resultados que el módulo de riesgos ofrecerá a las empresas constructoras son:

- Identificación de riesgos: base genérica de riesgos
- Análisis cualitativo
- Análisis cuantitativo
- Plan de acción de respuesta

Como se ha comentado para una empresa el riesgo es todo aquello que amenaza con impactar negativamente al proyecto en cualquier área y etapa de éste. Por lo que es tarea de los miembros del equipo de trabajo de la organización evaluar el desarrollo de cada una de las actividades involucradas en el proyecto antes de que estas comiencen.

En realidad, la manera en la que la empresa determine los riesgos del proyecto no es un tema en el cual se vaya a profundizar o definir dentro del software ya que esto depende más de las políticas de la empresa, sin embargo, podría decirse que esto ocurre cuando los miembros del equipo tienen una mayor aprehensión del proyecto, de forma que tienden a utilizar distintas técnicas que les faciliten la detección de los diferentes riesgos del proyecto.

Sin embargo, a través de un análisis y estudio de los riesgos que comúnmente tienden a aparecer en los proyectos se contempla dentro del algoritmo que el software le ofrezca al usuario una base de datos de riesgos genéricos con el fin de facilitar el protocolo de identificación de riesgos en un proyecto. A demás de que los riesgos que sean identificados por la empresa puedan irse quedando registrados e ir alimentando esa base de datos.

Otra de las funciones de salida es ofrecerle a la empresa un formato diseñado para realizar un análisis cualitativo de los riesgos documentados. Por medio de este formato el algoritmo priorizará el nivel de impacto del riesgo valorizando su grado de severidad e impacto en el proyecto con ayuda de una matriz de riesgos.

Esta matriz que el formato contendrá se basa en la matriz de riesgos establecida en la 6ª Edición del PMBOK con la cual contiene los valores para definir la probabilidad de ocurrencia del riesgo y su impacto en el proyecto.

El análisis cuantitativo que se desarrollará en este módulo será por medio de otro formato en el que únicamente el algoritmo evaluará los riesgos que hayan sido catalogados con un nivel de prioridad de moderado a alto.

En el dicho formato se calculará el monto total de contingencia mediante la sumatoria de todos los costos que implicaría la materialización de los riesgos en el proyecto y en dado caso de que le empresa no realice ningún tipo de estrategia o medida de mitigación y que por ende el presupuesto del proyecto se vería afectado ya que se tendría que actualizar para contemplar dentro del total de la contingencia calculada.

Por último, el objetivo principal del módulo es que la empresa defina el plan con las estrategias para contrarrestar los peligros que amenazan sus proyectos mediante un último formato donde se analicen todos los riesgos identificados en un proyecto, se defina su respuesta de acción y se calcule el costo que implicará para la empresa ejecutar cada una de las acciones. El monto total determinado servirá como entrada para el módulo de costos para la actualización de la línea base del presupuesto.

4.3. Desarrollo del algoritmo

En esta sección se describirán los procedimientos que el algoritmo ejecutará para desarrollar las funciones contempladas dentro del software.

4.3.1. Módulo de adquisiciones

El módulo de adquisiciones será el encargado de gestionar el proceso de abastecimiento de los recursos necesarios para el proyecto tanto como insumos materiales tales como herramienta, maquinaria, equipo, materiales etc. al igual que el responsable de coordinar la subcontratación para la ejecución de trabajos de sus proyectos por entidades externas a la empresa contratante.

Por tal motivo, este módulo será quien posea las funciones para que la empresa realice las adquisiciones de los bienes o servicios para sus proyectos, sin embargo, para que el algoritmo pueda ejecutar este proceso es necesario la correlación con los otros módulos propuestos para el software.

A continuación, en la Figura. 16 se muestra el procedimiento que se va a llevar a cabo dentro del módulo de adquisiciones, de igual manera se describirá la serie de pasos que el algoritmo ejecutará para cumplir satisfactoriamente las funciones que se han encomendado en este apartado.

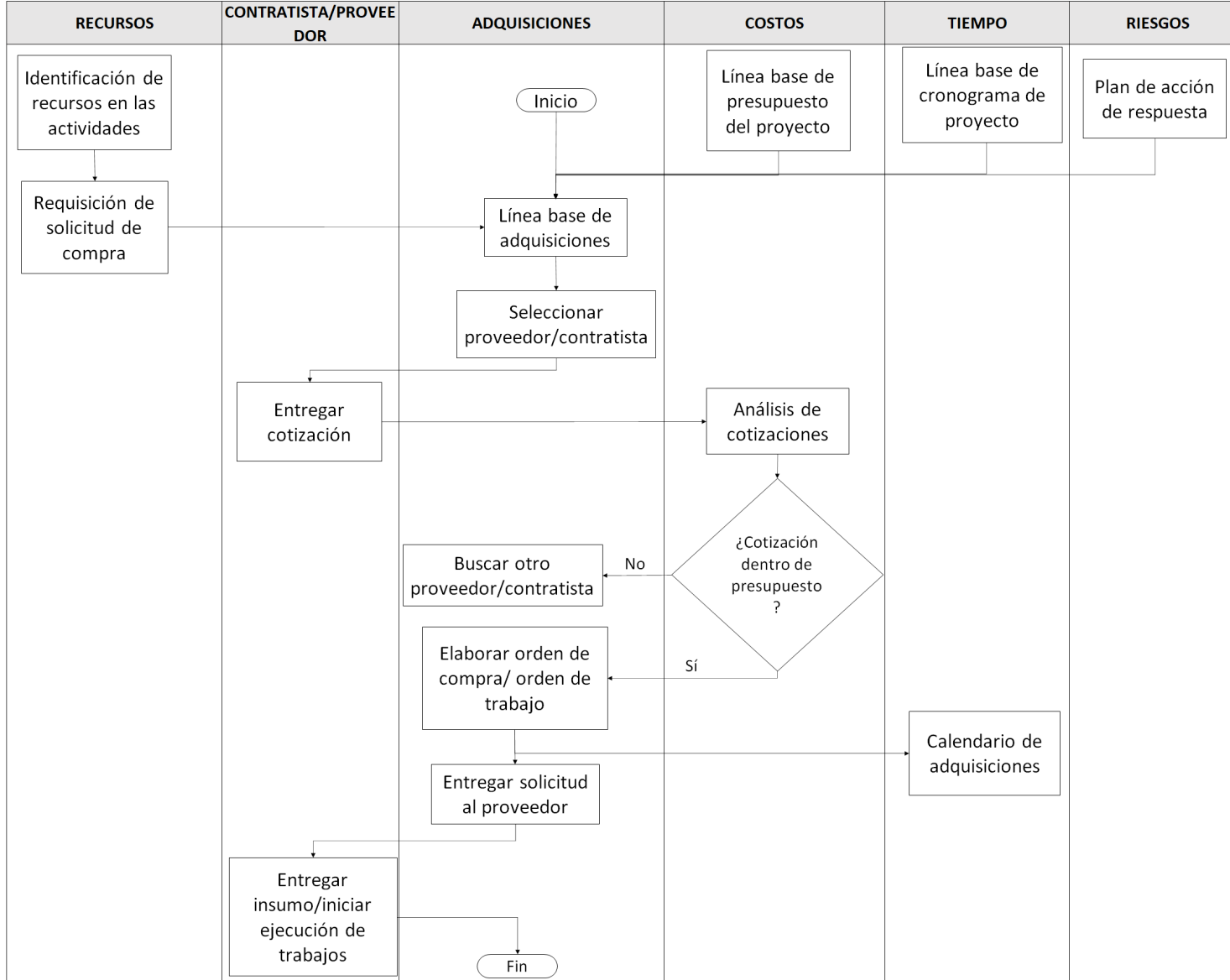


Figura. 16 Diagrama general del módulo de adquisiciones

Una de las salidas de este módulo es que la empresa genere su línea base del plan de las adquisiciones de sus respectivos proyectos, para lo cual es indispensable alimentarse de la información contenida en las líneas base del presupuesto, del cronograma de proyecto, del registro de riesgos y del proceso de identificación y asignación de los recursos necesarios.

Aunque el algoritmo no contempla la función para la elaboración de un presupuesto y los documentos relacionados a este, sin embargo, si ofrece la función de compatibilidad para que estos documentos que provienen de otro tipo de software sean reconocidos por el algoritmo.

El presupuesto contiene la descripción detallada de todos los costos necesarios para completar las actividades del proyecto, pero también del presupuesto se derivan otro tipo de documentos como el catálogo de conceptos y la explosión de insumos los cuales serán indispensables para el módulo en estudio.

El catálogo de conceptos se considera una entrada para el proceso de subcontratación ya que este comprende el desglose de todos los trabajos a ejecutar en el proyecto, por lo cual sirve como herramienta para identificar las actividades a subcontratar. Por otra parte, está la explosión de insumos cuyo propósito dentro de este módulo es brindarle a la empresa el concentrado de todos los recursos que necesitan ser adquiridos para completar el proyecto.

La línea base del cronograma marcará la pauta para gestionar el proceso de subcontratación para que las actividades puedan ejecutarse dentro del tiempo establecido evitando los retrasos en estas por la falta de personal. De igual forma, indicará las fechas para las cuales los insumos que serán adquiridos para las distintas actividades se encuentren en tiempo y forma en la empresa para prevenir un desfase en tiempo.

Este módulo también se encuentra relacionado con el módulo de riesgos puesto que el plan de acción de respuesta contra los riesgos que puedan atacar un proyecto implica la mayoría de las veces el uso de insumos que en un principio del proyecto no fueron contemplados puesto que los riesgos no habían sido considerados como partes del desarrollo del proyecto.

El módulo de recursos está estrechamente ligado con el de adquisiciones, ya que, a través de la identificación y asignación de los insumos a cada actividad, el módulo de recursos será el encargado de indicarle al de adquisiciones los bienes que son necesarios para las actividades y que por lo tanto se requieren para abastecer al proyecto. Todo esto mediante la recepción de una solicitud de requisición de compra en la cual se describan los insumos con sus respectivas cantidades, unidades y la fecha en la que se necesitan, entre otros datos.

Completado lo anterior, el algoritmo le permitirá a la empresa estructurar su línea base del plan de adquisiciones de sus proyectos.

Teniendo el plan para efectuar el proceso de las adquisiciones del proyecto como siguiente paso está la selección del proveedor o contratista según sea el caso, que ofrezca el servicio o insumo que se busca adquirir. El protocolo que se utilice para elegir un proveedor o contratista no es un proceso que le compete al algoritmo, sino que es materia de la política de cada empresa.

Una vez elegido el contratista o proveedor este entregará una cotización donde establezca el insumo o servicio que se le está solicitando, así como el costo por este. La cotización será recibida

por el módulo de costos el cual analizará y evaluará que el costo determinado por la empresa externa se encuentre dentro del presupuesto designado para el proyecto, de ser así el módulo de costos aprobará dicha cotización o de lo contrario la rechazará por lo cual el área de adquisiciones tendrá que buscar otro proveedor/contratista.

De haberse autorizado por el área de costos, el módulo de adquisiciones debe elaborar una orden de compra o de trabajo según lo que se requiera y hacérsela llegar a la empresa externa.

Si se trata de una compra, se elaborará una orden de compra en la cual se establezcan los insumos a adquirir, su unidad, cantidad y precio. Cada uno de los proveedores tiene una política de entrega de sus recursos por lo cual es trabajo del área de adquisiciones considerar dicho periodo de entrega para evitar que el proyecto pueda verse afectado por la falta de recursos a tiempo dentro del proyecto, de tal forma que por medio del módulo de tiempo se generará un calendario de adquisiciones donde se indique la fecha en la que el proveedor hará entrega de los insumos que le fueron adquiridos por la empresa.

De tratarse de una orden de trabajo el área de adquisiciones le entregará únicamente la orden al contratista en la cual se señalen los trabajos que este va a desempeñar dentro del proyecto y el precio acordado para el pago por la prestación de sus servicios. Para que este pueda comenzar con sus trabajos en tiempo y forma en el proyecto.

4.3.2. Módulo de recursos

El módulo de recursos está diseñado para que le permita a la empresa la identificación y asignación de los insumos que se requieren para completar el proyecto al que igual su manejo y control dentro del almacén o sitio que la empresa tenga destinado para la gestión de sus recursos.

Para que este módulo pueda cumplir con sus funciones es requisito que se encuentre relacionado directamente con los módulos de adquisiciones, tiempo y riesgos e indirectamente con el módulo de costos del algoritmo.

Como bien se mencionó, este módulo requiere ser alimentado de algunos documentos de entrada que son provenientes del área de tiempo y riesgos, al igual que proporciona salidas que se convierten en entradas para el módulo de adquisiciones, de modo que hay una estrecha interacción con dichos módulos, sin embargo, se considera que hay un vínculo indirecto entre esta área y la de costos, puesto que por medio de la explosión de insumos que se produce por el presupuesto del proyecto el área de recursos podría apoyarse para facilitar el proceso de identificación de insumos.

A continuación, en la Figura. 17 se muestra la intervención de los otros módulos en el proceso a realizarse en el área de recursos del algoritmo.

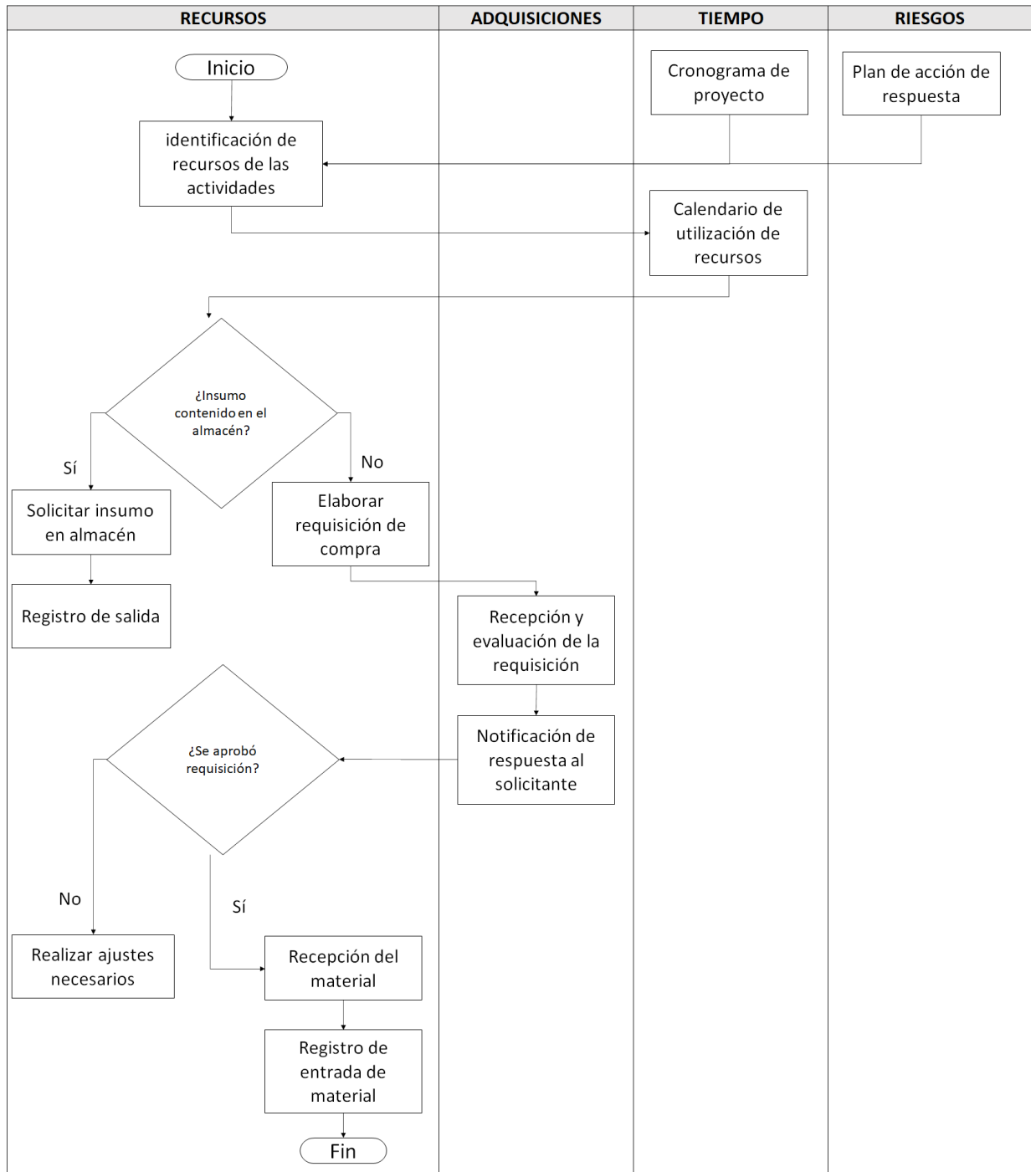


Figura. 17 Diagrama general del módulo de recursos

Como primera instancia para la identificación de los recursos de un proyecto se encuentra el cronograma del proyecto y plan de registro de riesgos.

El cronograma contiene la programación de todas las actividades a ejecutar en un proyecto por lo tanto aparte de indicarle las fechas en las que estas se van a realizar también le indicará las actividades a las cuales se le deben asignar los recursos que van a emplear durante su desarrollo.

El plan de registro de riesgos contiene las medidas a emplear para evitar la materialización de un riesgo o las acciones para disminuir el efecto de este sobre el proyecto. De manera que es indispensable analizar e identificar los recursos que se requieren para poner en marcha el plan de acción de respuesta de riesgos.

Y como se mencionó, el documento de explosión de insumos es otra herramienta que facilitará el proceso de asignación de los recursos de un proyecto, por lo que se considera como entrada para dicho proceso según la figura 17.

Aunado a esto, ya identificados y asociados los insumos a cada actividad el algoritmo le permitirá a la empresa la creación de un calendario de utilización de recursos en conexión con el módulo de tiempo. El propósito de este calendario es señalar las fechas para las cuales se requiere que los recursos se encuentren disponibles para cada actividad al igual que el periodo en el cual se estarán empleando.

Posteriormente, una vez asignados y calendarizados los recursos este módulo debe gestionar la disponibilidad de estos para ser empleados dentro del proyecto de manera que como primera instancia debe corroborar que los insumos requeridos para un proyecto puedan ya encontrarse en la empresa o de lo contrario solicitar su compra.

De ser un insumo que se encuentre disponible en almacén el siguiente paso dentro de este módulo es registrar la salida del recurso en el sistema de manejo y control de inventario de almacén, el cual estará disponible en este módulo.

Por otra parte, si se trata de un bien que no se encuentra dentro de la empresa, será necesario que este sea obtenido de una empresa externa. Para esto, el área de recursos tendrá habilitada la función para realizar solicitudes de requisición de compra consideradas como salidas de este módulo, pero entradas para el módulo de adquisiciones.

En la requisición de compra se especificarán los recursos que se solicitan, sus unidades, cantidades y la fecha para la cual se requieren únicamente, ya que esta será enviada al módulo de adquisiciones el cual es el primer filtro para la compra de bienes así que evaluará que dichos insumos se encuentren contemplados dentro del proyecto para el cual fueron solicitados y de ser aceptada la solicitud de compra encargarse del proceso de buscar al proveedor más conveniente para adquirir los recursos solicitados y darle seguimiento a la compra hasta que el insumo sea recibido por la empresa.

Cada recurso que sea recibido en la empresa como siguiente paso es realizar el registro del insumo en el sistema de manejo y control de inventario de almacén.

4.3.3. Módulo de costos

Como se mencionó en la sección 4.2.1 el módulo de costos está trazado para controlar y monitorear los costos y asegurarse que la empresa realice sus proyectos de acuerdo con el presupuesto que se les haya asignado.

De tal forma que dentro de este módulo no se contempla la función para realizar presupuestos, precios unitarios, explosión de insumos etc. pero si considera la opción de compatibilidad con otros software distintivos de costos para alimentar este módulo del algoritmo.

Para controlar los costos involucrados en un proyecto de construcción este módulo estará dividido en dos partes, la primera supervisará y se asegurará que los costos de la adquisición de los recursos materiales para los proyectos sean similares a los costos planeados en el presupuesto.

La segunda parte monitorizará los costos establecidos por las entidades subcontratadas y les dará seguimiento mediante el análisis y revisión de las estimaciones.

A continuación, en la Figura. 18 se muestra como es la interacción del módulo de costos con los módulos de adquisiciones, tiempo, riesgos incluso su nexos con los contratistas o proveedores.

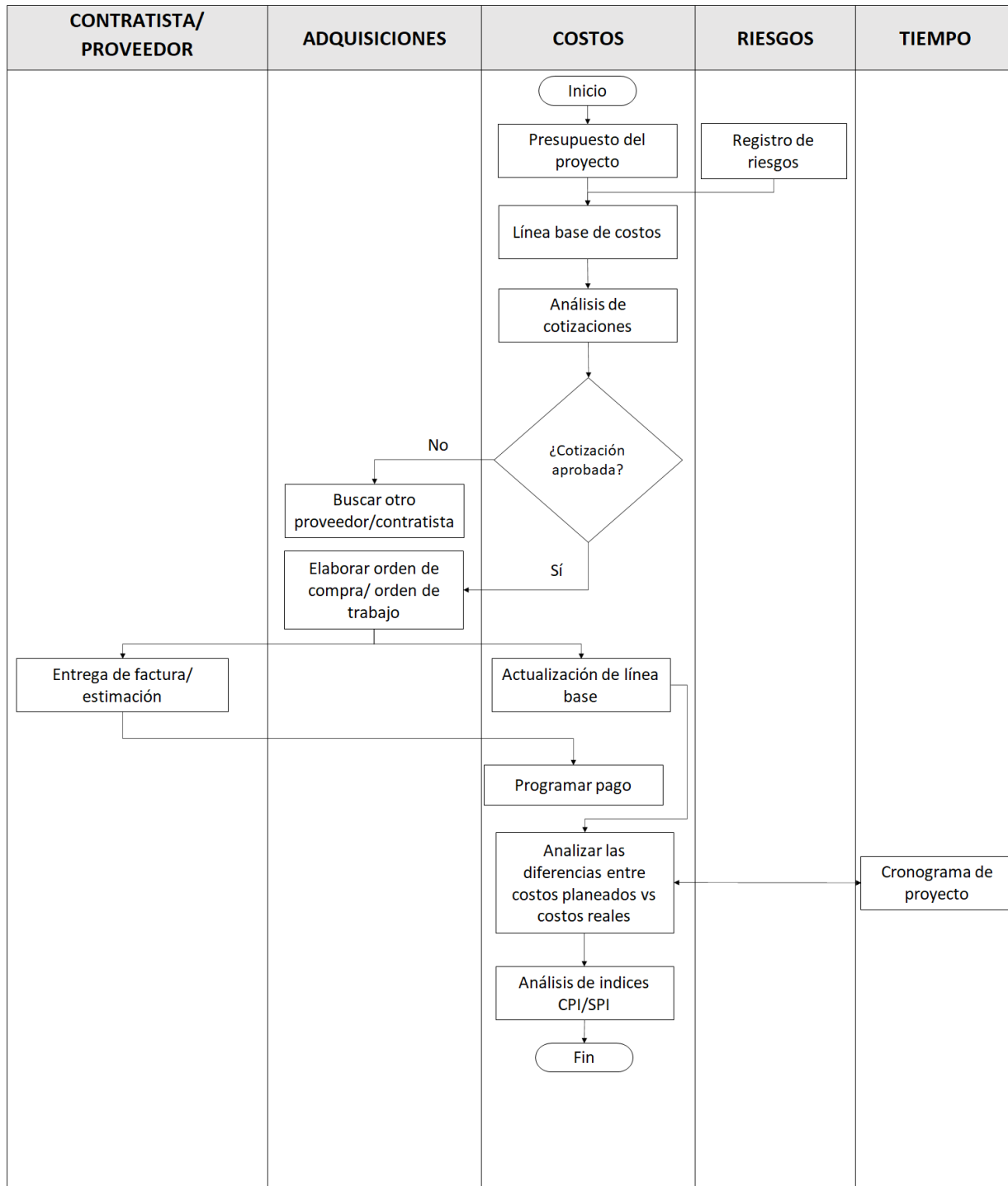


Figura. 18 Diagrama general del módulo de costos

Una de las salidas de este módulo es contribuir en la elaboración de la línea base de costos y para esto, como primer paso está el proceso de entrada del presupuesto del proyecto y el registro de riesgos.

Como se ha venido mencionando el presupuesto del proyecto y todos los documentos derivados de este podrán ser cargados al algoritmo en estudio mediante su compatibilidad con los paquetes de cómputo especialistas en este campo.

El registro de riesgos será la decisión que la empresa haya tomado sobre la gestión de riesgos, ya sea ejecutar el plan de acción de respuesta de riesgos o asumir los riesgos, no realizar ningún tipo de medida de mitigación y absorber el monto de contingencia de riesgos. De tal forma que independientemente de la decisión que la empresa tome ambas opciones implican un costo para el proyecto que muy probablemente no fue considerado dentro del presupuesto inicial del proyecto, puesto que este se deriva de la identificación y evaluación de riesgos. Por lo cual dicho el monto debe ser integrado al presupuesto del proyecto.

De forma que la integración de estos costos en el presupuesto inicial del proyecto le permitirá a la empresa crear su línea base de costos, la cual marcará la pauta para el proyecto y la que será monitoreada y controlada a través de este módulo.

Con base a la línea base de costos se analizarán todas las cotizaciones de los proveedores o contratistas ya que esta contendrá los precios determinados por la empresa para cada uno de sus recursos y de la ejecución de sus actividades de tal manera que servirá como base para aprobar o rechazar los costos establecidos por las empresas externas por la venta de sus insumos o por la prestación de sus servicios.

De ser aprobadas dichas cotizaciones el módulo de costos le dará la autorización al módulo de adquisiciones para seguir con el proceso de abastecimiento de recursos ya sea por medio de la elaboración de la orden de compra o la orden de trabajo según sea el caso y hacérsela llegar al proveedor o contratista para que este realice su factura de cobro o ingrese su estimación y se programe el pago.

De no obtener una respuesta favorable por parte de costos, el módulo de adquisiciones deberá buscar otros proveedores o contratistas que ofrezcan precios similares a los previstos.

Cabe mencionar que los precios establecidos en una cotización ya sea para compra o para subcontratación de trabajos no siempre son iguales a los precios planeados puesto que por algunas circunstancias es imposible pactar con la empresa externa un precio igual al previsto, sin embargo, se busca que este se encuentre dentro de un rango similar al costo planeado (dicho rango es determinado por cada empresa) por lo cual es necesario contemplar estas variaciones de costos mediante la actualización de la línea base.

Conforme el proyecto se vaya desarrollando este módulo le permitirá a la empresa monitorear la salud económica del proyecto mediante la función para analizar las diferencias entre los costos planeados vs los costos reales, por medio del método del valor ganado para lo cual es la conexión del módulo de costos con el cronograma de tiempo y de esta forma examinar el desarrollo del proyecto en cuanto a costo y tiempo gracias a los índices de desempeño de costos (CPI) y de desempeño de programa (SPI).

Mediante el análisis de los CPI y SPI el algoritmo determinará si el proyecto que se está evaluando se encuentra por encima o debajo de los costos planeados y si la ejecución de las tareas va acorde al programa o si se encuentran desfazadas.

Esto será posible cada vez que la empresa programe una fecha de corte para evaluar el desarrollo de su proyecto.

4.3.4. Módulo de tiempo

El módulo de tiempo como se aprecia en la descripción de los módulos anteriores es el que se encuentra presente en los procesos de la mayoría de estos ya que el cronograma de un proyecto enlista la programación en tiempo y orden de todas las tareas que se requieren para completar un proyecto.

Pese a su interacción con todas las demás áreas, en esta sección se describe el proceso que se llevará a cabo dentro de este módulo para la gestión de tiempo de los proyectos de construcción de la empresa.

Dicho esto, dentro del módulo de tiempo se deben brindar las funciones no sólo para elaborar el cronograma de proyecto y documentos de este como diagrama de Gantt, ruta crítica, etc. sino también la creación de la línea base del cronograma la cual contendrá el modelo de la programación de las actividades que se seguirá durante todo el ciclo de vida del proyecto.

En la Figura. 19 se muestra el proceso a realizarse dentro del módulo de tiempo en estudio, así como su vínculo con todos los módulos del algoritmo.

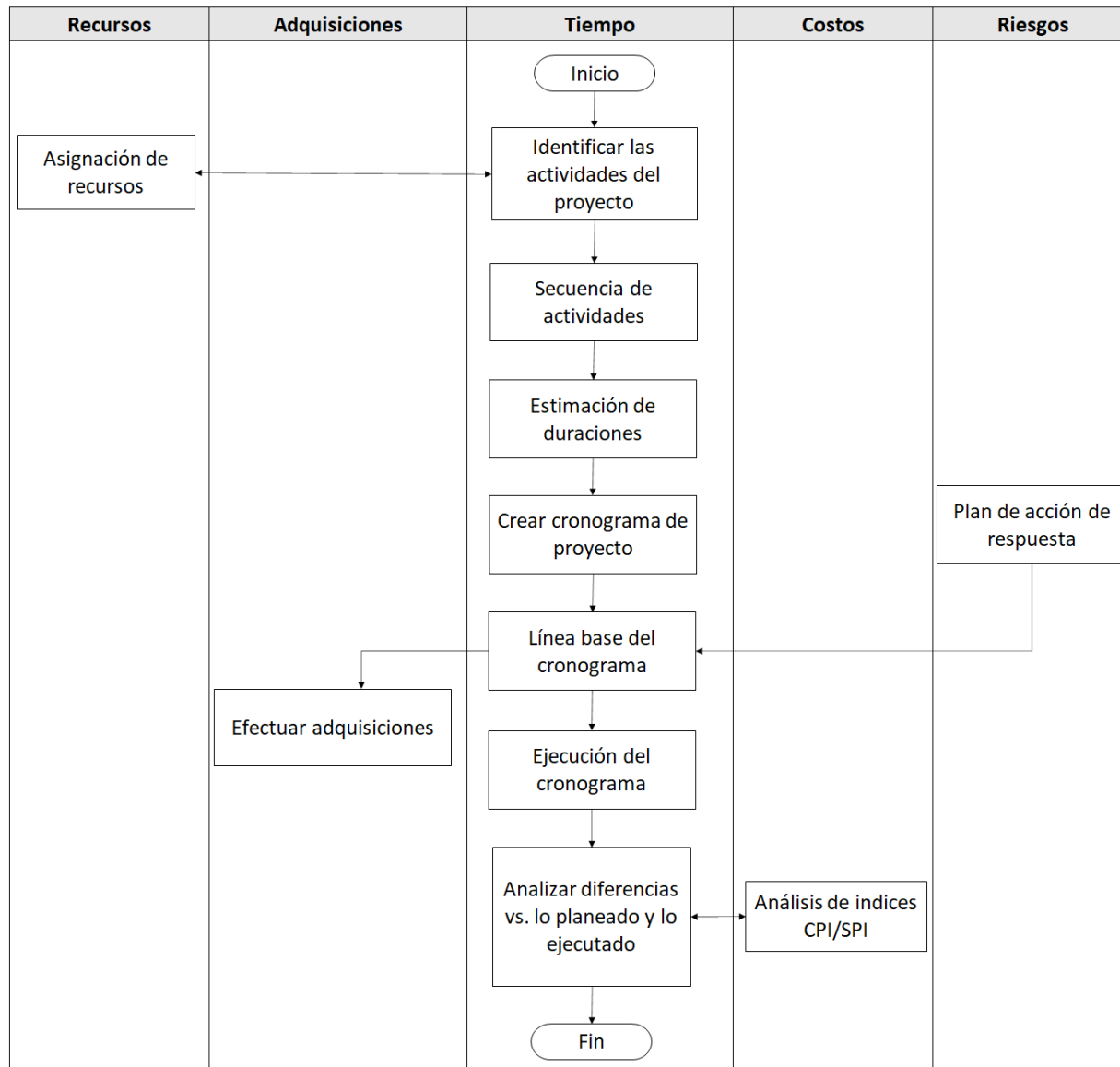


Figura. 19 Diagrama general del módulo de tiempo

Una de las funciones principales de este módulo es que la empresa constructora pueda realizar un modelo de programación de los trabajos que se requieren para ejecutar sus proyectos, además evaluar que estos se completen dentro del tiempo planeado.

Para realizar la planificación del tiempo dentro de este módulo se requiere como primer dato de entrada el análisis de la lista de todas las actividades que comprenden el proyecto. En este proceso la intervención del módulo de recursos es necesaria, ya que conforme se identifiquen las actividades del proyecto el área de recursos tiene como tarea la identificación y asignación de los insumos indispensables para la realización de cada una de las actividades.

Una vez identificadas todas las tareas involucradas en el proyecto como siguiente paso está el delimitar la relación de secuencia entre cada una de ellas y estimar el periodo que se necesita para su ejecución.

Al igual que estos datos es necesario que para la creación del cronograma se le proporcione al algoritmo aquellas actividades de duración cero, o sea los hitos de cada proyecto. Ya que si bien se mencionó son tareas que no tienen una duración, sin embargo, señalan la fecha de eventos importantes dentro de cada proyecto para que el algoritmo pueda generar el calendario de hitos junto con el cronograma.

Una vez ingresados y procesados los datos de entrada mencionados se obtendrá el cronograma de proyecto. Este documento aparte de ser evaluado y aprobado por los interesados en el equipo de proyecto se convierte en una de las entradas para el módulo de riesgos ya que al mostrar la programación de todas las actividades le permitirá la identificación de los peligros o amenazas que pudiesen presentarse en cada una de ellas y generar un plan de acción de respuesta para hacer frente a cada uno de los riesgos.

Las actividades contenidas dentro del plan de acción de respuesta deben considerarse dentro del modelo de programación de manera que mediante la integración de dichas actividades y la revisión y evaluación del cronograma se generará la línea base del cronograma de proyecto que es una de las salidas de este módulo que conforman el plan para la gestión del tiempo.

La línea base es quien le marcará la pauta a la empresa para la ejecución de sus proyectos y será base para que el módulo de adquisiciones realice el proceso de abastecimiento de recursos garantizando que los insumos se encuentren disponibles para la fecha en la cual vayan a ser empleados.

La empresa debe monitorear y darle seguimiento al plan para la gestión del tiempo y asegurarse que el proyecto se desarrolle cumpliendo con lo especificado en dicho plan. Para esto la empresa tiene que detectar las posibles variaciones que se pueden llegar a presentar dentro del proyecto.

Finalmente, el algoritmo contempla la función para que la empresa pueda realizar tal procedimiento por medio del análisis de los índices de desempeño de programa y desempeño de costos a través de la correlación entre el módulo de costos y el módulo de tiempo.

4.3.5. Módulo de riesgos

Con el entendido de desarrollar un sistema que pueda ayudar a identificar los riesgos, sus tendencias y posible aparición, se consideró dentro del software un formato, en el cual los usuarios podrán documentar los riesgos y sus características, realizar el análisis pertinente y donde podrán exponer el plan de respuesta a los riesgos al que darán seguimiento.

Dicho lo anterior, la función principal de este módulo es brindarle a la empresa las herramientas para la evaluación de los riesgos de cada uno de sus proyectos. Desde la identificación de cada uno ellos, su clasificación según su nivel de prioridad y el cálculo de su impacto económico sobre el proyecto.

En la Figura. 20 se aprecia que el módulo de riesgos se encuentra relacionado con todos los módulos del algoritmo ya que algunas de las salidas de los otros módulos son consideradas como datos de entrada para el proceso de gestión de riesgos.

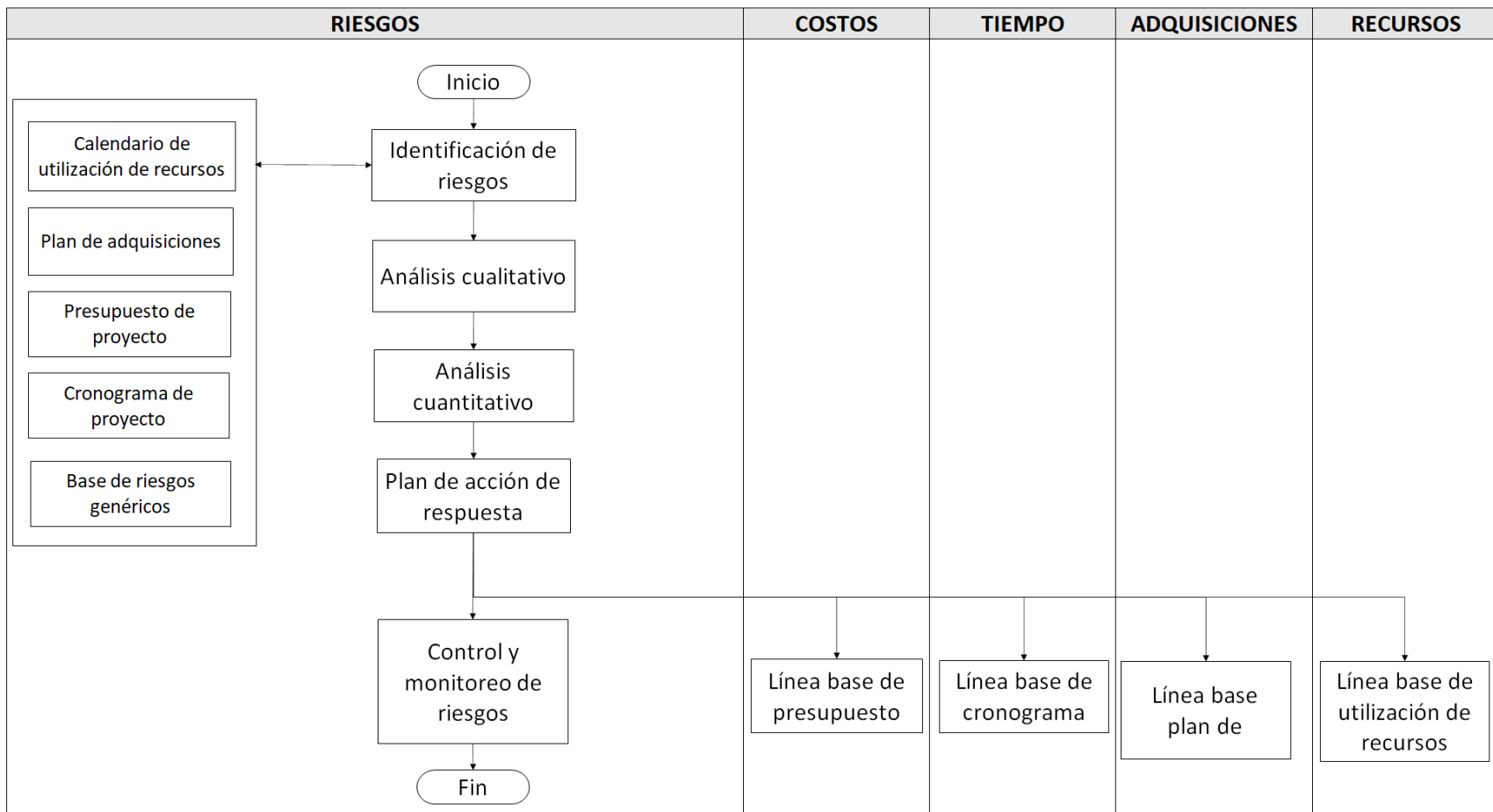


Figura. 20 Diagrama general del módulo de riesgos

Como primer paso para este proceso está el análisis e identificación de los riesgos que pueden suscitarse durante el desarrollo del proyecto. Es importante que el módulo de riesgos tenga acceso a los resultados obtenidos en los demás módulos del algoritmo como el plan de gestión de adquisiciones, la lista de recursos a utilizar, el presupuesto y cronograma de proyecto únicamente como consulta ya que a través de estos la empresa podría identificar con mayor facilidad los riesgos.

Es importante mencionar que cada empresa tiene sus políticas y formas de trabajo para realizar este procedimiento; sin embargo, la mayoría de éstas tienden a consultar con expertos en el tema o especialistas con experiencia en proyecto similares al que van a ejecutar.

De igual manera, este módulo le ofrecerá a la empresa una base de datos de riesgos generales que tienden a aparecer en los proyectos la cual se muestra en la parte de anexos A con el propósito de ayudar a la empresa con la detección de riesgos.

Aunado a esto, como siguientes pasos dentro de este proceso está el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos identificados, en los cuales estos serán categorizados por medio del algoritmo de acuerdo con su nivel de prioridad ya se baja, media o alta y con base a ello determinar su impacto económico en el proyecto mediante el cálculo del monto de contingencia.

Posteriormente, la empresa podrá definir y documentar el plan de respuesta a los riesgos, en el cual debe determinar la estrategia adecuada que permita reducir los peligros y amenazas a las metas del proyecto y mejore las oportunidades e impactos positivos sobre este.

Como se muestra en la figura 20 el plan de acción de respuesta complementará el proceso de gestión de los otros módulos ya que el área de riesgos se encarga de evaluar los resultados obtenidos de las distintas áreas del proyecto y sus respectivos procesos ya que determina actividades, recursos, tiempos etc. que quizá desde un inicio no fueron contemplados dentro del proyecto, además de brindarles parámetros y estrategias para evitar que su plan de trabajo se vea afectado. Por tal motivo es que el plan de riesgos se considera como una entrada para la creación de la línea base de los módulos de tiempo, recursos, adquisiciones y costos.

Finalmente, la gestión de riesgos se debe llevar de forma cíclica dentro de un proyecto ya que el plan de respuesta de riesgos se debe monitorear constantemente para confirmar que las medidas propuestas de mitigación fueron las correctas o de lo contrario evaluar y proponer nuevas estrategias para contrarrestar los residuos de los riesgos.

4.4. Superusuario

El superusuario es la cuenta que todo sistema informático posee ya que se encarga de llevar la administración del software. Por tal motivo, es indispensable que se considere este módulo dentro del algoritmo.

Esta cuenta es quien tendrá acceso a todos los módulos y funciones propuestas para el software con la capacidad de hacer modificaciones en el sistema de cualquier forma que se requiera. Así mismo, tendrá el poder de otorgar o revocar los permisos de acceso entre módulos.

A continuación, en la Figura. 21 se muestra el diagrama de las funciones más importantes del superusuario a desarrollar dentro del software.

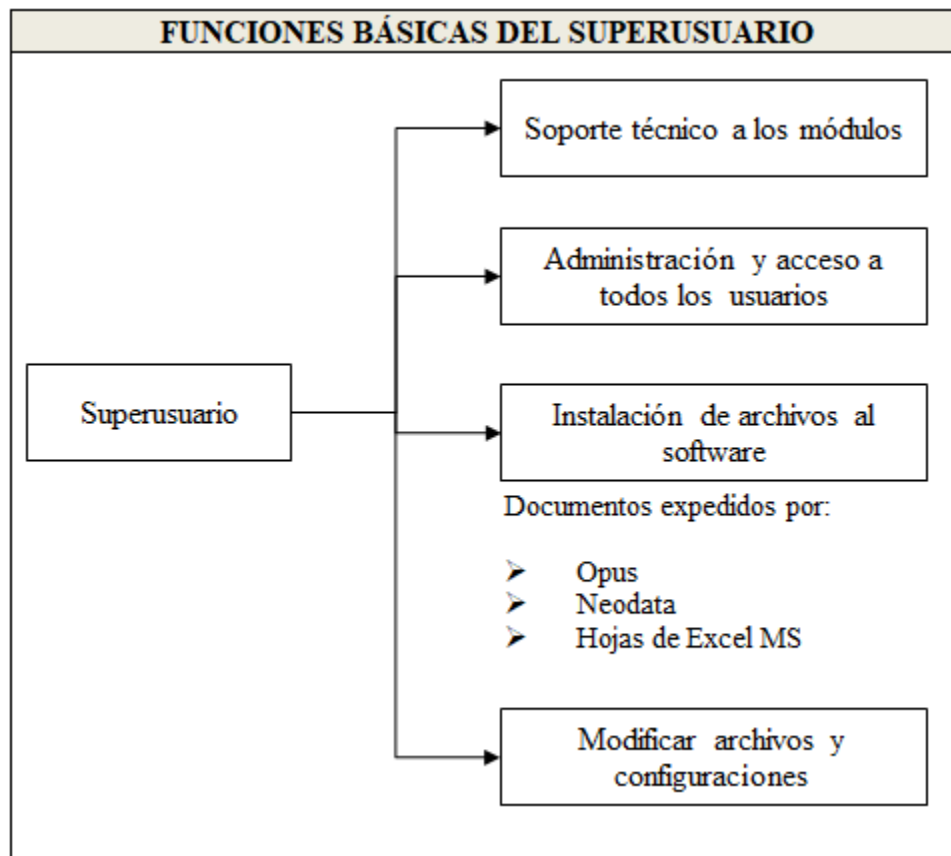


Figura. 21 Tareas principales del superusuario del software

A través del soporte técnico se dará ayuda para solucionar los problemas que el usuario pueda tener con la ejecución de las funciones del software; la administración de los usuarios permitirá la configuración y cambios de cada uno de los módulos, el manejo de su perfil y otorgar los derechos de acceso entre los módulos.

En cada uno de los módulos del algoritmo, se mencionan las funciones a las que se tienen acceso, en caso de que algún módulo requiera modificar o ver algún documento que no está contemplado dentro de sus funciones, el superusuario es el único que podrá brindarle el acceso.

En la Tabla 7 se muestran los accesos que tendrá cada módulo con referencia a las funciones contenidas en los módulos

Tabla 7 Definición de accesos entre módulos

Acceso	Módulo				
	Adquisiciones	Recursos	Tiempo	Costos	Riesgos
Adquisiciones	Sin restricción	Restringido	Restringido	Consulta	Consulta
Recursos	Restringido	Sin restricción	Restringido	Restringido	Consulta

Tabla 7 Continuación: Definición de accesos entre módulos

Tiempo	Consulta y sólo acceso para modificar calendario de adquisiciones	Consulta y sólo acceso para modificar calendario de recursos	Sin restricción	Consulta	Consulta
Costos	Consulta	Restringido	Restringido	Sin restricción	Consulta
Riesgos	Consulta	Consulta	Consulta	Consulta	Sin restricción

Como se aprecia en la tabla 7 el módulo de adquisiciones tendrá acceso al módulo de tiempo como consulta para el cronograma y documentos de este y únicamente tendrá acceso para modificar el calendario de las adquisiciones; recursos poseerá el acceso para consultar documentos del módulo de tiempo y solamente puede modificar el calendario de utilización de recursos al igual tendrá la autorización para consulta de en el módulo de recursos.

Por otra parte, el módulo de tiempo únicamente acceso de consulta en la sección de riesgos; el módulo de costos tendrá acceso de consulta para todos los módulos del software con excepción del módulo de recursos.

Por último, el módulo de riesgos tendrá la aprobación para consulta en todos los módulos sin poder realizar cambios dentro de estos.

Cabe mencionar, que la tabla 9 solo se hace referencia a los accesos para modificar o consultar información de cada una de las secciones del software, las relaciones entre módulos es un caso diferente puesto que el transporte de información entre estos es una actividad que el algoritmo por medio de su codificación realizará por sí solo.

Por otra parte, el superusuario es quien tendrá la tarea de manejar la compatibilidad del algoritmo con otro tipo de aplicaciones, que en este caso sería con los sistemas de cómputo: Neodata, Opus y con las hojas de cálculo de Excel MS. Por lo cual será el único apartado del software con la capacidad de dar de alta los archivos provenientes de los software mencionados para alimentar al algoritmo.

Finalmente, como se mencionó al principio de esta sección el superusuario es la única cuenta con la facultad de realizar cambios en la estructura del software y en los archivos o documentos generados en este.

4.5. Descripción de funciones del algoritmo

En esta sección se describirán las funciones que el algoritmo realizará para obtener los resultados planteados en la sección 4.2 al igual que los formatos que el sistema de software manejará en cada uno de los módulos para el cual se está desarrollando el algoritmo.

Es importante mencionar que las funciones que a continuación se describirán se llevarán a cabo por medio de la interfaz servidor-usuario, esto significa que usuario debe proporcionarle los datos al algoritmo y este los procesará para obtener los resultados deseados.

4.5.1. Función para generar la solicitud de orden de compra

Como se describió en los párrafos anteriores una de las funciones propuestas que el módulo de adquisiciones tendrá es la capacidad de generar órdenes de compra de materiales o servicios para la ejecución del proyecto.

Para poder definir el proceso que el software debe de seguir para obtener el resultado final que en este caso es la orden de compra realizada, se tuvo que identificar las entradas que el programa debería de tener para procesar los datos y poder llegar al resultado deseado.

A continuación, en la Figura. 22 se muestra el formato de solicitud de orden de compra propuesto para el software.

The form is titled "DATOS DE LA EMPRESA" and includes fields for "Logo" (1), "Folio: xxxx" (2), and "Fecha: xx/xx/xx" (2). Below this is the "Orden de compra" section, which is divided into two parts: provider information and delivery details. The provider information includes "Proveedor" (4), "RFC", "Dirección", "Correo electrónico", and "Proyecto:". The delivery details include "Entregar en:" with sub-fields for "Nombre del lugar", "Dirección", "Localidad", and "Contacto" (3). The main body of the form is a table with columns for "CONCEPTO", "UNIDAD", "CANTIDAD", and "PRECIO" (subdivided into "UNITARIO" and "IMPORTE"). A callout (5) points to the table area. At the bottom right, there is a summary table with rows for "Subtotal" (6), "Impuesto % manual" (7), and "Total" (8), with the formula $(1 + \% \text{ imp}) * (\text{subtotal})$ shown next to the total. Below the summary table, there are fields for "Forma de pago:" (10), "Plazo de pago:" (11), and "Tipo de moneda" (9). At the very bottom, there is a line for "Firma".

Figura. 22 Formato de solicitud de orden de compra

1. Datos de la empresa que elabora la orden de compra, es decir, la empresa que adquirió el software
2. Indica el folio o número de orden, así como la fecha en que fue realizada. Ambos apartados deberán formar parte del diseño del formato por lo que aparecerán por defecto en la orden de compra
3. El usuario debe ingresar la dirección del almacén o del lugar al cual se le debe entregar el material o equipo o bien, al terreno donde se acudirá para realizar un servicio
4. Espacio para introducir los datos del proveedor seleccionado; como se sabe, es muy probable que una empresa constructora no esté ejecutando solamente un proyecto de construcción por lo que dentro del software se contempla el espacio para que el usuario defina el proyecto para el cual se requiere dicho producto
5. Describir detalladamente el insumo por el cual se está realizando la orden, así como seleccionar el tipo de insumo ya sea un material y/o equipo o si se requiere la contratación de un servicio en específico.

Aunado a esto, se pedirá que se introduzca la cantidad, unidad y el precio unitario del insumo, de ser ingresados correctamente todos los datos anteriores mediante números naturales, el software por si solo determinará el *importe* del insumo mediante el producto de *importe = (cantidad) (precio unitario)*

6. Una vez terminada la captura de insumos en la orden, el software calculará el *subtotal* de la solicitud mediante la sumatoria de todos los importes de los insumos ingresados
7. Es necesario que el usuario defina el porcentaje de impuestos a los que está sometido la empresa o bien el porcentaje de impuestos sobre el valor agregado (I.V.A) de los insumos
8. El software determinará la cantidad *total* de la orden de compra mediante el producto del *total = (1 + %impuesto) (subtotal)*
9. Introducir el tipo de moneda en la que está elaborada la orden. Pensando en la posibilidad de que no todas las compras y/o adquisiciones de los recursos se hacen en el país utilizando la misma moneda (pesos) o inclusive hay proveedores que, aunque residan en este país (México) todas sus transacciones monetarias las manejen con otro tipo de moneda
10. La forma de pago también tendrá que ser definida por el usuario por lo que el software le brindará la opción de elegir si la compra será con pago de contado o por crédito, ya que son las formas de pago más comunes
11. En caso de seleccionar como método de pago por crédito deberá aparecer el apartado 11 en el cual el usuario deberá introducir el periodo de tiempo para el plazo de pago

De ser correctos todos los datos ingresados y todas las operaciones realizadas por el software, se podrá enviar la orden de compra para la firma de autorización de ésta por la persona que la empresa tenga designado para esta labor, para que se pueda generar exitosamente y ser utilizada según el proceso interno de la empresa.

4.5.2. Función para generar la solicitud de orden de trabajo

Una orden de trabajo debe incluir todos los términos y condiciones, así como incorporar detalles establecidos por la empresa contratante al prestador de servicios, por lo que dentro de la orden de trabajo deben estar descritos adecuadamente los productos, servicios o resultados que el contratista está de acuerdo con proporcionar.

Dicho esto, en la Figura. 23 se muestra el diseño del formato para orden de trabajo que muestra los entregables y acuerdos esperados entre contratante y el contratista.

The form is titled "Solicitud de Orden de Trabajo" and is divided into several sections:

- DATOS DE LA EMPRESA:** Includes fields for "Logo" (1), "Folio: xxxx" (2), and "Fecha: xx/xx/xx" (2).
- Solicitud de Orden de Trabajo:** Includes fields for "Contratista RFC" (3), "Dirección" (3), and "Correo electrónico" (3).
- Proyecto:** A field for the project name (4).
- Table:** A table with columns "CONCEPTO", "UNIDAD", "CANTIDAD", "UNITARIO", and "IMPORTE". It includes a "Subtotal" row (6), "Impuesto %" row (7), and "Total" row (8) with the formula $(1+\% \text{ imp}) * (\text{subtotal})$.
- Periodo Previsto de Ejecución:** Includes "Del:" (9) and "Al:" (9) fields.
- Forma de pago:** Includes "Contra entrega de trabajo" (11), "Estimación" (11), and "Anticipo %" (10) fields.
- Garantías:** A section for guarantees (12).
- Firma:** A line for the signature.

Figura. 23 Formato para elaborar solicitud de orden de trabajo

1. Datos de la empresa que elabora la orden de compra, es decir, la empresa que adquirió el software
2. Indica el folio o número de orden, así como la fecha en que fue realizada. Ambos apartados deberán formar parte del diseño del formato por lo que aparecerán por defecto en la orden de trabajo
3. Apartado para introducir los datos referentes a la entidad externa contratada como nombre, RFC, dirección y correo electrónico
4. Posteriormente, tomando el criterio anteriormente planteado de que una empresa constructora puede estar ejecutando de forma simultánea varios proyectos a la vez, por lo

que el software le pedirá al usuario que indique el proyecto u obra para el cual se está realizando dicha contratación

5. Luego de la misma forma, se le pedirá que ingrese detalladamente los conceptos a contratar y por los cuales se está generando la orden de trabajo, así como seleccionar la unidad de medida de la actividad de acuerdo con el tipo de unidades.
Aunado a esto, se le pedirá al usuario que ingrese la cantidad y el precio unitario correspondiente a la actividad los cuales deben ser expresados en números naturales
6. El software determinará el *importe* de la actividad mediante el producto de *importe* = $(cantidad) (precio\ unitario)$
7. El software calculará el *subtotal* de la orden de trabajo mediante la sumatoria de todos los importes de los conceptos ingresados
8. El usuario introducirá el porcentaje de impuestos a los que está sometido la empresa o bien el porcentaje de impuestos sobre el valor agregado (I.V.A) de los conceptos
9. Para que el sistema pueda calcular el monto *total* de la orden mediante el producto del $total = (1 + \%impuesto) (subtotal)$
10. Cuando se elabora una orden de trabajo se deben establecer las formas de pago y algunos otros acuerdos económicos como los anticipos otorgados al contratista por parte de la empresa contratante, por lo que el software le permitirá al usuario indicar si el contratista ha solicitado un anticipo para inicializar los trabajos por lo que, de ser así, este podrá ingresar el anticipo pedido de forma porcentual
11. Agotada esta instancia, se establecerá la forma en la cual se le pagará al contratista el préstamo de sus servicios por lo que el programa manejará las dos opciones que comúnmente son empleadas en los contratos de construcción: por entrega total de trabajo o por entrega parcial mediante el ingreso de estimaciones, por lo que en este apartado el usuario elegirá la opción según sea el caso
12. Atendiendo al soporte a futuro del servicio realizado por el contratista el software considera el apartado donde la empresa contratante indique si existen garantías por los trabajos realizados en el proyecto y las describa

De ser ingresados correctamente todos los datos anteriores y todas las operaciones realizadas por el software, se podrá enviar la orden de trabajo para la firma final de autorización. Cabe mencionar que esto se refiere a la firma de consentimiento ya que previamente la orden de trabajo fue aprobada por el módulo de costos para su elaboración y así pueda ser utilizada según el proceso interno de la empresa.

4.5.3. Sistema para gestión de almacén

Dentro del módulo de recursos del software se propuso la función para administrar las entradas y salidas de los materiales y equipos en un proyecto.

La definición de la estructura del sistema para la gestión de almacén consideró las siguientes actividades:

- Entrada de bienes o recepción de los materiales, equipos o herramientas que serán requeridos para la ejecución de las actividades del proyecto, los cuales deben ser registrados al momento de su llegada

- Una vez recibidos los materiales se les resguarda dentro del almacén, con el propósito de conservarlos hasta su disposición
- Al momento de que dichos materiales necesiten ser utilizados en algún punto del proyecto se debe realizar el control de salida de estos

Con base a los puntos anteriores en las figuras 24 y 25 se muestran los formatos propuestos a utilizarse en el módulo de recursos para el control y manejo del almacén.

En la sección 4.2.2 se mencionó que una de las entradas para el módulo de recursos es la explosión de insumos de los proyectos ya que esta contiene la lista de todos los materiales a utilizar para la ejecución de las actividades del proyecto, por lo cual la explosión de insumos de cada proyecto debe cargarse al módulo de recursos para que los insumos aparezcan automáticamente en el sistema y por ende los formatos que a continuación han de presentarse puedan cumplir la función por la cual fueron diseñados.

Si se trata de la entrada del insumo, se le deberá aparecer una pantalla como la que se muestra en la Figura. 24 en donde el usuario tendrá que completar el siguiente formato: ingresar la cantidad y unidad recibida, así como su fecha de recepción.

CAPTURA DE ENTRADA				
Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Fecha de ingreso

Figura. 24 Formato para captura de insumos

1. Corresponde al código o clave que se le dio al insumo dentro del presupuesto o explosión de insumos el cual aparecerá de forma automática
2. Es el espacio donde irá la descripción del insumo con que se dio de alta en el presupuesto del proyecto que al igual que el código debe aparecer de forma automática ya que es un dato proveniente de otro documento por lo cual el usuario no podrá modificarlo
3. El usuario ingresará la cantidad que se esté recibiendo en ese momento del material
4. De la misma forma que el apartado 1 y 2 el espacio de unidad es una sección predeterminada ya que esta también se establece en el presupuesto
5. Finalmente, dentro de esta pantalla el usuario deberá introducir la fecha de recepción del insumo en el almacén

Por el contrario, si se trata de la salida de un insumo, le aparecerá al usuario una pantalla como se muestra en la Figura. 25 y se le pedirá al usuario que introduzca la cantidad y unidad del material que será despachado, así como la fecha de salida y el solicitante del material, esto último y se pueda evitar el fraude o robo de los materiales.

CAPTURA DE SALIDA					
Código	Descripción	Fecha de salida	Cantidad	Unidad	Solicitante

Figura. 25 Formato para captura de salida de insumos

1. Corresponde al código o clave que se le dio al insumo dentro del presupuesto o explosión de insumos el cual aparecerá de forma automática
2. Es el espacio donde irá la descripción del insumo con que se dio de alta en el presupuesto del proyecto que al igual que el código debe aparecer de forma automática ya que es un dato proveniente de otro documento por lo cual el usuario no podrá modificarlo
3. Se capturará la fecha en la que se solicite el insumo con el fin de que se tenga un control de las salidas de los insumos
4. El usuario ingresará la cantidad que se esté pidiendo en ese momento del recurso
5. Al igual que el apartado 1 y 2 el espacio de unidad es una sección predeterminada ya que esta también se establece en el presupuesto
6. Por último, con el propósito de evitar el fraude o robo de los materiales se le pedirá al usuario que introduzca el nombre del solicitante

En la Figura. 26 se muestra el formato donde se concentrará como resumen la captura de entrada y salida de materiales, el cual será otra función que se encontrará en el sistema.

1	LOGO	DATOS DE LA EMPRESA					6	
	CONTROL DE INVENTARIOS							
2						GENERAR REPORTE	4	
	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	ENTRADAS	SALIDAS		STOCK
					←			
					←			
					←			

Figura. 26 Diseño del sistema para control y manejo de almacén

1. Corresponden a los datos provenientes de la explosión de insumos como el código, descripción, cantidad y unidad, los cuales deberán aparecer de forma automática una vez que la explosión de insumos haya sido cargada al sistema, por lo que estos apartados no podrán ser modificados por el usuario, ya que son los insumos y cantidades asignadas para el proyecto
2. Cada vez que se registre la entrada de algún insumo el algoritmo calculará el total de entradas recibidas de ese insumo mediante la suma de *cantidad anterior + cantidad recibida*
3. Si se trata de la captura de salida de material se calculará el total de salidas de dicho material mediante la suma de *cantidad anterior + cantidad solicitada*
4. Una vez que los apartados de entradas y salidas de los insumos hayan sido actualizados el software calculará automáticamente el material o equipo que se encuentra en *stock* mediante la diferencia de *stock = entradas – salida*)
Lo que arrojará una cantidad en stock, que le permitirá al proyecto conocer los recursos que actualmente tiene almacenados, sin embargo, si la cantidad en stock resulta ser cero, esto le indicaría al usuario la necesidad de solicitar más cantidades de dicho insumo
5. Para ver el desglose del registro de todos los insumos en la esquina superior derecha deberá aparecer la opción de *generar reporte* el cual le debe permitir al usuario ver de manera ordenada todos los insumos que han sido dados capturados dentro en el sistema, como sus fechas de ingreso, de salida, las cantidades y los solicitantes, tal como se muestra en el formato de la Figura. 27

Logo	DATOS DE LA EMPRESA					
CONTROL DE INVENTARIOS						
REPORTE GENERAL DE CAPTURA DE INSUMOS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE ENTRADA	FECHAS DE ENTRADA	CANTIDAD DE SALIDA	FECHAS DE SALIDA	SOLICITANTES

Figura. 27 Reporte general del manejo de insumos

4.5.4. Función para elaborar solicitud de requisición de compra

En algún momento durante el desarrollo de un proyecto de construcción surge una necesidad de compra o de adquirir un servicio que eventualmente será utilizado en alguna de las actividades del proyecto. Entonces, es así como nace la diligencia de realizar una requisición de compra de algún

insumo, la cual debe ser evaluada por los módulos de adquisiciones y costos para su aprobación y validación.

Dicho lo anterior, en la Figura. 28 se muestra el diseño del formato para solicitud de requisición de compra.

1	Logo	DATOS DE LA EMPRESA		Folio: xxxx	2	
				Fecha: xx/xx/xx		
Requisición de compra						
3	Solicitante		Motivo de requisición			4
	Fecha requerida					
	Proyecto:					
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD			
						5

Figura. 28 Formato para requisición de compra

1. Datos de la empresa que elabora la orden de compra, es decir, la empresa que adquirió el software
2. Indica el folio o número de requisición, así como la fecha en que fue realizada. Ambos apartados deberán formar parte del diseño del formato por lo que aparecerán por defecto en la solicitud de requisición de compra
3. Apartado en el que el usuario debe introducir el área o personal que realiza la requisición del material
De igual forma dentro de esta sección también estará el espacio donde se deberá ingresar la fecha para la cual los recursos solicitados deben ser adquiridos, así como el proyecto para el cual se necesitan
4. Espacio en el cual el usuario pueda ingresar una breve exposición del motivo por el cual se está requiriendo dicho insumo
5. Finalmente, el usuario deberá describir de forma detallada y precisa los insumos requeridos, su respectiva cantidad y unidad exacta

Una vez ingresados todos los datos anteriores, el usuario tendrá la opción de mandar la requisición al departamento de procuración que en este caso será recibida en el módulo de adquisiciones del software, el cual después de un proceso de revisión remitiría una respuesta de aprobación o rechazo.

De tener una respuesta favorable, el siguiente paso sería esperar la entrega del insumo y realizar el proceso de captura según la figura 24. De ser rechazada, el usuario tendría la opción de realizar los ajustes pertinentes según sea el caso y reenviarla de nuevo al módulo de adquisiciones.

4.5.5. Función para desarrollar el cronograma del proyecto

Como parte del módulo de tiempo se encuentra la función principal que es brindar un formato que le permita al usuario realizar un programa de obra, que muestre:

- Diagrama de Gantt
- Ruta crítica
- Cronograma de hitos y/o eventos clave dentro del proyecto
- Calendario de utilización de recursos
- Calendario de adquisiciones

Pese a que a los calendarios de utilización de recursos y de adquisiciones son consideradas como salidas de estos respectivos módulos se colocaron en esta sección puesto que son formatos que se obtienen mediante la correlación con el módulo de tiempo y que se derivan del cronograma de proyecto.

Como primera parte de este sistema de gestión de tiempo, se encuentra el formato que se muestra en la Figura. 29 en el cual el usuario ingresará los datos generales del proyecto para poder iniciar con el proceso de creación del cronograma.

DATOS GENERALES

1 → **PROYECTO**
RESPONSABLE

COMENTARIOS

2 → **FECHA DE INICIO**

JORNADA LABORAL

	DE:	A:
LUNES	0:00 hrs-23:59 hrs	
MARTES	0:00 hrs-23:59 hrs	
MIÉRCOLES	0:00 hrs-23:59 hrs	
JUEVES	0:00 hrs-23:59 hrs	
VIERNES	0:00 hrs-23:59 hrs	
SÁBADO	0:00 hrs-23:59 hrs	
DOMINGO	0:00 hrs-23:59 hrs	

3 → **DIAS INHÁBILES**

Mes Año Calendario						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura. 29 Formato para captura de datos del cronograma

1. Como primera instancia el usuario se encuentra el espacio para el nombre de la obra y su personal responsable, así como un espacio para agregar algún tipo de nota o comentario adicional
2. Posteriormente se encontrará el lugar donde se debe capturar la fecha programada de inicio del proyecto siguiendo el formato día, mes y año (dd/mm/aa/). De igual manera deberá definirse el horario de jornada laboral según los días de la semana
3. Por último, se encuentra el calendario donde el usuario identificará los días inhábiles en los cuales no se trabajará en el proyecto.

Todos estos datos son sumamente importantes, ya que son quienes marcarán la pauta para indicar las fechas de inicio y termino de las actividades, duraciones, etc.

1.1.1.9 Cronograma de proyecto, diagrama de Gantt y ruta crítica

Una vez ingresados los datos generales del proyecto deberá aparecer como segundo paso el formato que se muestra en la Figura. 30 en el cual el usuario elaborará el cronograma y los documentos relacionados con este.

1. Datos de la empresa que elabora la orden de compra, es decir, la empresa que adquirió el software
2. Las primeras dos columnas corresponden a los espacios donde se introducirán la clave y descripción de las actividades respectivamente
3. Como se mencionó en la sección 4.2.3 un dato importante de entrada es que el usuario tenga definido la duración de la ejecución de cada una de las actividades ya que el software como siguiente paso le pedirá al usuario introducir dicha información
4. El siguiente paso es definir su relación de secuencia de acuerdo con su relación de precedencia con las otras actividades del proyecto para esto se desarrollarán cuatro posibles escenarios:
 - Relación final – inicio: esta es considerada como la dependencia más común y empleada, ya que indica que la fecha de inicio de la actividad sucesora será igual a la fecha de término de su actividad predecesora. Es decir, una actividad no puede iniciar hasta que la actividad anterior con la que se encuentra secuenciada haya concluido
 - Relación final – final: la fecha de término de la actividad sucesora será que la fecha de término de su actividad predecesora, es decir, que la relación entre ambas actividades (predecesora y sucesora) es que su culminación o fecha de fin será la misma
 - Relación inicio – inicio: la fecha de inicio de la actividad sucesora será igual a la fecha de inicio de la actividad predecesora, es decir, ambas actividades comenzarán a desarrollarse en la misma fecha
 - Relación inicio – final: la fecha de término de una actividad sucesora será igual a la fecha de inicio de su actividad sucesora, esta relación indica que cuando la actividad sucesora haya concluido la actividad predecesora dará inicio
Sin embargo, ¿Qué pasaría si una actividad no se encuentra dentro de estos cuatro casos previamente mencionados? Entonces, se estaría evaluando un posible quinto escenario que indicaría que se trata de la actividad inicial, por lo que su fecha de inicio no dependerá de ninguna otra actividad sino de la fecha de inicio que se asignó para el proyecto.
5. Posteriormente, los espacios de “inicio” y “fin” serán modificados por el software automáticamente una vez que se haya definido la relación de precedencia de cada actividad de acuerdo con los cuatro escenarios anteriormente mencionados. Únicamente la actividad inicial poseerá la fecha programada de inicio que será la que se debió haber ingresado en el formato que se muestra en la figura 28, por lo cual será la única fecha que será ingresada manualmente y no calculada por el software
6. Aunado a esto, el sistema determinará el diagrama de Gantt donde las actividades se localizarán en el eje vertical y las fechas en el eje horizontal.
Las duraciones de las actividades se representarán mediante barras horizontales (azules y naranjas) delimitadas según la fecha de inicio y finalización de cada actividad. Es decir, para obtener las barras del diagrama de Gantt a la fecha de inicio se le sumará la duración que previamente fue definida por el usuario

Finalmente, dentro del cronograma del proyecto, el software determinará la ruta de las actividades críticas del proyecto (barras naranjas), mediante el análisis de la red de secuencia más larga, es decir la ruta de las actividades con mayor duración

1.1.1.10 Calendario con hitos

Como tercer formato se encuentra el calendario de hitos del proyecto, el cual se muestra a continuación.

Este formato se muestra similar al del diagrama de Gantt con la única diferencia en que en este solo se identificará la fecha ya sea de inicio o termino programada para aquellas tareas que representen entregables principales o claves dentro del proyecto.

En la Figura. 31 se aprecia el calendario de hitos que el software manejará.

1	LOGO	DATOS DE LA EMPRESA																
	CRONOGRAMA DE HITOS																	
2	DESCRIPCIÓN	FECHA	SEMANA N							SEMANA N+1								
			L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	
3																		
4																		

Figura. 31 Diseño para calendario de hitos

1. Como se puede observar, al igual que todos los formatos en la parte superior se encontrará la información de la empresa la cual aparecerá automáticamente
2. Aunado a esto, en las primeras dos columnas el usuario deberá ingresar la clave y la descripción del entregable.
3. Posteriormente, se encuentra la columna donde se indicará la fecha programada, esta fecha será definida por el usuario
4. Al igual que el diagrama de Gantt, la parte izquierda de este formato será similar a un calendario delimitado por el periodo de tiempo del proyecto, en el cual se marcarán únicamente las fechas programadas de cada uno de los hitos del proyecto según las haya indicado el usuario

1.1.1.11 Calendario para utilización de recursos

Este calendario como se ha venido mencionando se realizará por medio del módulo de recursos y el módulo de tiempo. Ya que el primero es quien tiene la tarea de identificar y hacer la asignación de los recursos necesarios para cada actividad del proyecto, sin embargo, este calendario se deriva del cronograma de proyecto por lo que se genera dentro del módulo de tiempo, aunque el módulo de recursos también tendrá acceso a él.

En la Figura. 32 se muestra el diseño propuesto para el calendario de utilización de recursos

1	LOGO	DATOS DE LA EMPRESA																	
	CALENDARIO DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS																		
	CLAVE	ACTIVIDAD	RECURSO	PERIODO	SEMANA N							SEMANA N+1							
L					M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	
2																			
3																			
4																			
5																			

Figura. 32 Calendario para utilización de recursos

1. Hace referencia a los datos de la empresa los cuales aparecerán de forma automática
2. En las dos primeras columnas deberán aparecer la lista de todas las claves y actividades del proyecto tal cual se indican en el cronograma de proyecto de forma automática puesto que este calendario se deriva de dicho documento
3. En esta parte es donde el módulo de recursos inicia su labor puesto que será el único espacio que podrá modificar dentro del formato ya que es donde se deberán indicar los recursos para cada una de las actividades
4. Posteriormente, aparecerá el periodo correspondiente a cada actividad el cual indicará el tiempo en el que se empleará cada recurso.
Este al igual que el paso 2 deberá mostrarse de forma automática ya que las duraciones de cada actividad ya fueron determinadas en el cronograma
5. Finalmente, similar al diagrama de Gantt en la parte izquierda de este formato aparecerá un diagrama de barras las cuales señalarán de forma gráfica el periodo en el cual se estará utilizando cada recurso según el calendario

1.1.1.12 Calendario de adquisiciones

Como último formato dentro de este módulo se encuentra el calendario de adquisiciones, el cual se realizará mediante el módulo de tiempo y el de adquisiciones.

Este calendario tiene como propósito señalar las fechas de recepción de cada uno de los insumos adquiridos por la empresa. Por medio de este documento la empresa no solo tendrá identificadas las fechas de entrega, sino que también le podrá dar seguimiento a cada una de sus adquisiciones y asegurar que el abastecimiento de los materiales se dé según el plazo planeado y acordado con sus proveedores.

Este calendario contemplará la entrega de todas las adquisiciones del proyecto por lo que se actualizará cada vez que se realice una orden de compra por parte del módulo de adquisiciones ya que la información contenida dentro de la orden alimentará cada uno de los apartados del formato de calendario.

De acuerdo con el formato de orden de compra que se muestra en la figura 22 se indica la clave del insumo y su descripción, la cantidad que se está adquiriendo y la unidad del material.

De igual forma, la orden de compra especifica el proveedor al que se le está comprando los insumos y establece la fecha en la que se requiere el material.

Dicho esto, el calendario de adquisiciones tendrá el formato que se muestra en la Figura. 33, este calendario se generará de forma automática cada vez que el módulo de adquisiciones emita una orden de compra.

LOGO	DATOS DE LA EMPRESA																		
CALENDARIO DE ADQUISICIONES																			
CLAVE	INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD	PROVEEDOR	FECHA DE ENTREGA	SEMANA N							SEMANA N+1						
						L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D

Figura. 33 Calendario para entrega de las adquisiciones

4.5.6. Función para concentrado de estimaciones

La subcontratación de trabajos dentro de una obra de construcción como se muestra en la figura 16, es un proceso vinculado con el módulo de costos puesto que este es quien revisa el presupuesto proporcionado por el contratista seleccionado, lo aprueba o rechaza y, quien posteriormente con la ayuda del cronograma de obra puede evaluar el desarrollo del proyecto de construcción.

Una vez que el módulo de costos aprueba la cotización de un contratista el área de adquisiciones elabora la orden de trabajo mediante la función descrita en la sección 4.4.2. En cada orden de trabajo se establece el pago que el contratista recibirá por la prestación de sus servicios y que la empresa contratante tendrá que liquidar.

El pago a los contratistas se realiza comúnmente por medio de las estimaciones que el contratista realiza y entrega a la empresa contratante, donde indica la cantidad de trabajo realizado en un periodo y la cantidad monetaria equivalente al trabajo ejecutado.

Por tal motivo, dentro del módulo de costos se propone la función para la gestión de estimaciones con el propósito de brindarle a la empresa un sistema de formatos que le faciliten el control de este proceso.

El primer formato se muestra en la figura 34 y está compuesto por cuatro secciones. Como se acaba de mencionar en esta sección los módulos de adquisiciones y costos se encuentran estrechamente vinculados en este proceso. Ya que el formato que se muestra a continuación se produce por medio de la elaboración de una orden de trabajo.

Cada vez que se genere una orden de trabajo por el módulo de adquisiciones esta automáticamente producirá un formato como el de la Figura. 34 para el control y seguimiento de estimaciones en el módulo de costos, con el entendido de que el contratista realizará sus estimaciones correspondientes para dicha orden.

Sección 1: datos generales

La información contenida en este apartado es proveniente de la orden de trabajo creada en el módulo de adquisiciones y que el software la enviará también para el módulo de costos. Los datos que deben aparecer de forma automática en este formato son:

1. Datos del contratista al que se le generó la orden de trabajo
2. El número de folio que identifica a la orden
3. El código, la descripción de los conceptos y la cantidad únicamente contratada dentro de la orden
4. Posteriormente, aparecerán los datos correspondientes al presupuesto que se le autorizó al contratista conformado por los precios unitarios de cada concepto, así como el importe respectivamente
5. En la parte inferior de esta sección deberá aparecer la sumatoria de todos los importes, el anticipo otorgado, el cálculo del subtotal, el porcentaje de impuesto y finalmente el total de la orden

En esta sección no se entra en detalle en los cálculos necesarios para obtener cada uno de los apartados del punto 5, ya que estos fueron explicados en la sección 4.4.2 de la función para la elaboración de orden de trabajo.

Como se puede apreciar todos los apartados de esta sección son exactamente los contenidos en una orden de trabajo, es por esto por lo que dicho documento se considera como uno de los datos de entrada para la gestión de estimaciones.

Sección 2: captura de estimación

En esta sección es donde el usuario podrá realizar el registro o captura de las estimaciones entregadas por el contratista de acuerdo con la orden de trabajo a la que pertenezcan.

1. Como los conceptos que se le solicitaron al contratista en la orden ya estarán cargados en el formato, el usuario solo tendrá que ingresar la cantidad de trabajo que el contratista realizó y que indica en la estimación
2. Una vez ingresada esta cantidad, el software debe calcular el *importe de cada concepto* que el contratista indique en su estimación mediante el producto de (*cantidad estimada*) (*p. u. del presupuesto*)
3. En la parte inferior de esta sección aparecerán los siguientes cálculos realizados por el software:

Importe: sumatoria de todos los importes estimados

$$\text{Amortización} = \left(\sum \text{importes} \right) (\% \text{ anticipo})$$

$$\text{Subtotal} = (\text{importe}) - (\text{amortización})$$

$$\text{Impuesto} = (\text{subtotal})(\% \text{ impuesto})$$

$$Total = (subtotal) + (impuesto)$$

Sección 3: cálculo de acumulados

Cada que se capture una estimación en el sistema, todos los apartados correspondientes a la sección de *acumulado* se deben modificar automáticamente mediante la sumatoria de todas las cantidades que han sido ingresadas tras cada captura de estimaciones.

$$Acumulado = \sum estimaciones\ capturadas$$

La parte de los acumulados servirá como medida de avance de la obra pues será quien indique la ejecución real de cada una de las actividades en cualquier momento.

Sección 4: cantidades por estimar

Por otro lado, está la parte de *cantidades por estimar* la cual indicará el trabajo que la empresa subcontratada tiene pendiente de realizar y entregar y que por ende significa dinero que la empresa contratante aún tiene que liquidar.

Los apartados que conforman dicha función serán calculados por el software mediante la diferencia

$$Por\ estimar = (presupuesto) - (acumulado)$$

Como se puede apreciar la única sección que podrá ser modificada por el módulo de costos es la sección 2 ya que es donde se realiza el registro de las estimaciones recibidas, las secciones 1,3 y 4 serán generadas por el software por lo que no podrán ser alteradas por el usuario.

El formato que se muestra en la figura 33 es de forma individual para cada contratista, pues como se ha mencionado, cada uno de ellos tiene un presupuesto designado con relación al presupuesto del proyecto y que estará ligado a la orden de trabajo a la que pertenezcan las actividades subcontratadas, todo esto con el fin de fomentar un mayor control y seguimiento a cada una de las empresas subcontratadas.

En la Figura. 35 que se muestra enseguida se puede apreciar el diseño del formato para el concentrado de estimaciones. Este se diseñó con el propósito de hacer un resumen de todos los formatos de gestión de estimaciones como los de la figura 33 es decir, un formato que mostrará todas las actividades del proyecto y a las empresas subcontratadas para que señale de forma general y resumida la ejecución de los trabajos del proyecto en términos económicos.

En la figura 35 se puede apreciar que la primera columna corresponde al folio de la orden de trabajo emitida al contratista por el módulo de adquisiciones del software, luego están las columnas que corresponden al nombre del contratista y la descripción de la orden de trabajo, donde se detallan las actividades subcontratadas dentro de la orden.

Posteriormente, se encuentran las siguientes columnas:

- *Presupuesto*: cantidad establecida por el contratista y por la cual se le realizó la orden de trabajo según las actividades a desarrollar dentro del proyecto
- *Anticipo*: porcentaje monetario del presupuesto que se le otorgó a la empresa subcontratada al comienzo de la obra
- *Estimado*: en esta columna se reflejará el monto actualizado que el contratista a cobrado a la empresa mediante las estimaciones en el momento de análisis
- *Amortizado*: aquí aparecerá la cantidad de dinero que el contratista ha regresado en cada estimación a la empresa contratante referente al monto de anticipo que se le fue otorgado
- *Por estimar*: trabajo pendiente por realizar por parte del contratista traducido en dinero, es decir, lo que el contratista está pendiente de cobrar a la empresa contratante
- *Por amortizar*: indicará el monto que el contratista está pendiente de liquidar a la empresa por el anticipo que se le otorgó.

Como ya se mencionó todos estos apartados contenidos dentro del formato del software son datos que deberán aparecer en automático, esto indica que estará conectado con el formato mostrado en la figura 34. Al momento de que el usuario ingrese los datos en el formato de la figura 34 el que se muestra en la figura 35 será modificado automáticamente por parte del software sin que el usuario pueda modificarlo, servirá únicamente para evaluación y como reporte de la salud económica del proyecto.

En la última columna de la figura 35 viene el apartado de *avance* el cual reflejará en términos económicos la evolución de las actividades contratadas en cada orden de trabajo. Este será calculado por el software mediante el siguiente cociente: $\frac{\text{Presupuesto (\$)}}{\text{Por estimar (\$)}}$.

Con el propósito de que la empresa pueda monitorear y comparar las cantidades de dinero que se ha invertido en la subcontratación de las tareas del proyecto, así como las que le faltan por liquidar con relación al avance de la ejecución de las actividades, como siguiente paso se encuentra el análisis de los índices del desempeño de costos y desempeño de programa.

Este procedimiento se llevará a cabo por medio del método del valor ganado aplicado al concentrado de estimaciones. Para la aplicación de esta metodología se requiere la identificación de tres valores: valor planeado, valor ganado y costo real.

En este caso el algoritmo tomará los valores de la siguiente forma:

- Valor planeado = presupuesto
- Costo real = estimado hasta el momento del corte
- Valor ganado = avance en tiempo hasta la fecha del corte

Esta función estará habilitada en el módulo de costos, sin embargo, también estará correlacionada con el módulo de tiempo.

La aplicación de esta metodología le revelará a la empresa si sus proyectos se encuentran atrasados o sobregirados en el presupuesto. Este procedimiento podrá llevarse a cabo en cualquier momento que la empresa defina una fecha de corte para evaluación.

En el formato del concentrado de estimaciones de la figura 35 en la esquina superior derecha se muestra un apartado con el nombre de “*corte de evaluación*”, por lo que al momento de que el usuario seleccione ese apartado el software automáticamente al siguiente proceso:

1. Se le pedirá al usuario que introduzca la fecha en la que se está realizando el corte para la evaluación
2. Una vez introducida la fecha de corte, el software determinará el valor planeado, valor ganado y el costo real y los graficará según el formato que se muestra en la Figura. 36, graficando en el eje de las ordenadas el costo y en el de las abscisas el tiempo

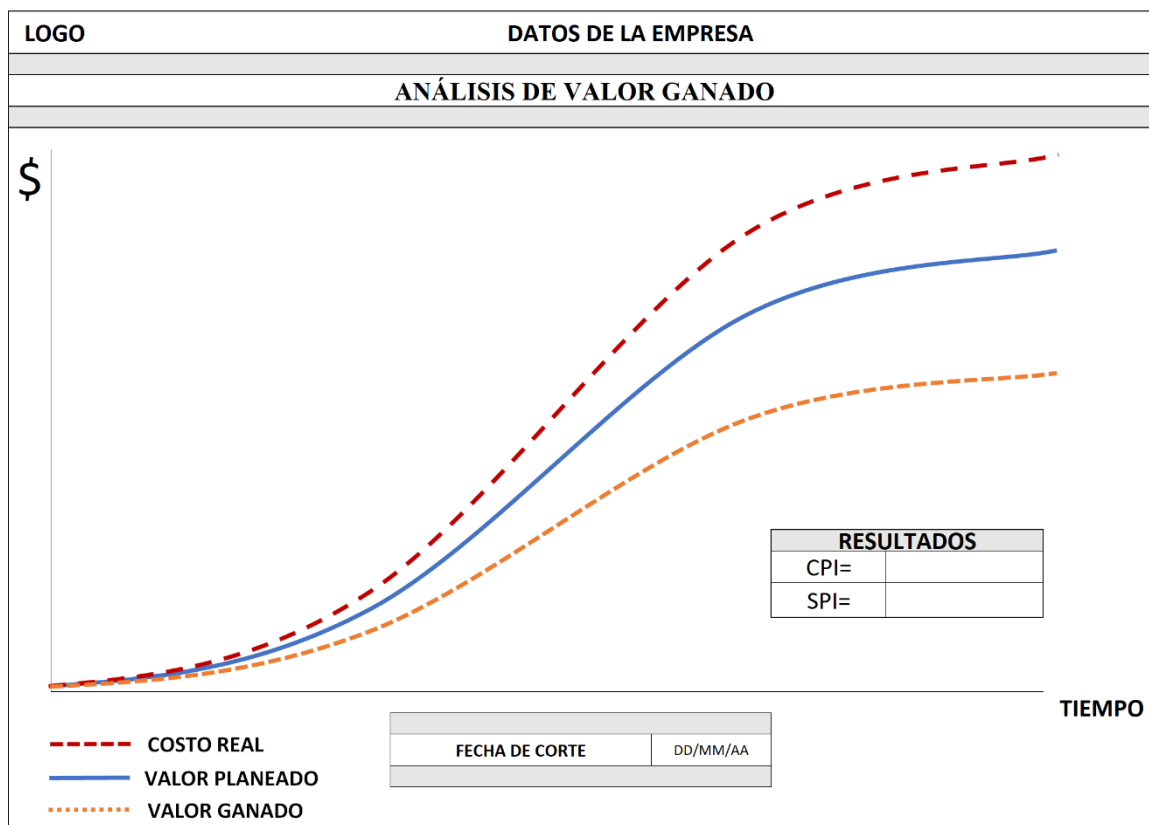


Figura. 36 Sistema para análisis de índices SPI y CPI

3. El cálculo del valor planeado se hará mediante la sumatoria de toda la columna de presupuesto únicamente contemplado hasta la fecha de corte indicada por el usuario
4. El costo real se determinará por medio de la sumatoria de toda la columna correspondiente a lo estimado hasta la fecha de corte
5. El valor ganado será determinado por el avance del proyecto hasta la fecha de corte

6. Una vez determinados los tres valores anteriores, se debe calcular de inmediato los índices de desempeño CPI y SPI
7. El índice de desempeño de costos será calculado por el software mediante el cociente de $CPI = (\text{valor planeado}/\text{costo real})$
 - Sí el $CPI < 1$ el software indicará que el proyecto se encuentra sobre lo presupuestado
 - Sí el $CPI = 1$ el software indicará que el proyecto se encuentra conforme al presupuesto
 - Sí el $CPI > 1$ el software indicará que el proyecto se encuentra por debajo de lo presupuestado
8. El índice de desempeño de programa será calculado por el software mediante el cociente de $SPI = (\text{valor ganado}/\text{valor planeado})$
 - Sí el $SPI < 1$ el software indicará que el proyecto se encuentra atrasado según la programación
 - Sí el $SPI = 1$ el software indicará que el proyecto se está ejecutando de acuerdo con lo programado
 - Sí el $SPI > 1$ el software indicará que el proyecto se encuentra adelantado en el programa

De esta forma la empresa podrá evaluar y medir el desempeño de sus proyectos, brindándole una retroalimentación de cómo se encuentra el proyecto y hacia dónde va, comparado con cómo debería estar y a donde debería llegar en cuanto a costo, proporcionando elementos que faciliten la toma de decisiones oportuna y la aplicación de medidas necesarias.

4.5.7. Función para la gestión de insumos

Con el objetivo de proporcionarle a la empresa un sistema de control y seguimiento del proceso de abastecimiento de los recursos en cuanto a sus costos de adquisición. Para esto, se propone el formato que se muestra en la figura 37.

Este sistema propuesto surge mediante la relación entre los módulos de costos y adquisiciones. Ya que este formato se alimentará principalmente de las órdenes de compra realizadas por el área de adquisiciones.

Por lo cual cada vez que una orden de compra sea generada, parte de la información contenida en esta será redireccionada por el software con el propósito de concentrarla toda en el formato de la Figura. 37

Si bien para que una orden de compra se realice es necesario que el área de costos revise la cotización del proveedor y corrobore que el costo del insumo sea similar al costo planeado dentro del presupuesto. Es por esto por lo que también se requiere como dato de entrada la explosión de insumos del presupuesto del proyecto.

Como primer paso está el formato que se aprecia en la Figura. 38 que corresponde a la evaluación cualitativa de los riesgos identificados.

LOGO		DATOS DE LA EMPRESA																																																												
EVALUACIÓN DEL RIESGO																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">MATRIZ DE RIESGOS</th> </tr> <tr> <th>Probabilidad</th> <th colspan="3"></th> <th colspan="3">Severidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.90</td> <td>0.05</td> <td>0.09</td> <td>0.18</td> <td>0.36</td> <td>0.72</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.70</td> <td>0.04</td> <td>0.07</td> <td>0.14</td> <td>0.28</td> <td>0.56</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>0.03</td> <td>0.05</td> <td>0.10</td> <td>0.20</td> <td>0.40</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.30</td> <td>0.02</td> <td>0.03</td> <td>0.06</td> <td>0.12</td> <td>0.24</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.10</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.02</td> <td>0.04</td> <td>0.08</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impacto</td> <td>0.05</td> <td>0.10</td> <td>0.20</td> <td>0.40</td> <td>0.80</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							MATRIZ DE RIESGOS							Probabilidad				Severidad			0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72		0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56		0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40		0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24		0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08		Impacto	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	
MATRIZ DE RIESGOS																																																														
Probabilidad				Severidad																																																										
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72																																																									
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56																																																									
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40																																																									
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24																																																									
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08																																																									
Impacto	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80																																																									
ACTIVIDAD	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD	IMPACTO	SEVERIDAD	PRIORIDAD																																																								

Figura. 38 Formato para análisis cualitativo de riesgos

1. Datos de la empresa
2. El proceso de análisis de riesgos dentro del software comienza cuando el usuario ingrese la actividad o trabajo a evaluar
3. Enseguida deberá indicar el riesgo que podría surgir en la realización de dicha actividad, así como la descripción detallada de éste
 Cuando el usuario presione en el icono le saldrá la lista de riesgos almacenados en la base de datos. Sin embargo, es una base de datos con los riesgos generales de un proyecto, y solo servirán como complemento, por lo que el usuario podrá seleccionarlos y añadirlos a su proyecto, pero también está la función para que este pueda introducir los respectivos riesgos identificados en su proyecto.
4. Posteriormente, para comenzar con el análisis cualitativo del riesgo, de acuerdo con la matriz de riesgos (la cual debe aparecer en la parte superior del formato) el usuario tendrá que determinar la probabilidad de que ocurra el riesgo
5. De igual forma, conforme a los datos de la matriz el usuario tendrá que definir el valor del impacto que habría en el proyecto si el riesgo evaluado llega a desarrollarse
6. Una vez que el usuario haya ingresado todos los datos anteriores, el software calculará la severidad del riesgo mediante el siguiente producto $severidad = (probabilidad) (impacto)$
7. Teniendo el resultado el software categorizará el riesgo de acuerdo con su valor de severidad y determinará su nivel de importancia de acuerdo con los siguientes casos:
 - a) Si $0.01 \geq Severidad \leq 0.05$ el riesgo será catalogado como “nivel de prioridad bajo”
 - b) Si $0.06 \geq Severidad \leq 0.17$ el riesgo será catalogado como “nivel de prioridad moderado”
 - c) Si $0.18 \geq Severidad \leq 0.72$ el riesgo será catalogado como “nivel de prioridad alto”

De no encontrarse el resultado de dicho producto dentro de los rangos según los tres casos anteriores, es muy probable que el usuario haya ingresado incorrectamente los datos, ya que usando los valores tal cual de la matriz de riesgos es imposible obtener un resultado diferente.

Si los riesgos fueron determinados con nivel moderado a alto el software le permitirá al usuario proceder con el análisis cuantitativo de estos. Por lo que como en el segundo formato que se muestra en la Figura. 39 aparecerán todos los riesgos de “moderado-alto” junto con su probabilidad de ocurrencia.

LOGO	DATOS DE LA EMPRESA		
ANÁLISIS DE RIESGO NIVEL MODERADO-ALTO			
RIESGO	PROBABILIDAD	COSTO IMPACTO	IMPORTE CUANTITATIVO
		\$ -	\$ -
→		\$ - ←	\$ -
		\$ -	\$ -
	→	\$ -	\$ ← -
		\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -
MONTO DE CONTINGENCIA			\$ - ←

Figura. 39 Formato para análisis cuantitativo

1. Lista de riesgos catalogados con nivel de prioridad moderado a alto
2. Aunado a esto, deberá parecer igual de forma automática la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo que se le dio en el formato de la figura 38
3. Para realizar el análisis cualitativo de estos riesgos se le pedirá al usuario que determine e introduzca el monto como le afectaría económicamente al proyecto el impacto de cada uno de los riesgos en estudio
4. Después de esto, el software determinará el importe cuantitativo de cada riesgo mediante el producto de *importe cuantitativo = (probabilidad) (costo de impacto)*
5. Y finalmente, una vez calculados todos los importes cuantitativos el software calculará el monto total de contingencia mediante la sumatoria de todos los importes cuantitativos de los riesgos previamente calculados

Este monto de contingencia le indicará al usuario el costo total que el proyecto tendría que absorber en caso de que los riesgos en análisis se desarrollarán y no se tomara ningún tipo de medida de acción para prevenir los riesgos.

Como siguiente y último paso dentro del análisis de riesgos, sería el tercer formato que el software contendrá para el análisis y seguimiento de riesgos.

El formato que se muestra en la Figura. 40 será el tercer documento digital que contendrá el módulo de riesgos. En este último se le permitirá al usuario realizar el plan de respuesta a todos los riesgos del proyecto sin dejar de lado su evaluación económica es por esto por lo que el plan de registro de riesgos se encuentra vinculado con el módulo de costos y se considera un dato de entrada para la creación de la línea base de costos.

LOGO	DATOS DE LA EMPRESA			
PLANIFICACIÓN DE RESPUESTA				
RIESGO	ESTRATEGIA	PLANIFICACIÓN DE RESPUESTA	COSTO DE ACCIÓN	RESPONSABLE
1			\$ -	
			\$ -	4
2			\$ -	
			\$ -	5
3			\$ -	
			\$ -	
			\$ -	
			\$ -	6
MONTO DE PLAN DE ACCIÓN				

Figura. 40 Formato para planificación de respuesta

1. En la primera columna deberán aparecer todos los riesgos definidos por el usuario en el formato que aparece en la figura 38
2. Posteriormente, se le pedirá al usuario que defina la estrategia con la cual se planea accionar ante cada uno de los riesgos
3. Luego, se encontrará el espacio en donde el usuario describa detalladamente el plan de respuesta para cada uno de los riesgos evaluados
4. Todo riesgo al materializarse en un proyecto se traduce en un monto económico para el proyecto, por lo que tomar medidas para evitar al riesgo también genera un costo, por lo tanto, dentro de dicho formato se maneja un apartado, en el cual el usuario podrá ingresar el costo de la acción de respuesta a cada uno de los riesgos
5. Y finalmente el software determinará el *monto total del plan de acción* mediante la sumatoria cada una de las respuestas a riesgos

Este último formato, le servirá de ayuda a la empresa para darle control y seguimiento a los riesgos del proyecto, en otras palabras, en el momento en que uno de ellos se desarrolle en el proyecto, el equipo del proyecto ya sabrá cual es la acción que se debe realizar para mitigar el riesgo, así como saber que dichas medidas de acción ya se encuentran contempladas dentro del presupuesto, por lo que no implicaría un costo extra.

Cabe mencionar que los costos que se pide ingresar en los formatos de las figuras 39 y 40 no serán calculados por el software, es por esto por lo que se indica que el usuario los debe determinar e introducirlos al sistema.

Capítulo 5. Conclusiones

En este capítulo se muestran las conclusiones a las que se llegó por medio del desarrollo del algoritmo, haciendo un desglose detallado de los factores que se consideraron para la definición de los módulos y funciones contenidos dentro del algoritmo para cumplir con el objetivo principal que es brindar las herramientas para la administración de proyectos de construcción.

Y, por último, se hace mención del trabajo a futuro haciendo referencia a la codificación del algoritmo para convertirse en un sistema de cómputo.

5.1. Conclusiones del algoritmo propuesto

A lo largo de este proyecto se estuvieron investigando y analizando los sistemas ERP del mercado especialmente los que se enfocan en el sector de la construcción, esto con el propósito de identificar las características y funciones que ofrecen a las empresas constructoras para facilitar la gestión de sus proyectos.

Los sistemas ERP se encuentran divididos por *suites* especializadas para cubrir cada área del proyecto y que a su vez estas suites se subdividen en un conjunto de módulos que poseen una función específica a desarrollar dentro de la aplicación. Sin embargo, pese a lo multifuncional que estos sistemas de cómputo pueden llegar a ser, en dicho análisis se encontró que, aunque sean softwares diferentes, la mayoría de estos poseen módulos para cubrir las áreas de costos, programación y procuración.

Aunado a esto se halló que los principales problemas que una empresa tiende a tener durante el desarrollo de un proyecto están relacionados con el costo y tiempo.

También se encontró que la mayor parte de las empresas constructoras en México corresponden a la categoría de la micro y pequeña empresa, por lo cual se consideran los principales usuarios para el software.

Con base a lo anterior, se desarrolló un algoritmo para un software especializado en la administración de construcción conformado por cinco módulos base para la gestión de proyectos de esta índole. Los módulos contenidos dentro de este algoritmo están enfocados en las áreas de:

- Adquisiciones
- Recursos
- Tiempo
- Costos
- Análisis de riesgos

El módulo de adquisiciones se diseñó para gestionar principalmente los procesos de abastecimiento de los recursos por medio de la logística de suministro de materiales y, para administrar el procedimiento de subcontratación.

Por otra parte, en el área de recursos se contemplaron las funciones para administrar el manejo interno de los insumos adquiridos por la empresa para su utilización en los proyectos. Considerando únicamente los recursos físicos, como herramientas, equipos, maquinaria y materiales, dejando a un lado los recursos humanos, puesto que eso se considera otra área que no se contempla dentro del software.

En el módulo de tiempo se consideraron las funciones necesarias para la gestión del programa de obra y los documentos derivados de este, mientras que el módulo de recursos se dividió en tres secciones: 1) identificación y análisis cualitativo de riesgos, 2) análisis cuantitativo de riesgos y cálculo del monto de contingencia y 3) planeación de estrategias para hacer frente a los riesgos.

Por último, el apartado de costos se estructuró de forma que sirva como soporte para el control y monitoreo del presupuesto de proyecto por medio del análisis de costos derivados por el proceso de subcontratación y de la adquisición de recursos. Al igual que la evaluación de la salud del proyecto a través de los índices de desempeño de costos y de programa.

Debido a que el algoritmo no abarca todas las funciones que contiene un ERP del mercado, hay procesos en los que los módulos del algoritmo requerirán ser alimentados de información o documentos provenientes de otro tipo de software, es por esto por lo que también se consideró dentro del algoritmo el módulo del *super usuario*, quien será el encargado de llevar a cabo la administración de las funciones de cada módulo así como de gestionar la compatibilidad con otras aplicaciones para suministrarles la información que cada módulo necesita para sus funciones.

Con base a lo anterior, se puede apreciar que se trata de un algoritmo compuesto por los módulos genéricos o básicos que todo sistema ERP tiene según lo investigado. La razón del porqué se diseñó un algoritmo con módulos limitados es por qué se busca satisfacer las funciones esenciales que las empresas desarrollan en la ejecución de sus proyectos.

A demás, de buscar posicionarse como un software accesible para las empresas que cuentan con un rango de ingresos anuales bajo.

5.2. Trabajo a futuro: tipo de software y codificación

En los últimos años la tecnología ha adquirido mayor influencia en los sistemas de software y es que hoy en día es muy común que las empresas u organismos tiendan a recurrir a un sistema de cómputo especializado y ajustado según a sus necesidades. Sin embargo, el problema al que frecuentemente se enfrentan es el elegir entre la tecnología de un software de plataforma web o de uno de escritorio.

Como el objetivo principal es que este algoritmo sea codificado para convertirse en un software de administración de proyectos de construcción, analizando los dos tipos de software se tomó la decisión de que el algoritmo que se estuvo desarrollando a lo largo de este documento se transforme en un software de plataforma virtual con páginas web codificadas ya sea en lenguaje de Java o Python.

Como se mencionó en la sección 1.3 de objetivos, el propósito del algoritmo es que este se codifique y se convierta en un software accesible para las empresas constructoras. Es por esto por lo que utilizar una plataforma web es la opción más conveniente.

Las aplicaciones web están basadas en la arquitectura cliente-servidor al igual que el algoritmo que se diseñó. Las empresas podrán acceder a él desde cualquier navegador de internet por lo que no requerirá de un proceso de instalación.

No se va a requerir de un sistema operativo en específico por lo cual no habrá problemas de incompatibilidad entre versiones ni serán indispensables las continuas actualizaciones de tal forma que la empresa estaría ahorrándose los costos por mantenimiento y de actualización.

Este tipo de plataformas pueden ser utilizadas siempre y cuando se tenga acceso a internet o a los datos móviles por lo cual se podrá acceder desde cualquier lugar, lo que resulta bastante ventajoso para una empresa constructora puesto que ya sea en la oficina o desde la obra de construcción los usuarios podrán utilizar el software en computadoras o inclusive desde un teléfono celular.

Dicho esto, se hace referencia en que las empresas no necesitarán adquirir equipos de cómputo especializados por lo cual se ahorrarían también en el costo de hardware y su debido mantenimiento.

Por otra parte, en cuestión de los lenguajes de codificación propuestos Java y Python se hace esta recomendación con base a un análisis e investigación de los distintos lenguajes de programación hallándolos como los lenguajes más demandados y destacados por las empresas en este tipo de softwares ya que poseen un mayor rendimiento y flexibilidad a la hora de programar.

Otra cuestión que podría ser beneficiosa para desarrollar el algoritmo es que Java y Python son lenguajes que poseen librerías de código, esto quiere decir que se puede reutilizar el código existente para facilitar la ejecución de algunos métodos u operaciones evitando empezar el código desde cero.

Anexo A. Base de riesgos genéricos de un proyecto

LOGO

DATOS DE LA EMPRESA

BASE DE DATOS

FUENTE DE RIESGO

RIESGO

Externos	Propietarios del sitio donde se va a desarrollar el proyecto indispuestos a venderlo
	Incongruencia en los objetivos de tiempo, costo, alcance y calidad del proyecto
	Problemas de aceptación del proyecto con las comunidades locales
	Cambios de financiamiento para el año fiscal
	Petición de cambios por parte de los interesados en último momento
Ambientales	Amenaza de demandas legales
	Demora en el proyecto por retraso en la obtención de los permisos de los organismos regulatorios en materia
	Requisitos nuevos para obtener permisos
	Cambios en la normativa ambiental
	Requerimientos del organismo regulatorio que sean de mayor nivel al asumido por la empresa
	Escasez de personal especialista en el área
	Ubicación del proyecto en sitios históricos, especies en peligro de extinción, etc.
	Proyecto en zona costera

Proyecto cerca de un río salvaje

Proyecto en una llanura propensa a inundación

Organizacional

Asignación de personal sin experiencia

Pérdida de personal esencial en una etapa importante del proyecto

Insuficiencia de tiempo para planificar

Carga de trabajo imprevista para el equipo del proyecto

Cambio de prioridades en el programa de obra

Reputación de la empresa, servicio, etc. en riesgo

Alcance, objetivos, programa, costos y entregables confusos o indefinidos

Ejecutar varios proyectos simultáneamente

Mala comunicación entre el equipo del proyecto

Administración

Falta de coordinación

Presión por entregar el proyecto con una planificación acelerada

Rotación del personal esencial durante el desarrollo del proyecto

Mano de obra sin experiencia o personal inadecuado

Riesgos de derecho de vía

Reubicación y movimiento de servicios públicos fuera del tiempo previsto

Acuerdos con autopistas

Proyecto cerca del paso del tren

	Demora en la evaluación del derecho de vía que implique aumento del tiempo y costos del proyecto
	Modificación en el criterio sísmico
Diseño	Problemas con la cimentación
	Demanda de tráfico
Normativos	Variación en los reglamentos de calidad
	Solicitud de información o permisos nuevos
	Inconvenientes geotécnicos inesperados
Técnicos	Suposiciones erróneas sobre cuestiones técnicas en la fase de planeación
	Fallas técnicas
	Problemas para obtener el financiamiento del proyecto
Financieros	Fluctuación de divisas
	Variaciones de las tasas de interés
	Problemas con las condiciones geotécnicas del suelo
	Contaminación del suelo
Constructivos	Peligros naturales
	Áreas de estacionamiento
	Fallas por personal operativo
	Terminar el proyecto en el tiempo estipulado

Realizar las actividades tal y como estaban programadas en el plan original

Imprevistos que retrasen el desarrollo del proyecto

Huelgas de los trabajadores

Accidentes laborales

Desastres naturales (terremotos, deslaves, etc.)

No terminar el proyecto dentro del presupuesto establecido

Contractuales	Indemnización: cláusulas de exoneración de responsabilidades
	Tipos de indemnización: Incumplimiento de responsabilidad contractual
Obra pública	No integrar normatividad de obra pública y sus especificaciones
	La empresa debe tomar en cuenta todos los aspectos estipulados en el contrato, ya que, si no está incluido en este, prevalece la norma mayor
	Aprobación del presupuesto por organismos gubernamentales
	Rescisión de contrato

Referencias

- Ameijide García, L. (13 de Enero de 2016). *Gestión de proyectos según el PMI*. Recuperado el 22 de marzo de 2018, de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/45590/7/lameijideTFC0116memoria.pdf>
- Añorve Castellanos, I., & Téllez Hernández, V. M. (18 de febrero de 2016). *Instituto Politecnico Nacional*. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de Instituto Politecnico Nacional: http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19518/TESIS_APCP_JUNIO%202016_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Benvenuto Vera, Á. (2006). *Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC* (Vol. 4). Chile: Universidad de Concepción.
- Blanco Bargé, M. J. (2015). *De espectador a programador: el camino para entender la tecnología aprendiendo a manejarla*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. Obtenido de file:///C:/Users/Admin/Downloads/Programar_03_15_T5_algoritmos.pdf
- CMIC. (2016). *Diagnóstico del Sector de la Construcción y Propuestas para el Impulso de la Infraestructura en México*. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Recuperado el 01 de Septiembre de 2019, de https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/Documento_extenso_vfinal_191215.pdf
- CONDUSEF. (Octubre de 2019). *omisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros*. Obtenido de omisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros: <https://www.condusef.gob.mx/Revista/index.php/usuario-inteligente/educacion-financiera/492-pymes>
- Finazzi, P. A. (2013 de febrero de 2013). *Introducción a los sistemas ERP, despliegue y configuración de OpenERP*. Obtenido de Introducción a los sistemas ERP, despliegue y configuración de OpenERP.: <http://informatica.gonzalonazareno.org/proyectos/2012-13/paf.pdf>
- Gallardo Ruiz, J., & García López, C. (S.F.). *Diseño de algoritmos y programas*. Málaga, España: Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga.
- Gómez Fuentes, M., Cervantes Ojeda, J., & González Pérez, P. P. (2012). *Notas del curso: Administración de proyectos*. Recuperado el 17 de Marzo de 2018, de http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Notas_Admon_de_Proyectos_v2_2.pdf

- Góngora Pérez, J. P. (Noviembre, diciembre de 2013). EL panorama de las micro,pequeñas y medianas empresas en México. *Comercio exterior*, 63(6).
- González, A., García, A., López, G., Blanco, J., Da Cámara, T., & Huizi, J. (2012). *Algoritmica y programación*. Caracas, Venezuela: Instituto Universitario de Tecnología" Dr. Federico Rivero Palacio". Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de <https://studylib.es/doc/939273/formas-de-representar-un-algoritmo--lenguaje-natural>
- Huerta Mendizabal, A., & Zuzuarregui Ibarbia, A. (2015). *Análisis de las características de los ERPs para pymes: Una guía preliminar de cara a la elección de las soluciones más eficientes*. Lejona, España: Universidad del País Vasco. Obtenido de https://www.ehu.eus/documents/1432750/3183370/Informe_ERP_Txostena+v1.pdf
- Ingenima. (04 de Abril de 2019). *EVALUANDO SOFTWARE*. Obtenido de EVALUANDO SOFTWARE: <https://www.evaluandoerp.com/caracteristicas-erp/>
- Iñigo, C. R., & Iosune, B. V. (2010). *Guía para la elaboración de proyectos*. País Vasco: TRESDETRES,s.l.
- Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos* (Cuarta ed.). Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Labandeira, J. (30 de Julio de 2012). *PM DEVICES*. Recuperado el 17 de abril de 2018, de PM DEVICES: http://pm-devices.com/Documentos/ACADEMICO/Docs_4_2/4.2-Plan_de_Gesti%C3%B3n_del_Proyecto.pdf
- López García, J. C. (2009). *Algoritmos y programación* (Segunda ed.). Colombia: Motorola Foundation,Motorola de Colombia Ltda. y la gestión de la ONG Give to Colombia.
- Moreno, M. N. (2016). *Introducción a la gerencia de proyectos: conceptos y aplicación* (Primera edición ed.). Bogotá, Colombia: EAN. Obtenido de <http://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/Introduccion-a-la-gerencia-de-proyectos-conceptos-y-aplicacion-ean.pdf>
- Muñiz González, L., & Prat, R. (Diciembre de 2003). *La implantación de sistemas ERP: su efecto sobre la organización y los recursos humanos*. Obtenido de La implantación de sistemas ERP: su efecto sobre la organización y los recursos humanos: <http://pdfs.wke.es/4/5/5/2/pd0000014552.pdf>
- Oldenburg Basgal, D. M. (2008). GERENCIA DE PROYECTOS. . *Revista Científica "Visión de Futuro"*, 10(2). Recuperado el 27 de julio de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3579/357935471003>
- Oracle México. (s.f.). *Qué es un ERP?* Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de Qué es un ERP?: <https://www.oracle.com/mx/applications/erp/what-is-erp.html>

- PMI. (2017). *PMBOK Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (sexta ed.). Newtown square, Pensilvania: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Quinta ed.). Newtown Square, Pensilvania, Estados Unidos: PMI.
- Rico Peña, F. D. (2004). *Sistemas ERP. Metodologías de Implementación y Evaluación de Software*. Coruña, España: Universidad de A Coruña.
- Rodríguez, J. (28 de Mayo de 2018). *CRABLAB PROGRAMACIÓN Y MATEMÁTICAS*. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de CRABLAB PROGRAMACIÓN Y MATEMÁTICAS: <https://www.crablab.es/blog/2018/05/28/algoritmos-con-lenguaje-natural/>
- Secretaría de Economía de México. (2012). *Secretaría de Economía de México*. Obtenido de Secretaría de Economía de México: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/empresas/mediana-empresa>
- Sierra Molina, G., Escobar Pérez, B., Gago, R. S., Navarro Casbas, T., & Rocha Martínez De la Peña, C. (2007). *Sistemas de información integrados (ERP)*. (A. e. empresas, Ed.) Obtenido de *Sistemas de información integrados (ERP)*: <https://www.elmostrador.cl/media/2015/05/nt6.pdf>
- Sotoca Sánchez, G. (28 de Junio de 2013). *Stratic Consultoría Estratégica*. Obtenido de Stratic Consultoría Estratégica: <http://stratic.es/erp-i-historia-y-evolucion/>
- Suárez Rey, C. (2010). *Sistemas integrados de gestión ERP*. Obtenido de *Sistemas integrados de gestión ERP*: http://www.gcd.udc.es/subido/catedra/presentaciones/economia_competencia_ii/nota_tecnica_sistemas_de_gestion_erp_carlos_suarez_rey_17-03-2010.pdf
- Vázquez Gómez, J. B. (2012). *Análisis y diseño de algoritmos* (Primera ed.). Estado de México, México: Red tercer milenio.