

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 5



*Trabajo de Diploma para optar por el Título de Ingeniero en
Ciencias Informáticas.*

Título: Costo de producción del proyecto SCADA mediante la aplicación del Algoritmo basado en Colonia de Hormigas.

Autoras:

Maikelis Ananka Rosales Almaguer.

Mirna Indiana Beyris Bringuez.

Tutor:

MSc. Roberto Millet Luaces.

Co-Tutora:

Ing. Iliana Pérez Pupo.

Ciudad de La Habana

Junio-2010

“Nadie, ni un individuo ni un país, puede darse el lujo de gastar indefinidamente más de lo que recibe por la venta de sus producciones o por los servicios que presta.”

Raúl Castro Ruz

Declaración de Autoría.

Declaramos que somos las únicas autoras de este trabajo y autorizamos a la Facultad 5 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año 2010.

Firma autora
Maikelis Ananka Rosales Almaguer

Firma autora
Mirna Indiana Beyris Bringuez

Firma Tutor
MSc. Roberto Millet Luaces

Firma Co-Tutora
Ing. Iliana Pérez Pupo

Datos de Contactos.

Tutor: Roberto Millet Luaces.

Breve currícul:

- Profesor de Matemática.
- Graduado de Ingeniero Eléctrico en 1986, en Universidad de Camagüey.
- Profesor Auxiliar.
- MSc. en Ciencias Matemáticas.
- Imparte docencia en universidades desde 1987.

Ubicación: UCI, Cuba.

E-mail: milletp@uci.cu

Co-Tutora: Iliana Pérez Pupo.

Breve currícul:

- Graduada de Ingeniera Informática en 2007, en la Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Profesora adiestrada.
- Imparte docencia en la UCI desde 2007.

Ubicación: UCI, Cuba.

E-mail: iperez@uci.cu

Dedicatoria

A mi madre por ser el motor impulsor de mi existencia.

Maikelis

A mis padres; por su apoyo constante, por su amor sin límites, por darme en cada momento lo mejor de ellos.

Indiana

Agradecimientos.

A mi familia.

A mi madrina que de una forma u otra siempre ha estado a mi lado.

A mi novio por el apoyo y la comprensión que me brinda.

A mis amistades, en especial a Vivian, Yuri y Yunetsy por preocuparse por mí.

A mi compañera de tesis por trabajar igual o más que yo, sinceramente pienso que formamos un buen equipo.

Maikelis.

A mis padres, por toda la seguridad y el optimismo que han logrado contagiarme, por el hogar tan lindo que me han dado desde que existo y que tanto ha influido en mi formación.

A mis hermanas, porque sé que cuento con su apoyo en todo momento.

A mi prima Liliam por su ayuda y camaradería en todos estos años de mi carrera.

A mis tíos: Mé, Vivian, Enriqueito, Tinito, a mi primo Luisito, y a Magdalena por toda la ayuda y el cariño que me brindaron durante mi estancia en La Habana.

A todo ese familión que tengo, por su preocupación en mis estudios, y por todo el apoyo y el amor que los caracteriza.

A mi compañera de tesis, por su persistencia, por darnos ánimos cuando las cosas no nos salían como queríamos.

A todos mis amigos, porque aunque no todos están conmigo en la escuela, saber que están ahí resulta una inspiración para cualquier cosa que haga.

Indiana.

*A todas aquellas personas que contribuyeron con el desarrollo de la tesis, especialmente:
David, Alexei, Luis javier y Hardy.*

Al tribunal, y al oponente por señalarnos las dificultades en el momento preciso.

A la co-tutora por atendernos siempre que precisáramos de ella.

*A nuestro tutor, por guiarnos y dedicarnos parte de su tiempo, aún estando muy ocupado.
Por la confianza depositada. Por sus sabios consejos.*

Gracias a todos.

Maikelis e Indiana.

Resumen.

En la actualidad los proyectos de software frecuentemente se retrasan o sobrepasan el presupuesto definido, esto sucede debido a que en la mayoría de los casos no se lleva a cabo una adecuada Gestión de Proyecto. Es por esto que las organizaciones de desarrollo de software buscan nuevas alternativas para mejorar su desempeño en ese sentido y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) no es la excepción. El presente trabajo de diploma surge por la necesidad que existe en la UCI de utilizar nuevos métodos que combinados con las técnicas clásicas de contabilidad y finanzas, ayuden a la toma de decisiones en busca de una mayor eficiencia en la gestión de costos de un proyecto productivo.

Los algoritmos basados en el comportamiento de las hormigas, son métodos pertenecientes a la Inteligencia Artificial que pueden utilizarse para resolver problemas de búsqueda y optimización, precisamente ese es el objetivo de este trabajo de diploma: desarrollar una aplicación que permita determinar y optimizar el costo de producción de un proyecto en la UCI utilizando el algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas, para lo cual se realizó una investigación relacionada con los métodos tradicionales de contabilidad y finanzas del análisis del costo, y del algoritmo a utilizar. La investigación fue validada mediante una consulta a expertos, para obtener sus criterios y llegar a un consenso de las variables que fueron utilizadas. Una vez alcanzado el conocimiento necesario, se desarrolló una aplicación donde se demuestra el funcionamiento del Algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas, en el análisis del costo en un proyecto productivo en la UCI.

Palabras Claves: Costo, Toma de decisiones, Inteligencia Artificial, Método Delphi, algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas.

Índice.

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Resumen	IV
Índice	V
Introducción	1
Capítulo1. Fundamentación Teórica	6
1.1 Costos. Importancia.....	6
1.2 Clasificación de costos.	7
1.3 Métodos para calcular el costo.	10
1.4 Gestión de Proyectos de Software.	11
1.4.1 Gestión de Costos.....	12
1.5 Inteligencia Artificial.....	19
1.5.1 Colonia de Hormigas.....	21
1.6 Tipo de Dato Abstracto: Grafo.	22
1.7 Software y lenguaje de programación.....	23
1.7.1 Software: Borland C++ Builder.....	24
1.7.2 Software: Statgraphics.	24
1.8 Consulta a expertos. Método Delphi.	24
Capítulo2. Obtención del Conocimiento	26
2.1 Modelos utilizados para registrar los costos en la UCI.....	26
2.1.1 Modelo utilizado en algunas líneas de producción del proyecto SCADA.	26
2.1.2 Modelo utilizado en la Empresa albet.....	27

2.1.3 Propuesta del Departamento Central de Ciencias Empresariales.	28
2.3.4 Modelo Resumen.	28
2.2 Realización de la consulta a expertos.	38
2.2.1 Resultados obtenidos.	40
2.2.1 Gráficos Obtenidos.	50
2.3 Optimización con Colonia de Hormigas (OCH).	53
2.3.1 Pasos para aplicar el algoritmo.	54
2.3.2 Estructura Genérica del algoritmo.	54
2.4 Elementos para aplicar el algoritmo OCH.	55
Capítulo 3. Propuesta de Solución.	57
3.1 Clases definidas.	58
3.2 Funcionalidades básicas de la aplicación.	62
3.3 Descripción de los pasos que realiza el algoritmo para optimizar.	63
3.4 Algunas aclaraciones.	66
3.5 Interfaces de la aplicación.	67
3.6 Resultados.	71
Conclusiones.	72
Recomendaciones.	73
Referencia Bibliográfica.	74
Bibliografía Consultada.	77

Introducción.

En la actualidad los proyectos de software frecuentemente se retrasan o sobrepasan el presupuesto definido, de la misma manera los clientes se muestran insatisfechos con la calidad de los productos, esto sucede debido a que no siempre se lleva a cabo una adecuada Gestión de Proyecto, es decir, los proyectos de software en sentido general no se encuentran totalmente gestionados o administrados. Por tal motivo, las organizaciones de desarrollo de software buscan nuevas alternativas para mejorar su desempeño en ese sentido y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) no es la excepción. Dentro de las actividades que conforman la Gestión de Software, se encuentra la Gestión de Costo, que incluye los procesos que garantizan que el proyecto se pueda completar dentro del presupuesto aprobado.

Con el desarrollo de las ciencias de la computación, han avanzado considerablemente los campos de investigación relacionados con la misma, como es el caso de la Inteligencia Artificial (IA), entre los campos que estudia la IA se encuentra la Computación Evolutiva, en la que se toman conceptos de la naturaleza para resolver problemas de computación. Una de las técnicas de la computación evolutiva son los algoritmos basados en el comportamiento de las hormigas, que son métodos que se emplean en la solución de complejos problemas de búsqueda y optimización.

Los métodos utilizados para la solución de ese tipo de problemas, han sido objeto de estudio desde los primeros años de la computación, se pueden clasificar básicamente en tres categorías: enumerativos, determinísticos y aleatorios, estos enfoques tradicionales son analizados y criticados en términos de robustez, lo cual no significa que no sean útiles, sino por el contrario, pueden servir de complemento a esquemas robustos para la creación de híbridos. Los algoritmos evolutivos han demostrado poseer características que les permiten presentar un mejor comportamiento para resolver un gran número de problemas reales donde las técnicas clásicas no pueden ser aplicadas [1].

La UCI puede ser catalogada como la mayor Industria de Desarrollo de Software en Cuba. Como industria, debe conocer el costo de cada proyecto, esto es muy importante pues permite cuantificar y conocer la magnitud de cada uno de ellos. A pesar de la gran cantidad de proyectos productivos existentes, son pocos los que tienen en cuenta el análisis del costo de producción, dentro de los que se encuentran los que tienen intereses internacionales.

Cuando en un proyecto no se realiza el análisis de costo, puede que se incurra en un gasto de materiales mucho mayor de lo que recaude el proyecto, o simplemente que no se obtenga una ganancia significativa.

Los encargados de determinar los costos de producción en los proyectos de la UCI, en los que se realiza esta actividad, utilizan métodos tradicionales de contabilidad y finanzas para llevar a cabo dicha tarea, que resulta muy tediosa para muchas personas, siendo esta una de las razones por la que en muchos proyectos no se realiza. En este trabajo se mostrará otra vía para efectuar el mismo análisis que permitirá hacer una comparación y determinar la eficacia del método utilizado, que en gran medida contribuye a la búsqueda de métodos novedosos en el análisis de los costos de los proyectos y además ayuda a la toma de decisiones en busca de una mayor eficiencia.

El algoritmo a utilizar en este trabajo de diploma para el análisis y determinación del costo del proyecto SCADA, es Optimización con Colonia de Hormigas.

Queda planteada así la necesidad de una eficiente gestión de costos y la existencia de algoritmos que pueden optimizar el costo en proyectos productivos particularmente en el SCADA, proyecto que por su importancia requiere de un análisis económico mediante la confección de una aplicación que permita analizar su rentabilidad.

Problema científico.

¿Cómo optimizar el costo de producción del proyecto SCADA, en la Universidad de las Ciencias Informáticas?

Objeto de estudio.

Proceso de optimización del análisis del costo de producción en proyectos informáticos.

Objetivo.

Desarrollar una aplicación que permita optimizar el costo de producción del proyecto SCADA utilizando el algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas.

Campo de acción.

La optimización del análisis del costo de producción en proyectos informáticos mediante la aplicación del algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas.

Tareas investigativas.

- Análisis de las fuentes de información para identificar el estado del arte y elaborar el marco teórico de la investigación.
- Aplicación de la consulta a expertos, en particular el método Delphi, para validar el tema de investigación.
- Estudio de temas vinculados a los métodos tradicionales de contabilidad y finanzas en el análisis de costo, para aplicar el algoritmo de Optimización con Colonia de Hormigas.
- Análisis de la teoría relacionada con los algoritmos basados en el comportamiento de las hormigas, para precisar los elementos a tener en cuenta en su aplicación.
- Utilización del paquete estadístico Statgraphics para el procesamiento de datos.
- Aplicación del algoritmo propuesto con las modificaciones creadas para el análisis de costo.
- Evaluación empírica de la factibilidad del algoritmo propuesto.

Idea a defender.

Si se utiliza el algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas en la optimización del costo de producción del proyecto SCADA, entonces se podrá desarrollar una aplicación que permita analizar la rentabilidad del mismo.

Métodos Científicos.

Métodos Teóricos.

Análítico-sintético: se utilizó en la búsqueda de la información según los campos de aplicación relacionados con la teoría de los costos, vinculadas al objetivo de la investigación.

Para facilitar el estudio de la Inteligencia Artificial, Colonia de Hormigas y otras; para luego integrar esa información e ir elaborando el estado del arte y los otros aspectos básicos de esta investigación.

Análisis histórico lógico: se utilizó para el estudio de la evolución y desarrollo histórico de la toma de decisiones vinculada a la teoría del costo, Colonia de Hormigas y las áreas que la abarcan: de forma general como la Inteligencia Artificial. Además para caracterizar la evolución de la funcionalidad de los métodos existentes.

Métodos Empíricos.

Consulta de expertos: se utilizó para obtener el criterio de especialistas en el tema y validar el inicio de la investigación realizada.

Encuesta: se utilizó con el objetivo de aplicar el método Delphi de la consulta de expertos para obtener información relevante que contribuyan esclarecer el objetivo de la investigación.

Experimento: este conjunto de acciones constituye en gran medida la base de la investigación realizada para verificar la utilidad de la teoría de Colonia de Hormigas en la optimización y eficiencia del costo de producción.

Estructura del Trabajo de Diploma.

El trabajo de diploma consta de tres capítulos, los cuales se muestran a continuación:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica.

Se tratan aspectos y conceptos importantes relacionados con el análisis del costo, la Inteligencia Artificial, Computación Evolutiva, Algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas, la Consulta a Expertos y los software a emplear.

Capítulo 2: Obtención del Conocimiento.

Se muestran los modelos a utilizar en el análisis del costo. Además, se procesan las encuestas aplicadas, y se efectúa el análisis estadístico teniendo en cuenta algunos elementos del método Delphi. Se trabajó con el concepto de grafo vinculado al análisis del costo.

Capítulo 3: Propuesta de Solución.

Se realizó una aplicación para el análisis y optimización del costo de producción del proyecto SCADA, se muestran los pasos seguidos para desarrollar la misma, sus principales características y algunos resultados que se obtengan de la utilización del mismo.

Capítulo 1. Fundamentación Teórica.

1.1 Costos. Importancia.

Para toda empresa es necesario e imprescindible llevar un estricto control de costos de producción, pero ¿qué es el costo?, el costo es el esfuerzo, o sacrificio económico que se debe realizar para lograr un objetivo [2], el cual influye directamente en el resultado de la empresa, mientras que el costo de producción es el valor del conjunto de bienes y esfuerzos que se han utilizado o se van a utilizar para obtener un producto terminado, en condiciones de ser entregado al sector comercial [3]. Llevar un control de los costos permite saber la magnitud del proyecto y utilizar el presupuesto establecido, asegura la obtención de los resultados esperados en el plazo definido y la calidad requerida, y permite además determinar tanto el precio de venta del producto terminado como la utilidad que se desea obtener, es decir, llevar un correcto control de los costos permite determinar la **rentabilidad** de un producto, que no es más que “el porcentaje del margen de contribución variable que mide la capacidad que posee un producto para generar utilidades a la empresa” [4].

A los efectos de registrar y controlar los costos se emplean los denominados **sistemas de costo**, que están conformados por personas, registros, modelos, y procedimientos, que se interrelacionan o combinan para obtener la información que la administración necesita acerca del comportamiento de los recursos empleados en la producción o servicio. Las diferentes formas de **registro de costo** son las siguientes:

- **El Costo Real o Histórico:** consiste en ofrecer los resultados reales incurridos en la producción.
- **El Predeterminado o estándar:** consiste en la determinación previa de la cantidad y calidad de los recursos necesarios para ejecutar una producción o servicio dado [5].

Antes de terminar con la importancia de controlar los costos, se debe enfatizar en que un buen control de estos depende de una correcta **toma de decisiones**. Las decisiones son consideradas el motor de los negocios, y en efecto, de la adecuada selección de alternativas depende en gran parte el éxito de cualquier organización [6], de ahí su importancia dentro del sector laboral tanto estatal como de la actividad privada.

Tomar decisiones es la actividad que en el ser humano manifiesta la capacidad de elegir diferentes opciones y llevar a cabo una acción como resultado del conocimiento que posee y de un proceso intelectual que involucra la reflexión y la proyección en el futuro de las consecuencias de la opción elegida [7]. Esta actividad es una parte importante del proceso de planeación cuando ya se conoce una oportunidad y una meta, el núcleo de la planeación es realmente el proceso de decisión.

Las condiciones más frecuentes en las que se toman las decisiones son: certeza, riesgo e incertidumbre, aunque se pueden tomar también en condiciones de turbulencia. Estas clasificaciones se hacen según el conocimiento y control que se tenga sobre las variables que intervienen o influyen el problema.

Al realizar cualquier análisis económico proyectado al futuro, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas que se estudian y es precisamente esa falta de certeza lo que hace que la toma de decisiones sea difícil. En condiciones de incertidumbre es poco lo que se sabe de las alternativas o de sus resultados, se posee información deficiente para tomar la decisión, no se tiene ningún control sobre la situación, no se conoce cómo puede variar o la interacción de las variables del problema, se pueden plantear diferentes alternativas de solución pero no se le puede asignar probabilidad a los resultados que arrojen [6].

Con el objetivo de facilitar la toma de decisiones dentro de la empresa, puede efectuarse un **análisis de sensibilidad**, el cual indicará las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y cuáles son las que tienen poca incidencia en el resultado final [8].

1.2 Clasificación de costos.

Existen varias clasificaciones de costos, en la Figura #1 se muestran las más utilizadas. Las clasificaciones de los costos se ajustan a los intereses de las empresas, en el caso de Cuba, esta clasificación está regida por resoluciones.



Figura #1. Clasificación de costos.

Todas las clasificaciones de los costos son importantes, sin embargo, la más relevante es la que se hace en función del comportamiento, ya que si se desconoce el comportamiento de los costos, las tareas de control administrativo, planeación y la toma de decisiones, no se podrían realizar con éxito. A continuación se mencionan las clasificaciones más usadas, los tipos de costos que forman parte de cada una de ellas, y se describen los tipos de costos que pertenecen a la clasificación definida como la más importante:

- **De acuerdo con la función en la que se incurren:** costos de producción, costos de distribución o venta, costos de administración y costos financieros.
- **De acuerdo con su identificación con una actividad, departamento o producto:** costos directos y costos indirectos.

- **De acuerdo con el tiempo en que fueron calculados:** costos históricos o reales y costos predeterminados.
- **De acuerdo con el tiempo en que se cargan o se enfrentan a los ingresos:** costos del producto y costos de período.
- **De acuerdo con el control que se tenga sobre la ocurrencia de un costo:** costos controlables y costos no controlables.
- **De acuerdo con el tipo de sacrificio en que se ha incurrido:** costos desembolsables y costos de oportunidad.
- **De acuerdo con el cambio originado por un aumento o disminución de la actividad:** costos diferenciales y costos sumergidos.
- **De acuerdo con su relación a una disminución de actividades:** costos evitables y costos inevitables.
- **De acuerdo con su importancia para la toma de decisiones:** costos relevantes y costos irrelevantes.
- **De acuerdo con su comportamiento:**

Costos fijos: son aquellos que están en función del tiempo, o sea, no sufren alteración alguna, son constantes, aun cuando se presentan grandes fluctuaciones en el volumen de producción (alquiler de fábrica, depreciación de bienes de uso en línea recta o por coeficientes, etc.), es decir, son aquellos gastos necesarios para sostener la estructura de la empresa y se realizan periódicamente. Dentro de los costos fijos existen dos categorías: costos fijos discrecionales y costos fijos comprometidos.

Costos variables: son aquellos costos cuya magnitud cambia en razón directa al volumen de las operaciones realizadas. Dicha actividad puede ser referida a producción o ventas: la materia prima cambia de acuerdo con la función de producción, y las comisiones de acuerdo con las ventas.

Costos mixtos: tienen las características de fijos y variables, a lo largo de varios rangos relevantes de operación. Existen dos tipos de costos mixtos: costos semivariables y costos escalonados.

1.3 Métodos para calcular el costo.

Con el paso de los años las empresas han ido desarrollando formas o métodos para calcular los costos de producción, los mismos han ido evolucionando al mismo tiempo que las propias características de las empresas. Entre los métodos utilizados para realizar el cálculo de los costos, se pueden mencionar los también conocidos como métodos tradicionales de gestión:

- **Costeo por absorción o total:** se le aplica al producto o al servicio, todos los costos incurridos para concebirlo, ya sean los costos directamente imputables o los que de una manera u otra deben cargarse de forma directa, es decir, tanto los costos variables de producción, como los fijos se cargan al costo del producto, excepto aquellos aplicables a las ventas, costos generales o administrativos.
- **Costeo directo o variable o marginal:** aplica al producto únicamente los costos variables del producto o servicio, los gastos fijos no se asignan al producto o servicio. Típicamente los costos variables son los costos de materiales directos, los costos de mano de obra directa y los costos indirectos variables. El costeo directo, difiere del costeo absorbente, en que los gastos fijos indirectos se tratan como gastos del período, es decir, se cargan a resultados y no como un costo del producto que se asigna a las unidades producidas o servicios realizados.
- **Costeo por área de responsabilidad:** desde el punto de vista estructural de una empresa, los gastos se registran e informan en función de la responsabilidad de cada área estructural, por lo que, cada área o departamento constituye un centro de costos, personalizando los estados contables mostrando su plan, la ejecución real y sus desviaciones, lográndose con esto los objetivos fundamentales del costo relacionado con: planeación y control, valoración de inventarios y medición de resultados, pero haciendo énfasis en el control de los costos. Este método es una forma particular de componer y presentar las cifras de los costos, aplicables a cualquier sistema de costo.

Estos presentan una serie de problemas o inconvenientes, entre los que se destacan: la distribución correcta de los productos, los gastos y costos indirectos. Para suplir esas fallas surge el Costeo Basado en Actividades, este método tiene dos propósitos fundamentales: la correcta asignación de los costos indirectos al costo de los productos y el control y reducción de los costos indirectos, además puede contribuir al proceso de planificación estratégica de la empresa. A continuación se muestra una breve descripción del mismo:

- **Costeo Basado en Actividades:** permite la asignación y distribución de los gastos indirectos de fabricación de acuerdo a las actividades realizadas, identificando el origen del costo de la actividad no solo para la producción y los servicios, sino también para la distribución y venta, contribuyendo en la toma de decisiones sobre líneas de productos o servicios, segmentos de mercado y relaciones con los clientes. Este método evita repartir los costos indirectos entre todos los productos utilizando como única clave de distribución el volumen de actividad, determinando las distintas actividades que ocasionan los costos indirectos y asociándolos con los productos a través de los factores gubernamentales de los costos [5].

1.4 Gestión de Proyectos de Software.

Para obtener un software fructífero y de alta calidad se debe comprender el ambiente del trabajo a realizar, los riesgos en los que se puede incurrir, las tareas y los recursos necesarios para llevarlas a cabo, el esfuerzo o costo a consumir, así como el plan a seguir. Todas estas actividades se realizan durante la Gestión de Proyectos que es la rama de la Ingeniería de Software que se ocupa de buscar las técnicas necesarias para planificar, organizar, supervisar y controlar proyectos de software, de manera que se puedan culminar dentro del alcance, tiempo, y costo previamente definidos.

Cada proceso en la gestión de proyectos puede involucrar el esfuerzo de una o más personas o grupos de personas, dependiendo de las necesidades del proyecto, los cuales tienen lugar por lo menos una vez en cada proyecto y se realiza en una o más fases del mismo, en caso de que este se encuentre dividido en fases [10].

1.4.1 Gestión de Costos.

La gestión de proyectos abarca varias áreas de conocimiento, dentro de las que se encuentra la Gestión de Costo, que es la que se encarga de que el proyecto pueda desarrollarse dentro del presupuesto aprobado. Incluye tres procesos fundamentales: Estimación, Preparación del presupuesto y Control de Costos, más adelante se explica en qué consiste cada uno de ellos, se mencionan sus entradas, salidas, así como las herramientas que intervienen en los mismos.

El trabajo involucrado en la ejecución de estos procesos, está antecedido de un esfuerzo de planificación por parte del equipo de dirección del proyecto, este esfuerzo es parte del proceso de desarrollar el plan de gestión del proyecto, que produce un plan de gestión de costos que dispone el formato y establece los criterios para planificar, estructurar, estimar, preparar el presupuesto y controlar los costos del proyecto. Los procesos de gestión de costo, sus herramientas y técnicas asociadas varían por área de aplicación, están documentados en el plan de gestión de costos y se seleccionan generalmente durante la definición del ciclo de vida del proyecto.

1.4.1.1 Estimación de Costos.

Este proceso consiste en desarrollar una aproximación cuantitativa de los costos de los recursos necesarios para completar las actividades del cronograma del proyecto, esto incluye recursos como la mano de obra, los materiales, los equipos y otros. Al realizar la aproximación, se deben considerar las posibles causas de variación de las estimaciones de costos, poniendo especial atención en los riesgos, además de identificar y considerar las diversas alternativas de costos.

Todas las tareas relacionadas con la estimación son responsabilidad del estimador, y si la organización ejecutante no tiene estimadores de costos de proyectos formados, el equipo del proyecto deberá proporcionar los recursos y la experiencia para llevar a cabo las actividades de estimación de costos del proyecto.

Generalmente las estimaciones de costos se expresan en unidades monetarias, para facilitar las comparaciones dentro de los proyectos y entre los mismos. Esto no quiere decir que sea la única manera

de hacerlo, se pueden utilizar además otras unidades de medidas como horas o días de trabajo, con el objetivo de facilitar un adecuado control de gestión.

La exactitud de las estimaciones de un proyecto aumenta a medida que avanza el transcurso del mismo, esto se debe a que a lo largo de su ciclo de vida estas estimaciones pueden mejorar a través de refinamientos para reflejar detalles adicionales disponibles.



Figura #3. Estimación de Costos: Entradas, Herramientas y técnicas, y Salidas.

Entradas del Proceso.

En el caso de la Estimación de Costos considera como entradas:

1.- Factores Ambientales de la Empresa.

Se analizan las condiciones del mercado, se tiene en cuenta qué productos, servicios y resultados están disponibles en el mercado, quién los tiene y en qué términos y condiciones. Se analizan además las bases de datos comerciales, pues generalmente, la información sobre los ratios de costos de recursos se puede

obtener de esas bases de datos que realizan el seguimiento de las habilidades y los costos de recursos humanos, y proporcionan costes estándar para materiales y equipos.

2.- Activos de los Procesos de la Organización.

Las políticas, los procedimientos y las guías formales e informales existentes relacionadas con la estimación de costos se tienen en cuenta al desarrollar el plan de gestión de costes, seleccionar las herramientas de estimación de costos, y los métodos de seguimiento y control que deberán utilizarse.

3.- Alcance del Proyecto.

Al definir el alcance del proyecto se describe la necesidad de negocio, justificación, requisitos y límites actuales del proyecto, además incluye las restricciones, las asunciones y proporciona información importante acerca de los requisitos del proyecto que se tiene en cuenta durante la estimación de costos, también proporciona la lista de productos entregables, y los criterios de aceptación para el proyecto y sus productos, servicios y resultados. Al desarrollar la estimación de costos para el proyecto se tienen en cuenta todos los factores. Dentro del enunciado del alcance del proyecto, la descripción del alcance del producto, proporciona descripciones de productos y servicios, e información importante acerca de todos los temas o aspectos técnicos que se consideran durante la estimación de costos.

4.- Estructura de Desglose del Trabajo.

La estructura de desglose del trabajo (EDT) del proyecto suministra la relación entre todos los componentes del proyecto y los productos entregables del mismo.

5.- Diccionario de la EDT.

El diccionario de la EDT y los enunciados detallados del trabajo relacionados proporcionan una identificación de los productos entregables y una descripción del trabajo en cada componente de la EDT necesario para producir cada producto entregable.

6.- Plan de Gestión del Proyecto.

El plan de gestión del proyecto suministra el plan general para ejecutar, supervisar y controlar el proyecto, e incluye planes subsidiarios que proporcionan orientación e instrucciones para la planificación y el control de la gestión de costos. En el caso de que estén disponibles otras salidas de planificación, se tienen en cuenta durante la estimación de costos.

Herramientas y Técnicas.

1.- Estimación por Analogía.

La estimación de costos por analogía implica usar el costo real de proyectos anteriores similares como base para estimar el costo del proyecto actual, se utiliza frecuentemente para la estimación de costos cuando la cantidad de información detallada sobre el proyecto es limitada por ejemplo, en las fases tempranas, además utiliza el juicio de expertos y es, en general, menos costosa que otras técnicas, pero también es menos exacta.

2.- Determinación de Tarifas de Costes de Recursos.

La persona que determina las tarifas o el grupo que prepara las estimaciones debe conocer las tarifas de costos unitarios, tales como el costo del personal por hora. Para los productos, servicios o resultados que deben obtenerse por contrato, se pueden incluir las tarifas estándar con factores de escalamiento en el contrato.

3.- Estimación Ascendente.

Esta técnica implica estimar el costo de paquetes de trabajo individuales o actividades del cronograma individuales con el nivel más bajo de detalle. Este costo detallado luego se resume o “acumula” en niveles superiores para fines de información y seguimiento. El costo y la exactitud de la estimación de costos ascendente en general están motivados por el tamaño y la complejidad de la actividad del cronograma o del paquete de trabajo individuales.

4.- Estimación Paramétrica.

La estimación paramétrica es una técnica que utiliza una relación estadística entre los datos históricos y otras variables (por ej., líneas de códigos en el desarrollo de software) para calcular una estimación de costos para un recurso de la actividad del cronograma. Esta técnica puede producir niveles superiores de exactitud dependiendo de la complejidad, así como también de la cantidad subyacente de recursos y la información de costos incorporada al modelo.

5.- Software de Gestión de Proyectos.

El software de gestión de proyectos, como por ejemplo, las aplicaciones de software de estimación de costos, y las herramientas de simulación y estadísticas, es ampliamente utilizado para asistir en el proceso de estimación de costos. Dichas herramientas pueden simplificar el uso de algunas de las técnicas de estimación de costos y, por consiguiente, facilitar la consideración rápida de las diversas alternativas de estimación de costos.

6.- Análisis de Propuestas para Licitaciones.

Entre otros métodos de estimación de costos se incluyen el análisis de propuestas para licitaciones y un análisis de lo que debería costar el proyecto. En los casos en los que los proyectos se ganan mediante procesos competitivos, se le podrá demandar al equipo del proyecto un trabajo de estimación de costos adicional para examinar el precio de los productos entregables individuales, y obtener un costo que respalde el costo total final del proyecto.

7.- Análisis de Reserva.

Muchos estimadores de costes incluyen reservas, también llamadas asignaciones para contingencias, como costos en muchas estimaciones de costos de las actividades del cronograma. Esto tiene el problema inherente de la posible exageración de la estimación de costos para la actividad del cronograma. Las reservas para contingencias son costos estimados que se utilizarán a discreción del director del proyecto para gestionar eventos previstos, pero no ciertos. Estos eventos son “incógnitas conocidas”, y forman parte del alcance del proyecto y de las líneas base de costo.

8.- Coste de la Calidad.

El costo de la calidad también puede utilizarse para preparar la estimación de costes de las actividades del cronograma.

Salidas.

1.- Estimaciones de Costos de las Actividades.

La estimación de costos de una actividad es una evaluación cuantitativa de los costos probables de los recursos necesarios para completar las actividades del cronograma. Este tipo de estimación puede presentarse en forma de resumen o en detalle. Los costos se estiman para todos los recursos que se aplican a la estimación de costos de la actividad.

2.- Información de Respaldo de la Estimación de Costos de las Actividades.

La cantidad y el tipo de información adicional que respalda la estimación de costos de las actividades del cronograma varían por área de aplicación. Independientemente del nivel de detalle, la documentación de respaldo debe proporcionar una imagen clara, profesional y completa de cómo se obtuvo la estimación de costos.

3.- Cambios Solicitados.

El proceso Estimación de Costos puede generar cambios solicitados, afectar al plan de gestión de costos, a los requisitos de recursos de las actividades y a otros componentes del plan de gestión del proyecto. Los cambios solicitados se procesan para su revisión y disposición a través del proceso Control Integrado de Cambios.

4.- Plan de Gestión de Costos (Actualizaciones).

Si del proceso Estimación de Costos resultan solicitudes de cambio aprobadas, el componente plan de gestión de costos, del plan de gestión del proyecto, se actualiza si esos cambios aprobados causan un impacto sobre la gestión de costos.

1.4.1.2 Preparación del Presupuesto de Costos.

La preparación del presupuesto de costos implica sumar los costos estimados de las actividades del cronograma o paquetes de trabajo individuales para establecer una línea base de costo total, a fin de medir el rendimiento del proyecto. El enunciado del alcance del proyecto proporciona el presupuesto resumen. Sin embargo, las estimaciones de costos de las actividades del cronograma o de los paquetes de trabajo se preparan con anterioridad a las solicitudes de presupuesto detallado y la autorización de trabajo.

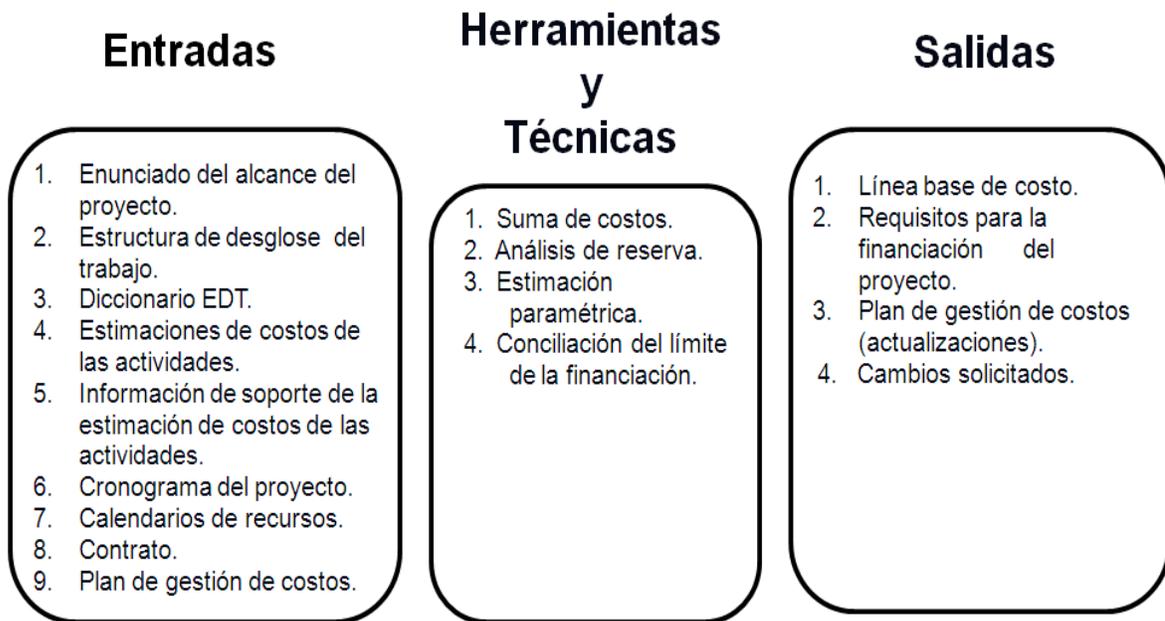


Figura #4. Preparación de Presupuesto de Costos: Entradas, Herramientas y técnicas, y Salidas.

1.4.1.3 Control de Costos

El control de costos del proyecto busca las causas de las variaciones positivas y negativas, y forma parte del Control Integrado de Cambios. Por ejemplo, una respuesta inapropiada a variaciones del costo puede ocasionar problemas de calidad o de cronograma, o producir un nivel de riesgo inaceptable en una etapa posterior del proyecto [10].

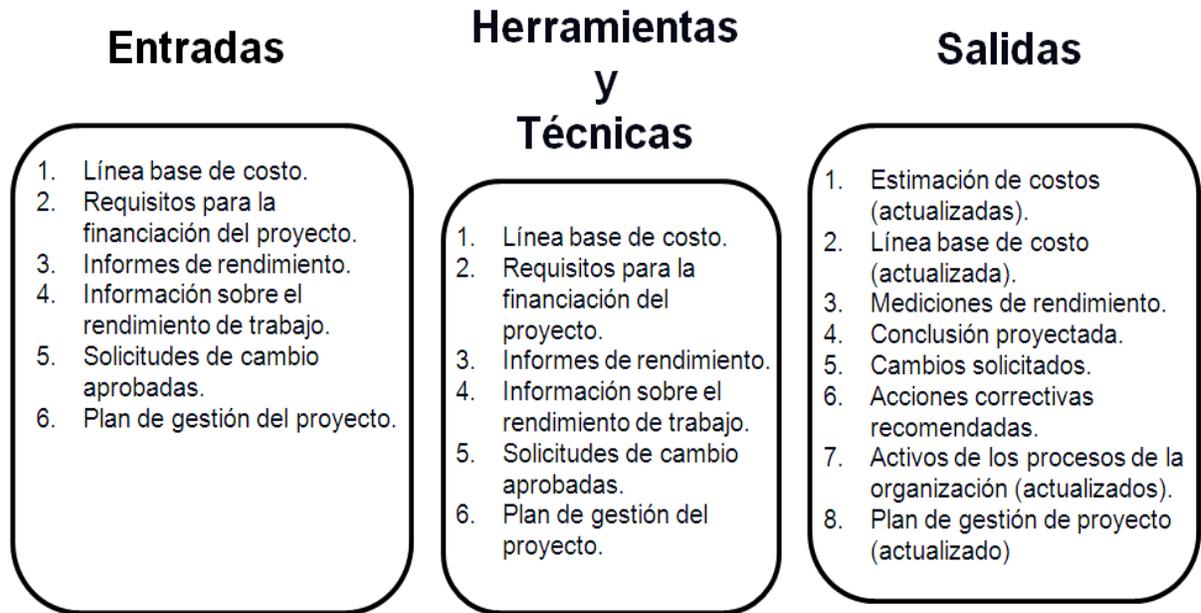


Figura #5. Control de Costos: Entradas, Herramientas y técnicas, y Salidas.

1.5 Inteligencia Artificial.

Hasta el momento se ha hecho referencia a distintos conceptos, clasificaciones y procesos relacionados con el costo. A partir de este epígrafe se abordarán temas vinculados de forma directa con la informática, los cuales serán la vía para vincular el análisis del costo a la solución del problema.

La IA es una rama de la Ciencia de la Computación dedicada a la creación de hardware y software que imita el pensamiento humano, su principal objetivo es llevar a la computadora las amplias capacidades del pensamiento humano y, para ello, se convierten a las computadoras en “mentes inteligentes” con la creación de software que les permite imitar algunas de las funciones del cerebro humano en aplicaciones particulares [11]. Una de las aplicaciones más comunes de la IA es la búsqueda de soluciones óptimas en problemas de alta complejidad, ya sea en espacios continuos o discretos, las técnicas utilizadas para resolver este tipo de problemas han evolucionado progresivamente de métodos constructivos a métodos de búsqueda local y finalmente a algoritmos basados en poblaciones.

Los algoritmos basados en poblaciones son conocidos como algoritmos de la Computación Evolutiva, esta rama de la IA retoma la esencia de conceptos de la naturaleza para resolver problemas de computación, a ella pertenecen todas las técnicas y algoritmos inspirados en la evolución biológica. Representa a un amplio grupo de técnicas básicamente divididas en dos líneas: los Algoritmos Evolutivos y la Inteligencia de Enjambres.

Los Algoritmos Evolutivos corresponden a un grupo de técnicas estocásticas que utilizan los conceptos de evolución biológica, estos algoritmos actúan sobre una población de soluciones potenciales aplicando los principios de diversidad de individuos y supervivencia del más fuerte para producir mejores aproximaciones a una solución. Utilizan operadores inspirados en conceptos de la genética natural, como la selección, el cruzamiento y la mutación. Estos procesos conllevan a la evolución de poblaciones de individuos que están mejor adaptados a su ambiente de acuerdo al dominio del problema. Como sus principales técnicas se pueden mencionar: Algoritmos Genéticos, Estrategias Evolutivas y Programación Evolutiva.

La Inteligencia de Enjambre es la otra línea, a esta corresponden un grupo de técnicas que están basadas en el estudio del comportamiento colectivo de sistemas autoorganizados y descentralizados, como es el caso de las colonias de insectos u otras sociedades de animales. Estos sistemas están conformados por una población de agentes simples capaces de percibir y modificar su ambiente de manera local. Esa capacidad posibilita la comunicación entre los individuos, que detectan los cambios en el ambiente por el comportamiento de sus semejantes. Las interacciones locales entre los agentes usualmente provocan un comportamiento global.

Algunas de las técnicas de esta línea son: Optimización por Enjambre de Partículas, Bandadas de Aves, Bancos de Peces, Manadas de Mamíferos y Sociedades de Insectos (hormigas, termitas, abejas, avispas).

Una de las sociedades de insectos existentes en la naturaleza que se ha logrado representar artificialmente y ha sido utilizada con éxito en la solución de problemas complejos de búsqueda y optimización, es la sociedad de las colonias de hormigas [12][13].

1.5.1 Colonia de Hormigas.

Una característica que distingue a las hormigas de otros animales es que son capaces de encontrar el camino más corto desde el hormiguero a una fuente de comida y viceversa, sin usar pistas visuales, además son capaces de adaptarse a cambios en el ambiente. El medio por el que las hormigas logran esto es por rastreo de la feromona, sustancia que ellas depositan mientras caminan.

El primer algoritmo basado en el comportamiento de las hormigas, fue el Sistema Hormiga (o Ant System) creado por Marco Dorigo en 1992 en su tesis doctoral, utilizado para la solución del Problema de Viajante de Comercio. A partir de ese momento se han creado otros algoritmos con el mismo procedimiento básico que el primero, como es el caso del Optimización con Colonias de Hormigas (Ant Colony Optimization, ACO), que es una técnica en la que un conjunto de hormigas artificiales construyen de forma incremental, seleccionando paso a paso diferentes componentes, un conjunto de soluciones del problema. En este proceso, las hormigas hacen uso de información a priori sobre el problema (información heurística) e información proporcionada por las hormigas precedentes sobre la calidad de las soluciones por ellas construidas (feromona). Dicho algoritmo ha sido aplicado con éxito a una amplia variedad de problemas de optimización combinatoria [14].

Los **problemas combinatorios complejos** son problemas de optimización, donde las soluciones posibles conforman un conjunto discreto o se puede reducir a éste, y la optimización minimiza una función dada (por ejemplo, de costos). Para la solución de estos problemas se utilizan dos tipos de algoritmos: los heurísticos y los metaheurísticos [15].

Los **métodos heurísticos** disponen de alguna información sobre la proximidad de cada estado a un estado objetivo o estado final, lo que permite explorar en primer lugar los caminos más prometedores, tienen como finalidad disminuir la cantidad de búsqueda requerida para encontrar una solución. La información de la que disponen se denomina **heurística** que es un conjunto de reglas que evalúan la posibilidad de que una búsqueda va en la dirección correcta. Estos algoritmos se utilizan solo cuando se conoce el dominio del problema y cuando no es muy grande, pues aunque encuentran soluciones de buena calidad, desde el punto de vista teórico, rara vez encuentran la solución óptima global en problemas de gran tamaño [16].

Cuando el problema a resolver, tiene un dominio de gran tamaño y no existe un método heurístico específico que pueda resolverlo, se utilizan los métodos metaheurísticos. La **metaheurística** es una estrategia que guía y modifica otras heurísticas, aunque no garantiza que la solución encontrada sea la solución óptima global, la experimentación de implementaciones metaheurísticas muestra que son capaces de encontrar soluciones de alta calidad a problemas difíciles [17].

1.6 Tipo de Dato Abstracto: Grafo.

Para aplicar el algoritmo Optimización con Colonias de Hormigas en la solución de un problema, se debe seguir una secuencia de pasos, entre los que se destacan; la representación del problema mediante nodos conectados por arcos, y ponderar la información heurística en cada nodo o arco, lo cual conlleva a la definición de grafo y algunos elementos necesarios de su teoría.

En numerosos problemas cuantificables en las organizaciones, intervienen una serie de elementos entre los que se establecen relaciones: por ejemplo, los problemas relacionados con posibilidades de comunicación (redes de comunicación y de transporte).

Los grafos se definen como una herramienta que permite modelar relaciones de esta naturaleza, de modo que se puedan resolver problemas asociados a esas circunstancias, frecuentemente de forma menos costosa que utilizando otras técnicas como la programación lineal.

Una buena comprensión de la teoría de grafos pasa por dominar la nomenclatura y conceptos asociados a estas representaciones de relaciones entre elementos, así como sus diversas formas de representación.

Un grafo G es un par $G = (V, A)$ donde V es un conjunto finito de elementos que se denominan Vértices y A es un conjunto de pares no ordenados $\langle x, y \rangle$, donde $x \in V$ y $y \in V$, denominados Aristas o Arcos.

Cuando se dice que A es un conjunto de pares no ordenados $\langle x, y \rangle$, significa que los pares $\langle x, y \rangle$ y $\langle y, x \rangle$ se referirán a una misma arista, la que conecta los vértices x e y .

Un grafo ponderado G es un par $G = (V, A)$ donde V es un conjunto finito de elementos que se denominan Vértices, A es un conjunto de pares no ordenados $\langle x, y \rangle$, donde $x \in V$ y $y \in V$, denominados Aristas o Arcos, donde a cada elemento de A (a cada arista) se le asocia un valor real positivo .

El peso asociado a cada arista puede interpretarse como el costo de trasladarse de un vértice a otro. Dicho costo puede ser por ejemplo: el costo en tiempo, distancia, costo en algún determinado recurso. Esto posibilita que los grafos ponderados puedan ser aplicados en múltiples problemas.

Un grafo además puede ser dirigido o no dirigido:

Un grafo dirigido G es un par $G = (V, A)$ donde V es un conjunto finito de elementos que se denominan Vértices y A es un conjunto de pares ordenados $\langle x, y \rangle$, donde $x \in V$ y $y \in V$, denominados Aristas o Arcos dirigidos.

Un grafo no dirigido es aquel en el que las conexiones no tienen una dirección establecida o si se prefiere, una conexión entre dos vértices está definida en los dos sentidos posibles.

Algunas terminologías de la teoría de grafo necesarias para el presente trabajo serán las de vértices adyacentes, camino y camino simple.

Vértices Adyacentes: En un grafo $G = (V, A)$, un vértice y es adyacente a otro vértice x si el par $\langle x, y \rangle$ es una arista del grafo G .

Camino: En un grafo $G = (V, A)$ un camino de longitud n ($n \geq 0$) es una sucesión de vértices v_0, v_1, \dots, v_n donde cada vértice v_k es adyacente v_{k-1} para $1 \leq k \leq n$. En este caso se dice que el camino va de v_0 a v_n .

Camino Simple: Un camino es simple si los vértices que lo componen son distintos excepto posiblemente el primero y el último [18].

1.7 Software y lenguaje de programación.

Los lenguajes de programación son herramientas que nos permiten crear programas y software. Entre ellos se encuentran Delphi, Visual Basic, Pascal, Java, C++, C#, y otros.

En este trabajo se utilizará el C++ como lenguaje de programación para la implementación de la aplicación. La creación de este lenguaje fue con la intención de extender el exitoso C con mecanismos que permitan la manipulación de objetos, en ese sentido, desde el punto de vista de los lenguajes orientados a objetos, el C++ es un lenguaje híbrido. Una particularidad y ventaja del C++ es la posibilidad

de redefinir los operadores (sobrecarga de operadores) y de poder crear nuevos tipos que se comporten como tipos fundamentales [19].

1.7.1 Software: Borland C++ Builder.

Para utilizar el lenguaje C++ se trabajó con el Entorno de Desarrollo Integrado Borland C++ Builder. Se escogió debido a que con él se pueden programar desde los sistemas más sencillos, hasta los más complejos. La creación de interfaces gráficas para las aplicaciones en este software es sumamente sencillo, pudiéndose utilizar conjuntamente con otros programas para crear potentes sistemas. Además de que el lenguaje que soporta el Borland C++ Builder es C++, que fue el lenguaje elegido para el desarrollo del trabajo.

1.7.2 Software: Statgraphics.

El Statgraphics es un software que facilita el análisis estadístico, por lo que permite la realización de tareas como el almacenamiento y procesamiento de datos. Con el uso de este paquete estadístico se pueden realizar análisis descriptivos de una o varias variables, quedando los resultados ilustrados en gráficos. Además se puede calcular, las medidas características de la o las variables en cuestión, como es el caso de la media aritmética, la varianza, la desviación típica y otras. En este trabajo este programa se utilizará para la realización del tratamiento estadístico de las encuestas.

1.8 Consulta a expertos. Método Delphi.

Para tener una idea clara del comportamiento futuro de las principales variables del entorno y posibles situaciones que se podrían generar, se realizó consultas a expertos con algunos elementos del método Delphi. Los métodos de expertos utilizan como fuente de información un grupo de personas a las que se supone un conocimiento elevado de la materia que se va a tratar.

El método Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Por lo tanto, la capacidad de predicción de la Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. Es decir, el método Delphi procede por

medio de la interrogación a expertos con la ayuda de cuestionarios sucesivos, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos [20].

Este método consta de tres características fundamentales: el anonimato, la iteración y retroalimentación, y la representación de las respuestas del grupo en forma estadística. Como resultado de esas características, en el momento de aplicar este método se pueden distinguir varias fases, a pesar de que en otras bibliografías hay fases diferentes, a continuación se definen tres fundamentales que engloban los pasos a seguir en la aplicación del mismo:

1. Fase preliminar: se delimita el contexto, los objetivos, el diseño, los elementos básicos del trabajo y la selección de los expertos.
2. Fase exploratoria: elaboración y aplicación de los cuestionarios según sucesivas rondas, de tal forma que con las respuestas más comunes de la primera se confecciona la siguiente.
3. Fase final: análisis estadístico y presentación de la información.

La aplicación del método Delphi consiste básicamente en aplicar varias rondas de preguntas, pero en la práctica casi nunca sucede así, porque con solamente una ronda o dos es suficiente para que se llegue a un consenso [21].

1.8.1 Encuestas.

Se realizaron encuestas con el propósito de obtener el grado de conocimiento de los miembros de los proyectos productivos, con respecto al análisis y determinación del costo de producción de los proyectos a los que están vinculados, así como para saber si le confieren o no importancia a la realización de dicha tarea. La encuesta es semejante a la entrevista, pero escrita, donde a través de un conjunto de preguntas se pretende buscar una información sobre su percepción del fenómeno que se investiga, que no puede ser obtenida por observación, se realiza cuando la información que se desea se logra a partir de la respuesta que una o varias personas puedan dar a un cuestionario pre elaborado, y las mismas están dispuestas a colaborar con la investigación [22].

Capítulo 2. Obtención del Conocimiento.

2.1 Modelos utilizados para registrar los costos en la UCI.

En el análisis del costo que se realiza en algunos proyectos productivos en la UCI, los datos son registrados en los modelos que se indican a continuación.

Se definieron dos modelos fundamentales, uno realizado solamente en base al esfuerzo, que es el que se aplica en algunas líneas de producción del proyecto SCADA, y el otro teniendo en cuenta además otros gastos en los que se incurre en el desarrollo del producto, el cual fue consecuencia de la combinación del modelo utilizado por la Empresa albet, que se encarga de la comercialización de los productos que se exportan en los centros, además se analizaron los modelos desarrollados por el Departamento Central de Ciencias Empresariales de la UCI.

A continuación se explicará la importancia y necesidad de tener en cuenta dichos modelos en el tema de investigación realizado, aunque en sentido general no se trabajan con todos los parámetros existentes en los mismos.

2.1.1 Modelo utilizado en algunas líneas de producción del proyecto SCADA.

Este modelo es el que exige el proyecto de Calidad central de la UCI que se utilice en la estimación del esfuerzo de los recursos humanos.

Para una mejor comprensión del modelo (Figura #6), se explica brevemente algunos datos que se incluyen en el mismo. La columna Total (días) especifica cuántos días debe trabajar cada rol, Total (horas) cantidad de horas y Tarifa horaria representa el salario por hora de cada rol. En la columna Costos, se especifica el costo de cada rol, el mismo se calcula teniendo en cuenta las tres columnas antes mencionadas y una fórmula matemática definida para ello. En la celda denominada Total, se calcula el costo total de realizar todos los entregables.

Rol	Entregables							
	Nombre Entregables 1	Nombre Entregable 2	...	Nombre Entregable n	Total (días)	Total (horas)	Tarifa horaria	Costos
	(Fecha)	(Fecha)	(Fecha)	(Fecha)				
							Total	

Figura #6. Ejemplo del modelo utilizado en algunas líneas de producción de SCADA.

2.1.2 Modelo utilizado en la Empresa albet.

Del modelo obtenido en este organismo, fueron tomados solamente elementos de la planilla Presupuestos ya que en la misma se especifican los gastos en los que se pueden incurrir en la elaboración de productos y servicios.

En la Figura #7 se muestra un ejemplo general de la tabla "Presupuesto" que se utiliza. En la columna de la izquierda se especifican los elementos y sub-elementos de gastos y en las columnas restantes el presupuesto asignado por mes incluyendo el total de estos meses.

	Total	Mes 1	Mes 2	Mes 3	...
Tipo de gasto					
Sub-gastos asociados					

Figura #7. Ejemplo del modelo utilizado por albet para el análisis de presupuesto.

2.1.3 Propuesta del Departamento Central de Ciencias Empresariales.

Para llegar a este modelo en el Dpto. Central de Ciencias Empresariales de la UCI se tuvo en cuenta: la Resolución #54 del 2005, del Ministerio de Finanzas y Precios, referida a los lineamientos del costo. A partir de esta resolución se organizó la acumulación de los gastos en elementos y subelementos.

Elementos.	Subelementos.
Materias primas y materiales.	
	Insumos informáticos.
	Materiales auxiliares.
	Materiales de oficina.
	Otros gastos materiales.
Portadores energéticos.	
	Gasolina motor regular.
	Gasolina motor especial
	Diesel para plantas eléctricas
	Diesel para transporte
	Otros combustibles
	Electricidad

Figura #8. Ejemplo de la Propuesta del Departamento Central de Ciencias Empresariales.

2.3.4 Modelo Resumen.

A pesar de que para el desarrollo de la aplicación confeccionada, no se tuvieron en cuenta los parámetros que se controlan a nivel central de la Universidad, solamente los que se utilizan en la estimación que se realiza actualmente en el proyecto SCADA, el modelo que a continuación se muestra fue elaborado teniendo en cuenta los aspectos más relevantes e importantes que influyen en el desarrollo de un software

en la UCI, encontrados en los modelos antes mencionados, con el propósito de que para una ampliación de la implementación realizada se tomen en cuenta todos los parámetros.

Cada uno de los subelementos está acompañado de una descripción, basada en la clasificación de costos realizada por el Departamento Central de Ciencias Empresariales de la UCI y en la Metodología para la Elaboración y Control del Presupuesto de la Empresa albet.

Tabla resumen de elementos que influyen en el costo de producción del proyecto	
Nombre	Descripción de sub-elementos
Materias Primas y Materiales.	
Materias Primas.	Representa el consumo de aquellos materiales tradicionalmente básicos que se consumen en la producción o servicios; también clasifican los materiales que aunque no se contabilizan directamente al costo participan en ella. Clasifican igualmente todos los materiales que se consumen en la esfera de la Distribución, Administración o Gestión Comercial asociada a los Proyectos.
Materiales Auxiliares.	Gasto de materiales empleados para el mantenimiento y reparación de los edificios, instalaciones, construcciones y equipos vinculados a la producción. Además las piezas de repuesto, desgaste de herramientas, moldes y troqueles, ropa especial y artículos de poco valor. Los residuos recuperables serán deducidos del total de gastos incluidos en este elemento. Existen elementos identificados por separado que se incluirían dentro de los materiales auxiliares, entre ellos: Partes y Piezas de Repuesto, Piezas para Equipos de Transporte, Piezas para Equipos de Computación, útiles y Herramientas.
Partes y Piezas de Repuesto.	Representa el valor de todos los materiales que se clasifican como piezas y repuestos, incluyendo los agregados para la reparación y mantenimientos de equipos propios de la entidad. Se incluyen en este grupo los neumáticos, cámaras y baterías. No incluye las partes y piezas de repuestos, que forman parte del servicio prestado, por talleres ajenos a la entidad, en las reparaciones y mantenimientos de

	Activos Fijos Tangibles.
Útiles y Herramientas.	Representa el gasto de los útiles y herramientas, entendiéndose como tal el 100 % del valor de los mismos al ser extraídos del almacén para ponerlos en uso.
Materiales de Oficina.	Gasto de materiales para el trabajo de oficina.
Productos de Aseo y Limpieza.	Representa el consumo de los materiales de aseo personal de los trabajadores y el destinado a la limpieza y de ambientación de los locales o áreas de trabajo.
Equipamiento.	Representa el valor de los equipos y otros medios adquiridos para instalar o suministrar a los proyectos.
Insumos Informáticos.	Gasto de materiales que se utilizan para la impresión, almacenamiento de información, reproducción de audio, etc.
Propiedad Intelectual.	Representa los gastos por el registro legal de los software que intervienen en cada uno de los proyectos.
Licencia de uso de software.	Representa el valor de adquisición de las licencias de uso, necesarias en la ejecución de un proyecto.
Otros Gastos Materiales.	Otros gastos materiales que se incurran y que no se consideraron en los elementos anteriores.
Portadores Energéticos.	
Electricidad.	Gasto originado por el consumo de electricidad.
Diesel para plantas eléctricas.	Gasto producido por el combustible utilizado para la obtención de energía eléctrica mediante plantas.
Depreciación y Amortización.	Representa el gasto por la pérdida de valor de los Activos Fijos Tangibles que transfieren su valor paulatinamente en el proceso de productivo al producto o en la prestación de servicio o comercialización de las mercancías. Se cargan mensualmente a gastos según las tasas establecidas.
Depreciación de Equipos de Informática.	Gasto por concepto de Depreciación de Equipos de Informática

Depreciación de Muebles, Enseres y Similares.	Gasto por concepto de Depreciación de Muebles y Enseres.
Depreciación de Equipos de Comunicaciones.	Gasto por concepto de Depreciación de Equipos de Comunicaciones.
Depreciación de Equipos Energéticos.	Gasto por concepto de Depreciación de Equipos de Energéticos.
Depreciación de Otros Activos Fijos Tangibles.	Gasto por concepto de otros activos fijos tangibles.
Amortización de Activos Fijos Intangibles.	Gasto por concepto de Amortización de Activos Fijos Intangibles. Comprende la parte proporcional de aquellos gastos que se autoricen a diferir a corto o largo plazo por los conceptos de gastos de amortización de activos fijos intangibles, tales como patentes de productos, marcas, licencias, derecho de autor, software, etc.
Otros Gastos y Servicios.	
Gastos Varios.	Comprende aquellos gastos que no fueron incluidos en los elementos anteriores en que se incurrió en el desenvolvimiento de sus actividades de producción, servicios, comercial, distribución, etc.
Hospedaje.	Representa el gasto por alojamiento que se efectúa en Cuba y en Venezuela, tanto en Caracas, como en otro estado., en función de las necesidades de los proyectos. Incluye los gastos de estancia en el Hotel ANAUCO Caracas, Venezuela.
Hospedajes en el Extranjero.	Gastos generados en el extranjero por el alojamiento del personal del proyecto en función del mismo (excepto Venezuela).
Hospedajes en el Territorio Nacional.	Gastos generados por el alojamiento del personal del proyecto en función del mismo.
Pasajes.	
Pasajes en el Territorio Nacional.	Gastos generados por pasajes relacionados con la transportación del personal del proyecto.
Pasajes Internacionales.	Gastos generados por pasajes al extranjero del personal del proyecto en función del mismo.

Viáticos.	Representa el gasto que por alimentación, se efectúa en Cuba y Venezuela, en funciones de trabajo.
Viáticos de Cuba.	Gastos generados por el alojamiento del personal del proyecto en función del mismo.
Viáticos en el Extranjero.	Gastos generados por el personal que labora en el extranjero en funciones del proyecto.
Gastos de Bolsillo.	Representa el gasto que se produce por circunstancias imprevistas en viajes al extranjero en funciones de trabajo.
Otros Gastos por Viajes.	Gastos generados por viajes no considerados en las clasificaciones anteriores.
Investigación y Desarrollo.	Gastos generados por equipos empleados en la investigación y desarrollo.
Documentación Técnica y Capacitación.	Gasto generado por la compra de materiales considerados como documentación técnica para la capacitación del personal.
Programas Computacionales.	Gastos generados por el pago que se realiza por la compra, uso y explotación de un programa de computación.
Auditorias y Supervisiones.	Gasto por el pago que la entidad realiza por el servicio de auditoria o supervisión a la entidad.
Consultorias Técnicas.	Gasto por el pago que se realiza por el servicio de un especialista por concepto de consultoría técnica.
Reproducción e Impresión.	Gasto generado por el concepto de servicio de impresión y reproducción de documentos.
Otras impresiones.	
Alimentación.	Representan los gastos que por extensión del horario laboral, sea necesario incurrir para la alimentación de los trabajadores. O reforzamiento autorizado, por la labor que se encuentren desarrollando.
Peaje.	Representa el gasto por el tránsito de vehículos automotores de la entidad por vías que poseen control de circulación.

Eventos y Reuniones.	Representa el gasto en que se incurre por la realización de eventos y reuniones de trabajo, con especialistas de la entidad. Se incluyen las reuniones del Consejo de Dirección, Junta Directiva, reuniones con Gerentes Generales de los Proyectos, así como con otros especialistas. Se registrarán todos los gastos que garanticen la realización de estas actividades, tales como: alquiler de locales y demás servicios.
Arrendamiento.	
Arrendamiento de Inmuebles.	Representa el gasto en que se incurre por el concepto de arrendamiento de inmuebles, destinados a oficinas.
Arrendamiento de Equipos.	Representa el gasto en que se incurre por el concepto de alquiler o arrendamiento de equipos, tales como: montacargas, buldócer, equipos de construcción y almacenaje, grúas, equipos eléctricos, equipos de computación, entre otros.
Arrendamiento de Vehículo Automotores.	Representa el gasto en que se incurre por el concepto de rentar o alquilar vehículos automotores. Comprende auto paneles e incluye los leasings sin opción de compra (principal e interés).
Otros Arrendamientos.	Gastos generados por el alquiler de activos a otras entidades para las funciones del proyecto.
Otros Gastos Comerciales.	
Promoción y Publicidad.	Gastos generados por la comunicación de la oferta del proyecto en los posibles mercados relacionado con los medios de comunicación disponibles (radio, TV, revistas, sitios Web). Se incluye además el gasto relacionado por anuncios y carteles.
Ferias y Eventos en Cuba.	Gastos generados por participación en ferias y eventos en el territorio nacional.
Ferias y Eventos en el Extranjero.	Gastos generados por participación en ferias y eventos en el extranjero.
Gastos de Representación y Cortesía.	Gastos generados por actividades de protocolo, atención a personalidades que visitan, a clientes y proveedores y a delegaciones extranjeras.

Aranceles.	Representa el gasto incurrido por el pago de aranceles, fletes, inspección a la carga, seguros, servicios aduanales, otros documentos de embarques, transportación de contenedores y demás gastos asociados con la exportación de las mercancías.
Otros Tributos.	
Impuesto Terrestre.	Comprende la parte proporcional de aquellos gastos que se autoricen a diferir a corto o largo plazo por el concepto de gastos del impuesto sobre transporte terrestre.
Otros Tributos.	Gastos por concepto de otros impuestos que la entidad paga y que no están descritos en las clasificaciones anteriores.
Comunicaciones.	
Teléfono y Fax (celulares).	Representan los gastos en que se incurren por concepto de servicios de teléfono, celular y fax.
Servicios de Conectividad.	Gastos generados por el servicio de conectividad a Internet.
Otros Servicios de Comunicaciones.	Gastos generados por otros servicios de comunicación no incluidos en las categorías anteriores.
Servicios de Mantenimiento y Reparación.	
Servicios de Mantenimiento y Reparación de Edificios y Otras Construcciones.	Representa el gasto en que se incurre por el pago de los servicios recibidos por los mantenimientos y reparaciones menores en las instalaciones o inmuebles de la entidad que no constituyen inversiones.
Servicios de Mantenimiento y Reparación de Maquinarias y Equipos.	Representa el gasto en que se incurre por pago de los servicios recibidos de los mantenimientos y reparaciones menores, que no constituyen inversiones, en maquinarias y equipos de transporte, informáticos, grupos electrógenos.
Servicios y Reparación de Equipos de Informáticos.	Representa el gasto en que se incurre por el pago de los servicios recibidos para el Mantenimiento y reparaciones menores, que no constituyen inversiones, en equipos informáticos.
Servicios de Mantenimiento y	Representa el gasto en que se incurre por el concepto de los

Reparación de Muebles y Enseres.	mantenimientos y reparaciones menores, que no constituyen inversiones, en muebles, enseres y similares.
Otros Servicios de Mantenimientos.	Gastos no especificados anteriormente por el concepto de servicios de mantenimiento.
Servicios Inmobiliarios y de Protección.	
Servicios de Seguridad y Protección.	Representan los gastos que se incurren por el pago de los servicios recibidos por concepto de seguridad y protección física, técnico y de valores.
Servicios Subcontratados.	Representan aquellos gastos en los que se incurre al subcontratar una actividad que es necesaria para la ejecución o reparación de trabajos, ya sea de la producción o servicios o que constituye una sublaboración de producción y/o servicios.
Limpieza de Oficina, Áreas Comunes, Cuidado del Césped y Jardines.	Representa el gasto en que incurre la entidad, por el pago de los servicios de limpieza de las oficinas y las áreas exteriores, el cuidado de las áreas verdes, césped, jardines, recogida de desechos sólidos y fumigación.
Otros Servicios Inmobiliarios.	Representa el gasto en que se incurra por servicios relacionados con la inmobiliaria no considerados anteriormente. Se incluyen los gastos por los servicios recibidos de energía e higienización.
Seguros.	
Seguros de Mercancías.	Comprende los gastos que se incurren por concepto de seguros de mercancías que no son asumidas por el suministrador.
Otros Seguros.	Gasto por el pago de otros seguros.
Servicios Varios.	
Servicio de Agua y Alcantarillado.	Representa el gasto en que se incurre por el concepto de los servicios de agua y alcantarillado. Incluye el servicio de llenado de botellones de agua potable.
Servicios Aduanales.	Representan los gastos incurridos por el pago de servicios aduanales, por requerimiento de los Proyectos o contratos suscritos, incluye la

	supervisión de mercancías.
Asistencia Técnica.	Representan los gastos en que se incurre por el concepto de la contratación de Especialista para el respaldo de puesta en marcha o explotación de equipos tecnológicos o software y procesos tecnológicos.
Servicios de Transportación.	Representan los gastos en que se incurre por servicios contratados a entidades transportistas por necesidades de la entidad.
Fletes y Transporte en Territorio.	
Otros Servicios Informáticos.	Gasto por concepto de otros servicios informáticos no relacionados en las categorías anteriores.
Traducciones.	Incluye los gastos en que se incurre por el concepto de traducciones de libros técnicos, folletos, revistas, publicaciones o traducciones habladas.
Trámites de Documentos.	Comprenden los gastos incurridos por concepto de tramitación de documentos legales en entidades del país. Incluye los servicios de tramitación de documentos relacionados con los equipos técnicos, recipientes de gas a presión, vehículos: licencia operativa del transporte de vehículos, licencia de circulación, trámites de circulación por vías prohibidas, inspección técnica de los vehículos, otros trámites como pérdida de chapa, etc., (no incluye los trámites de documentos para los viajes al exterior)
Suscripción y Publicaciones.	Representan los gastos en que se incurren por la suscripción a revistas y otras publicaciones técnicas, incluye soporte digital.
Otros Servicios.	Gastos que se generan por el pago de otros servicios no relacionados en las clasificaciones anteriores.
Servicios de Telex, Telégrafo y Correos.	Gastos generados por servicios de Telex, Telégrafo y Correos.
Servicios Jurídicos o Legales.	Gasto por el pago realizado por los servicios jurídicos o legales prestados.

Salarios.	
Salario de profesores.	Representa el salario devengado por los trabajadores en el proceso de producción o de servicios en la actividad fundamental; así como en las otras actividades no fundamentales de administración, comercial o de distribución.
Descanso retribuido.	Gasto por la remuneración a los trabajadores por vacaciones acumuladas. Representa el 9.09% del salario devengado y que se registra en el proceso de producción o servicios prestados en la actividad principal, así como en las otras actividades no fundamentales de administración, comercial o distribución.
Estimulación salarial.	Gasto por la remuneración realizada a los trabajadores producto del desempeño en su puesto de trabajo. Representa el pago adicional al salario básico por la aplicación de mecanismos de estimulación, vinculados a los resultados de la producción, los servicios o la comercialización.
Vinculación.	Gasto por la remuneración realizada producto de la vinculación a la producción del personal.
Otros Pagos de Fuerza de Trabajo.	Otros pagos de la fuerza de trabajo no incluidos en los conceptos anteriores.
"Costo" Estudiantes.	
Impuestos y Contribución.	
Contribución a la Seguridad Social al 14%.	Gastos originados por el pago de la seguridad social a los trabajadores.
Subsidio pagado a corto plazo.	Gasto por concepto de pago al trabajador en sustitución del salario, cuando este se enferma o accidenta.
Impuesto por la utilización de la fuerza de trabajo.	Gastos por el concepto de pago de los impuestos por la utilización de la fuerza de trabajo.

Tabla#1. Modelo Resumen.

2.2 Realización de la consulta a expertos.

Para la realización de la consulta a expertos se aplicaron algunos elementos del método Delphi, cuyas características y fases fueron tratadas en el capítulo anterior. Se realizó una ronda de encuesta a expertos en las ramas de matemática, economía, contabilidad e informática. La encuesta se aplicó solo a profesionales de la UCI por ser el centro donde se está llevando a cabo la investigación y donde se va a aplicar el algoritmo propuesto, además se tuvo en cuenta que en la mayoría de los casos los encuestados tuvieran más de 3 años de experiencia. La encuesta aplicada fue la siguiente:

Marque con una X el tipo de relación que considere que existe entre las siguientes variables, tenga en cuenta que: Ninguna Relación **(NR)**, Muy Poca Relación **(MPR)**, Poca Relación **(PR)**, Relación **(R)**, y Bastante Relación **(BR)**.

- Gestión de costos - Costo de producción.
- Gestión de costos - Toma de decisiones.
- Gestión de costos - Rentabilidad del producto.
- Rentabilidad del producto - Gestión de costos.
- Gestión de costos - Factibilidad de un proyecto de software.
- Factibilidad de un proyecto de software - Gestión de costos.
- Gestión de costos - Presupuesto de costo.
- Gestión de costos - Control de costo.
- Gestión de costos - Estimación de costos.
- Costo de producción - Rentabilidad del producto.
- Rentabilidad del producto - Costo de producción.
- Costo de producción - Función de costo.

- Costo de producción - Toma de decisiones.
- Costo de producción - Consumo eléctrico en un proyecto.
- Costo de producción - Salario de profesores.
- Costo de producción - Costo de estudiantes.
- Costo de producción - Servicio telefónicos.
- Toma de decisiones - Rentabilidad del producto.
- Rentabilidad del producto - Toma de decisiones.
- Toma de decisiones - Estimación de costos.
- Toma de decisiones - Árbol de decisión.
- Inteligencia Artificial - Aprendizaje automático.
- Inteligencia Artificial - Algoritmos genéticos.
- Inteligencia Artificial - Algoritmo basado en Colonia de Hormigas.
- Árbol de decisión - Aprendizaje automático.
- Algoritmo basado en Colonia de Hormigas - Función de costo.
- Costo de producción - Costo de mano de obra directa.
- Costo de producción - Servicios de conectividad.
- Gestión de costos - Gestión de costos de proyectos de software.
- Costo de producción - Insumos.

2.2.1 Resultados obtenidos.

Una encuesta puede interpretarse de varias formas, provocando que no siempre se comprenda qué es exactamente lo que se está preguntando; con el propósito de evitar los problemas que se generan como consecuencia de esto y para obtener una información altamente confiable, en el momento de aplicar la encuesta fueron hechas las siguientes aclaraciones:

- El criterio se toma como unidireccional, es decir, solo se debe responder qué tipo de relación tiene la primera variable con la segunda.
- En caso de existir dudas en cuanto a qué criterio debería marcarse en alguno de los pares propuestos, existe la posibilidad de no elegir ninguno, el experto puede dejarlo en blanco.

Teniendo en cuenta la primera aclaración, en los casos que se consideró necesario conocer el criterio de relación en ambas direcciones, es decir, la relación existente entre la primera variable y la segunda y viceversa, se pusieron ambas opciones como pares de variables diferentes, con el objetivo de que los expertos marcaran en ambos casos el criterio que consideraran que se cumplía.

En algunos de los pares de variables propuestos, la suma de la cantidad de expertos que optaron por cada criterio, no es numéricamente igual a la cantidad de expertos encuestados, si no, que es menor, esto se debe a la segunda aclaración antes mencionada.

Luego de haber aplicado la encuesta a los expertos seleccionados, se procedió a la elaboración de una tabla con el objetivo de resumir los resultados obtenidos de la misma. Para confeccionar dicha tabla, se realizó un conteo por cada par de variables propuestas, de la cantidad de expertos que marcó cada uno de los criterios. Tomando como ejemplo el primer par de variables de la encuesta, luego de realizar el conteo, el mismo arrojó como resultado que 9 expertos coincidieron que el criterio de relación existente en este caso es BR, 3 coincidieron que es R y ninguno optó por los otros criterios, así sucesivamente se analizó cada par. A continuación se muestra la tabla con los resultados:

Variables		NR	MPR	PR	R	BR
1.	Gestión de costos - Costo de producción.	-	-	-	3	9
2.	Gestión de costos - Toma de decisiones.	-	-	1	4	8
3.	Gestión de costos - Rentabilidad del producto.	1	-	-	6	6
4.	Rentabilidad del producto - Gestión de costos.	1			6	6
5.	Gestión de costos - Factibilidad de un proyecto de software.	2	-	-	5	6
6.	Factibilidad de un proyecto de software - Gestión de costos.	1	1	-	5	6
7.	Gestión de costos - Presupuesto de costo.	-	1	-	3	8
8.	Gestión de costos - Control de costo.	-	1	-	3	9
9.	Gestión de costos - Estimación de costos.	-	-	-	2	10
10.	Costo de producción - Rentabilidad del producto.	1	-	-	3	8
11.	Rentabilidad del producto - Costo de producción.	1	-	-	3	8
12.	Costo de producción - Función de costo.	-	-	-	7	6
13.	Costo de producción - Toma de decisiones.	-	-	-	5	8
14.	Costo de producción - Consumo eléctrico en un proyecto.	1	-	2	5	4
15.	Costo de producción - Salario de profesores.	1	-	-	4	8
16.	Costo de producción - Costo de estudiantes.	1	-	1	7	4
17.	Costo de producción - Servicio telefónicos.	2	1	-	7	2
18.	Toma de decisiones - Rentabilidad del producto.	-	-	-	6	7
19.	Rentabilidad del producto - Toma de decisiones.	-	-	-	6	7
20.	Toma de decisiones - Estimación de costos.	-	-	3	5	4
21.	Toma de decisiones - Árbol de decisión.	1	-	-	4	7

22.	Inteligencia Artificial - Aprendizaje automático.	1	-	-	3	6
23.	Inteligencia Artificial - Algoritmos genéticos.	1	-	-	4	5
24.	Inteligencia Artificial - Algoritmo basado en Colonia de Hormigas.	1	-	-	3	6
25.	Árbol de decisión - Aprendizaje automático.	1	-	1	7	1
26.	Algoritmo basado en Colonia de Hormigas - Función de costo.	1	-	-	5	4
27.	Costo de producción – Costo de mano de obra directa.	-	-	-	3	7
28.	Costo de producción - Servicios de conectividad.	1	-	-	8	2
29.	Gestión de costos - Gestión de costos de proyectos de software.	-	-	-	1	9

Tabla # 2. Total de respuestas dadas por los expertos en la encuesta realizada.

Todos los expertos no tienen el mismo criterio con respecto al tipo de relación entre cada par de variables, por tal motivo, para precisar la relación que se va a asumir en este trabajo, se tendrán en cuenta los datos de la tabla anterior, de esta forma el criterio de relación que tenga mayor cantidad de expertos concordantes, será el criterio que se tomará para definir la relación existente del par en cuestión. Es válido aclarar que por intereses de la investigación en el caso del par Gestión de costos - Rentabilidad del producto y viceversa, se decidió tomar como criterio definitivo BR, debido a que fue imposible identificar numéricamente el criterio correspondiente, pues se obtuvieron resultados iguales tanto en el criterio R como en el BR. El resultado obtenido se representa en la siguiente tabla:

Variable 1	Variable 2	Criterio
Gestión de costos (GC)	Costo de producción (CP)	Bastante relación
Gestión de costos	Toma de decisiones (TD)	Bastante relación
Gestión de costos	Rentabilidad del producto (RP)	Bastante relación
Rentabilidad del producto	Gestión de costos	Bastante relación
Gestión de costos	Factibilidad de un proyecto de software (FPS)	Bastante relación
Factibilidad de un proyecto de software	Gestión de costos	Bastante relación
Gestión de costos	Presupuesto de costo (PC)	Bastante relación
Gestión de costos	Control de costo (CC)	Bastante relación
Gestión de costos	Estimación de costos (EC)	Bastante relación
Costo de producción	Rentabilidad del producto	Bastante relación
Rentabilidad del producto	Costo de producción	Bastante relación
Costo de producción	Función de costo (FC)	Relación
Costo de producción	Toma de decisiones	Bastante relación
Costo de producción	Consumo eléctrico en un proyecto (CEP)	Relación
Costo de producción	Salario de profesores (SP)	Bastante relación
Costo de producción	Costo de estudiantes (CE)	Relación
Costo de producción	Servicio telefónicos (ST)	Relación
Toma de decisiones	Rentabilidad del producto	Bastante relación
Rentabilidad del producto	Toma de decisiones	Bastante relación
Toma de decisiones	Estimación de costos	Relación
Toma de decisiones	Árbol de decisión (AD)	Bastante relación
Inteligencia Artificial (IA)	Aprendizaje automático (AA)	Bastante relación
Inteligencia Artificial	Algoritmos genéticos (AG)	Bastante relación
Inteligencia Artificial	Algoritmo basado en Colonia de Hormigas (ACH)	Bastante relación

Árbol de decisión	Aprendizaje automático	Relación
Algoritmo basado en Colonia de Hormigas	Función de costo	Relación
Costo de producción	Costo de mano de obra directa (CMO)	Bastante relación
Costo de producción	Servicios de conectividad (SC)	Relación
Gestión de costos	Gestión de costos de proyectos de software (GCPS)	Bastante relación
Costo de producción	Insumos (I)	Relación

Tabla # 3. Resultados obtenidos de la consulta a expertos.

Para conocer cuáles son las variables que más relaciones tienen dentro del entorno, se muestra en la Figura #9 un grafo conformado por las variables y sus relaciones correspondientes. Los grafos son también conocidos como red, los mismos están compuestos por nodos y aristas. En este caso se definen como nodos o vértices los elementos: Gestión de costos (GC), Costo de producción (CP), Toma de decisiones (TD), Rentabilidad del producto (RP), Factibilidad de un proyecto de software (FPS), Presupuesto de costo (PC), Control de costo (CC), Estimación de costos (EC), Función de costo (FC), Consumo eléctrico en un proyecto (CEP), Salario de profesores (SP), Costo de estudiantes (CE), Servicio telefónicos (ST), Árbol de decisión (AD), Aprendizaje automático (AA), Algoritmos genéticos (AG), Algoritmo basado en Colonia de Hormigas (ACH), Inteligencia Artificial (IA), Costo de mano de obra directa (CMO), Servicios de conectividad (SC), Gestión de costos de proyectos de software (GCPS) y Insumos (I). Las aristas son las uniones entre los vértices, las continuas con doble saeta representan que el criterio de bastante relación se cumple en ambas direcciones, las continuas con saeta simple significa que la variable que representa el vértice origen de la arista tiene bastante relación con la del vértice destino, mientras que las discontinuas con una saeta significan que la variable que representa el vértice origen de la saeta tiene relación con la que representa el vértice destino de la misma.

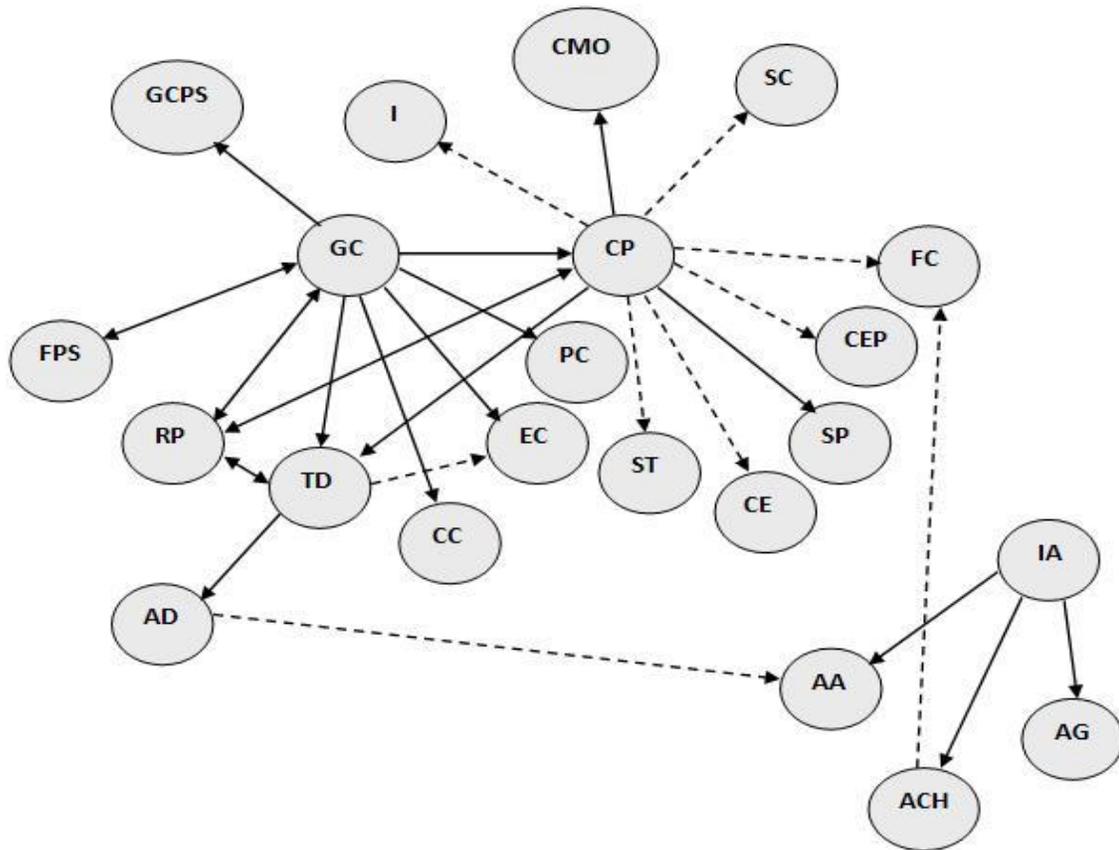


Figura # 9. Grafo de variables y las relaciones correspondientes.

Con el análisis realizado hasta el momento, según los aspectos que se han tenido en cuenta, se puede llegar a la conclusión, de que Gestión de costos (GC) y Costo de producción (CP) son las variables con mayor número de relaciones.

Del análisis del grafo anterior, fue obtenida la **matriz booleana** representada en la Tabla # 4, para completar los valores de cada posición, se tomó la decisión de poner 1 en caso de existir bastante relación o relación, en otro caso se puso 0.

Matriz Booleana																						
	GC	CP	TD	RP	FPS	PC	CC	EC	FC	CEP	SP	CE	ST	AD	IA	AA	AG	ACH	CMO	SC	GCPS	I
GC	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CP	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
TD	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
RP	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FPS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AD	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
IA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
AA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ACH	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
CMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCPS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla # 4. Matriz booleana.

La siguiente figura representa la **tabla de poder**, constituida a partir de la información obtenida de la matriz booleana antes mostrada. En dicha tabla se determinan los poderes de tipo A y B de cada una de las variables involucradas, y sumando ambos se obtiene el poder total de cada una de ellas. El poder representa el peso de la variable, y encontrando el poder de cada una, se puede definir cuáles son las

variables más importantes, vale destacar que el poder de una variable es directamente proporcional al grado de importancia de la misma.

El Poder A representa la suma de los valores encontrados en $[i][j]$, donde i es la fila de la variable que se esté analizando y j las columnas que se van a analizar, i se fija en la posición de la variable seleccionada mientras que j se va incrementando. El Poder B es la suma de los valores encontrados en $[j][i]$, en este caso j es la columna de la variable que se esté analizando y por su parte i sería las filas que se vayan a analizar, j se fija en la posición de la variable seleccionada mientras i se va incrementando.

Tabla de Poder			
Variables	Poder A	Poder B	Poder A + Poder B
GC	8	1	9
CP	10	2	12
TD	3	4	7
RP	3	3	6
FPS	1	1	2
PC	0	1	1
CC	0	1	1
EC	0	2	2
FC	0	3	3
CEP	0	1	1
SP	0	1	1
CE	0	1	1
ST	0	1	1
AD	2	1	3
IA	3	3	6
AA	1	2	3
AG	2	1	3
ACH	2	1	3
CMO	0	1	1
SC	0	1	1
GCPS	0	1	1
I	0	1	1

Tabla # 5. Tabla de poder.

Con los resultados obtenidos de la tabla de poder, se puede afirmar que las variables: Costo de producción, Gestión de costos, Toma de decisión, Rentabilidad del producto e Inteligencia artificial, son las más importantes del entorno de la investigación.

2.2 Tratamiento estadístico.

Para validar los resultados obtenidos de la encuesta, es necesario realizar un análisis estadístico (ver Tabla #6). Dicho análisis mostrará el nivel de concordancia que pueda haber en los expertos según las repuestas dadas y si es necesario aplicar una segunda ronda de encuesta.

Se encontró la media aritmética de los criterios de los expertos por cada elemento, determinando el coeficiente de variación por medio del cálculo de la desviación típica (S). Se debe aclarar que hubo relaciones cuyas variables eran de muy poco poder y por esta razón no fue necesario analizarlas estadísticamente.

Si $S > 1$, se rechaza el valor promedio calculado y se realiza una nueva ronda de preguntas.

Si $S < 1$, se acepta el criterio de los expertos.

Si $S = 1$, significa acuerdo total entre los expertos.

Variables	Cantidad	Promedio	Varianza	Desviación Típica	Mínimo	Máximo	Rango
Gestión de costos - Costo de producción.	12	4.75	0.2045	0.452267	4	5	1
Gestión de costos - Toma de decisiones.	13	4.5385	0.4359	0.660225	3	5	2
Gestión de costos - Rentabilidad del producto.	13	4.2308	1.1923	1.09193	1	5	4
Gestión de costos - Presupuesto de costo.	12	4.5	0.8182	0.904534	2	5	3
Gestión de costos - Control de costo.	13	4.5385	0.7692	0.877058	2	5	3
Gestión de costos - Estimación de costos.	12	4.8333	0.1515	0.389249	4	5	1
Costo de producción - Rentabilidad del producto.	12	4.4167	1.3561	1.1645	1	5	4
Costo de producción - Función de costo.	13	4.4615	0.2692	0.518875	4	5	1
Costo de producción - Toma de decisiones.	13	4.6154	0.2564	0.50637	4	5	1
Toma de decisiones - Rentabilidad del producto.	13	4.5385	0.2692	0.518875	4	5	1
Toma de decisiones - Estimación de costos.	12	4.0833	0.6288	0.792961	3	5	2
Toma de decisiones - Arbol de decisión.	12	4.3333	1.3333	1.1547	1	5	4
Inteligencia Artificial - Aprendizaje automático.	10	4.3	1.5667	1.25167	1	5	4
Inteligencia Artificial - Algoritmo basado en Colonia de Hormigas.	10	4.3	1.5667	1.25167	1	5	4
Arbol de decisión - Aprendizaje automático.	10	3.7	1.2222	1.05935	1	5	4
Algoritmo basado en Colonia de Hormigas - Función de costo.	10	4.1	1.4333	1.19722	1	5	4
Costo de producción – Costo de mano de obra directa.	10	4.7	0.2333	0.483046	4	5	1
Costo de producción - Servicios de conectividad.	10	4.2	0.1778	0.421637	4	5	1
Gestión de costos - Gestión de costos de proyectos de software.	10	4.9	0.1	0.316228	4	5	1
Costo de producción – Insumos.	12	4.4167	0.447	0.668558	3	5	2

Tabla #6. Resultados obtenidos del análisis estadístico.

En esta tabla se puede apreciar que la cantidad de respuestas dadas por cada relación oscila de 10 a 13, esto es debido a que algunos expertos decidieron no dar un criterio a estas relaciones, esto no influye en la veracidad de la encuesta.

Se acepta el criterio dado por los expertos luego de realizar el tratamiento estadístico, se llega a dicha conclusión porque cuando se calcula la desviación típica para cada una de las relaciones, en el 65% de los casos esta es menor que 1 y el 35% restante es mayor que 1 pero la diferencia por la que lo sobrepasan no es significativa.

2.2.1 Gráficos Obtenidos.

A continuación se muestran gráficos que representan las relaciones de las tres variables de mayor valor obtenido en la tabla de poder. Se debe tener en cuenta que a los criterios de evaluación de las relaciones se le asigna un número en estos gráficos, quedando de la siguiente forma:

1. Ninguna Relación **(NR)**.
2. Muy Poca Relación **(MPR)**.
3. Poca Relación **(PR)**.
4. Relación **(R)**.
5. Bastante Relación **(BR)**.

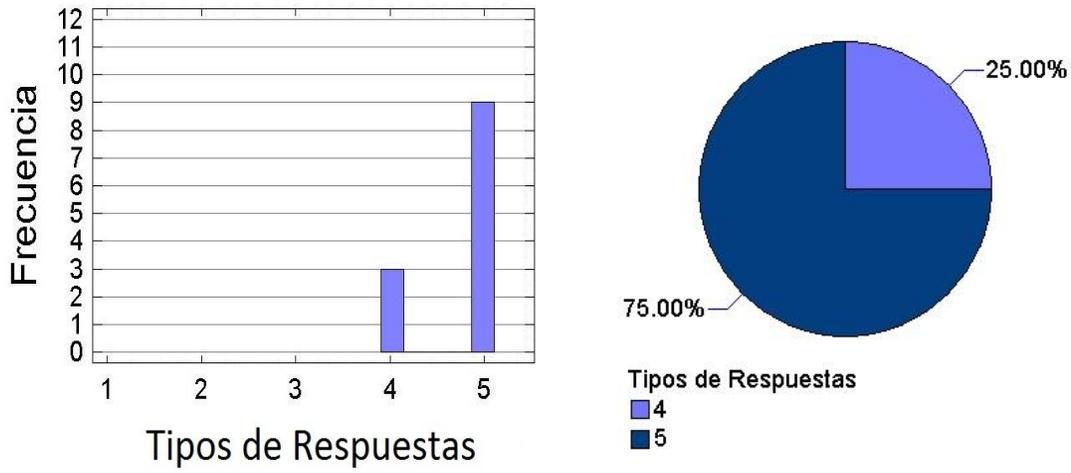


Figura #10. Relación Gestión de Costos – Costo de Producción.

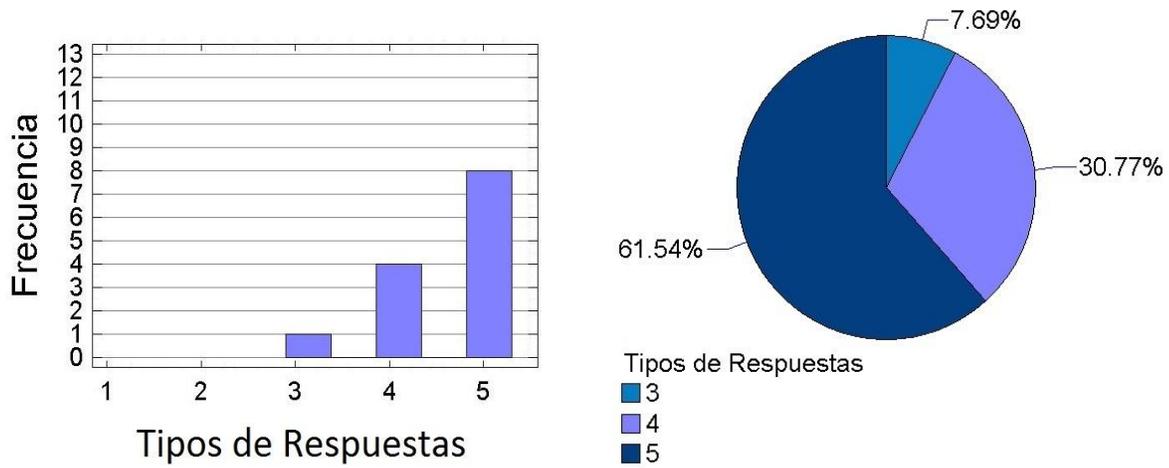


Figura #11. Relación Gestión de Costos – Toma de Decisiones.

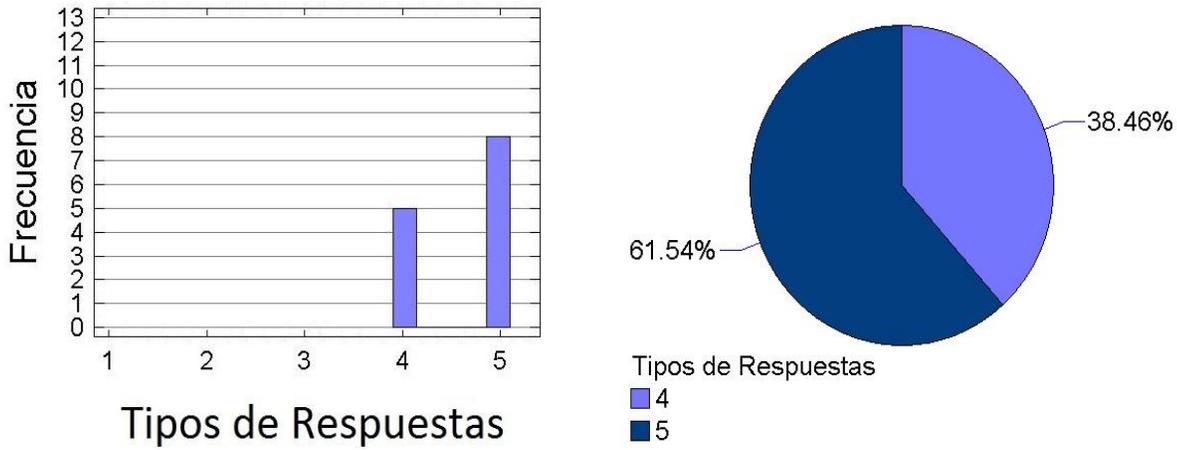


Figura #12. Relación Costo de producción - Toma de decisiones.

Como se puede apreciar en los gráficos las respuestas o criterios 1 y 2 no sobrepasan de 0 (de igual forma sucede en la mayoría de las relaciones), esto se debe a que en ninguno de los tres casos los expertos decidieron por esos criterios.

A continuación los gráficos correspondientes al total de respuestas dadas en todas las encuestas aplicadas.

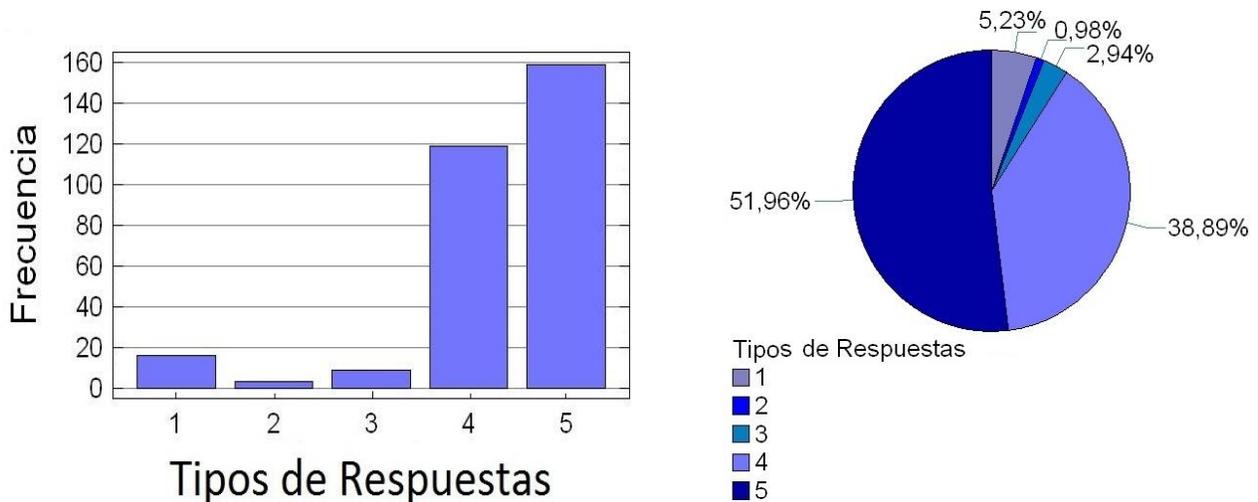


Figura #13. Gráficos del total de respuestas obtenidas.

A modo de conclusión se puede decir que como se evidencia en los gráficos, las respuestas de los especialistas tienen un alto grado de concordancia, además teniendo en cuenta los resultados arrojados del análisis estadístico, se puede afirmar que los especialistas validan la importancia y necesidad de realizar este tipo de investigaciones referentes al análisis de costo.

2.3 Optimización con Colonia de Hormigas (OCH).

Los algoritmos de Optimización con Colonia de Hormigas (OCH) utilizan agentes computacionales simples, en este caso hormigas artificiales, que trabajan de manera cooperativa y se comunican mediante rastros de feromona artificial, simulando el comportamiento de una colonia de hormigas naturales [23].

El algoritmo presenta algunas características de las colonias de hormigas naturales como son:

- Se utiliza comunicación indirecta a través de la feromona.
- Las rutas más cortas tienden a tener una razón más alta de crecimiento del valor de la feromona.
- Las hormigas tienen preferencia probabilística por las rutas con valores altos de feromona.

Además de estas características, se les ha dado a las hormigas artificiales capacidades que no tienen las reales, pero que ayudan a resolver el problema.

Por ejemplo:

- Cada hormiga es capaz de determinar qué tan lejos está de un estado.
- Poseen información acerca de su ambiente y la utilizan al tomar decisiones, así su comportamiento no sólo es adaptativo sino también “avaricioso”.
- Tienen memoria, la cual es necesaria para asegurar que se generen sólo soluciones factibles, por ejemplo, necesitan saber los estados o nodos que han visitado pues un estado no se puede visitar más de una vez en un ciclo [24].

2.3.1 Pasos para aplicar el algoritmo.

Para aplicar el algoritmo en la solución de un problema, se debe seguir una serie de pasos:

1. Representar el problema mediante nodos, que contribuyen secuencialmente a construir una solución.
2. Definir el significado de los rastros de feromona de una manera adecuada.
3. Poner pesos a la información heurística (información previa) en cada nodo o arco.
4. Desarrollar algoritmos que permitan realizar optimizaciones locales a fin de mejorar el rendimiento.
5. Escoger un algoritmo OCH específico.
6. Refinar los parámetros del algoritmo de OCH, es decir, se deben obtener los valores de influencia de feromona (alfa), información heurística (beta) y el número de hormigas óptimos, para el problema en específico.

2.3.2 Estructura Genérica del algoritmo.

La estructura genérica del algoritmo de OCH consta de los siguientes procedimientos:

- 1. Inicialización de Parámetros:** influencia de feromona(alfa), información heurística(beta), información memorística de la hormiga, tasa de evaporación de la feromona, cantidad de hormigas, y el rastro inicial de feromona en todos los arcos o nodos. Aunque cada algoritmo tiene parámetros específicos, los antes mencionados son los utilizados en todos OCH. El valor inicial de feromona depende de un procedimiento de búsqueda local. Además el procedimiento se inicializa nuevamente si se presenta un estancamiento.
- 2. Programación de Actividades:** el procedimiento general consta de tres partes, generación y puesta en funcionamiento de las hormigas artificiales, evaporación de la feromona, y las acciones del demonio, el cual es un proceso(o programa) no interactivo, que se ejecuta de forma continua y se utiliza para generar una solución de forma global con cierto conocimiento o memoria.
- 3. Actualizar Memoria Hormiga:** especifica el estado inicial donde la hormiga empieza su camino, también corresponde a la actualización de la memoria de la hormiga.

- 4. Calcular Probabilidades de transición y aplicar políticas de decisión:** los resultados que se obtienen de estos procedimientos deciden el rumbo de la hormiga en base al estado actual, a la memoria, restricciones del problema y la probabilidad de encontrar un camino correcto.
- 5. Condición de fin, o fin de procedimiento:** puede ser una condición de tiempo fijo o indeterminado; el algoritmo también puede continuar hasta encontrar una solución aceptable.

Además de los antes mencionados, existen otros aspectos a tomar en cuenta para la programación:

- 1. Construcción de Soluciones.**
- 2. Búsqueda Local:** una vez encontrado un conjunto de soluciones, se puede implementar un procedimiento de búsqueda local para mejorar el rendimiento del algoritmo, el cual puede ser búsqueda tabú simple, búsqueda local guiada, búsqueda local iterada, o incluso un algoritmo genético.
- 3. Actualización de Feromona:** después de generar una solución, se evapora y deposita, un cierto valor de feromona [23].

2.4 Elementos para aplicar el algoritmo OCH.

Para estimar el costo del proyecto SCADA se tiene en cuenta solamente el esfuerzo, por tal motivo los principales datos en esta actividad son los recursos humanos. Cada tarea necesita de un número de personas para poder llevarse a cabo pero el tratamiento de este recurso está enfocado al rol que desempeña cada una de ellas.

Cada rol cuenta con una tarifa horaria, la cantidad necesaria del rol para desarrollar la tarea, así como la cantidad de días que debe trabajar, estos datos permiten determinar tanto el costo del rol así como el costo total de la tarea. El costo de un rol en una tarea está dado por la multiplicación de la cantidad de días que debe trabajar el rol por la cantidad necesaria del rol, así para determinar el costo de una tarea para cada rol: se multiplica su costo por la tarifa horaria y además por 8 para llevarlo a horas, entonces el costo total de la tarea está dado por la sumatoria de los costos de cada uno de los roles implicados.

Cada tarea cuenta además de los recursos, con una prioridad y una complejidad de desarrollo. Tanto la prioridad como la complejidad, toman valores de 1 a 5, valor 1 representa menor importancia y menor complejidad, mientras que el valor 5 es mayor importancia y mayor complejidad. Con estos valores se calcula internamente un promedio el cual es la base para decidir qué tareas se escogen para cada nivel de optimización.

El cliente del proyecto no estará dispuesto a pagar una cifra muy elevada y menos por algo que demore más tiempo del razonable o que no tenga la calidad requerida y además de esto el proyecto necesita obtener un porcentaje de ganancias que lo favorezca, por lo tanto debe haber un equilibrio entre las variables personal, tiempo y recursos materiales pues se deben minimizar los gastos tanto como sea posible sin que se afecte la calidad de la tarea a desarrollar.

Como se mencionó en el epígrafe **2.3.1** el problema debe estar representado por nodos y además se debe definir la forma de medir el peso de las aristas, para la aplicación del algoritmo se define como estados las tareas a realizar en el proyecto, y como peso para las aristas la suma de los costos de la tarea que la conforman.

Capítulo 3. Propuesta de Solución.

La Estimación de Costos en el proyecto SCADA se lleva a cabo prácticamente de forma manual, por tal motivo esta actividad suele ser un poco tediosa, además se tiene en cuenta solamente el esfuerzo, por lo que los principales datos en esta actividad son los recursos humanos. En este trabajo se propone una aplicación que permite facilitar la realización de esta actividad, la cual además de estimar el costo de producción del proyecto brinda a petición del usuario la optimización del mismo, la cual puede ser de tres tipos: nivel 1, nivel 2 o nivel 3. Es válido aclarar que además de la estimación y optimización de costos, la aplicación también tiene como principal objetivo mostrar cómo es que estas operaciones pueden ser realizadas mediante el algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas.

La diferencia entre los niveles de optimización es la selección de las tareas a las que se le van a generar subtareas, más adelante en este capítulo se especificará en qué consiste la creación de las mismas. Para el primer nivel se escogen las tareas entradas por el usuario que tengan un promedio igual a 1 o 2, para el segundo nivel las que tengan un promedio distinto de 5 y para el tercer nivel se eligen todas las tareas entradas por usuario. El promedio se determina teniendo en cuenta la complejidad y la prioridad de cada tarea. La implementación de estos tres niveles de optimización tiene como principal objetivo mostrar la diferencia de costo que existe entre uno y otro nivel.

Como se mencionó en el capítulo anterior, para obtener resultados factibles de la aplicación del algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas, existen dos aspectos fundamentales que se deben lograr, primero está la representación del problema mediante nodos, y segundo encontrar la manera de poner pesos a la información heurística en cada nodo o arco. Dadas estas necesidades y las características específicas del problema, se decidió tomar como nodos las tareas que deben llevarse a cabo para la terminación de un proyecto, mientras que los pesos de las aristas son la suma de los costos de las tareas que la conforman.

Para lograr que la aplicación tuviera las funcionalidades necesarias para su correcto funcionamiento de acuerdo al objetivo para el cual se propone, se declararon cinco clases particulares de las cuales en el siguiente epígrafe se dará una breve explicación de cada una de ellas.

3.1 Clases definidas.

Como resultado del análisis de las características del proceso de estimación de costos en SCADA y del algoritmo en cuestión, se definieron algunas clases específicas: Tarea, Subtarea, Rol, Hormiga y RegistrosHistóricos, a continuación una breve descripción de las mismas.

Clase Tarea: cada tarea cuenta con un identificador que es el tipo de tarea, los tipos que se incluyeron en este trabajo son: Captura de requisitos, Análisis y diseño, Implementación y Prueba. Además cuentan con una cantidad de personas necesarias, con una prioridad y una complejidad de desarrollo. Tanto la prioridad como la complejidad, toman valores de 1 a 5, valor 1 representa menor importancia y menor complejidad, mientras que el valor 5 es mayor importancia y mayor complejidad. Con estos valores se calcula internamente un promedio el cual es la base para decidir qué tareas se escogen para cada nivel de optimización. A pesar de la necesidad de cada tarea de contar con un número determinado de personas, el tratamiento de ese recurso está enfocado al rol que desempeña cada una de ellas en el cumplimiento de las actividades.

Clase Rol: cada rol cuenta con un identificador que es el tipo de especialista, una tarifa horaria, la cantidad necesaria del rol para desarrollar la tarea, así como la cantidad de días que debe trabajar, estos datos permiten determinar tanto el costo del rol así como el costo total de la tarea. El costo de un rol en una tarea está dado por la multiplicación de la cantidad de días que debe trabajar el tipo de especialista por la cantidad necesaria de este, así que para determinar el costo de una tarea para cada rol: se multiplica su costo por la tarifa horaria y además por 8 para llevarlo a horas, entonces el costo total de la tarea está dado por la sumatoria de los costos de cada uno de los roles implicados.

Ejemplo de cómo hallar el costo de un rol:

Tipo de especialista: Analista

Cantidad necesaria: 2

Tarifa horaria: 55

Cantidad de días de trabajo: 10

Costo del Rol = Cantidad necesaria * (Cantidad de días de trabajo * 8) * Tarifa horaria

Clase Subtarea: es una herencia de la clase Tarea, representa los subescenarios (un subescenario está definido como los posibles escenarios que se pueden generar a partir de una tarea), además de los datos que hereda cuenta con un identificador propio, esta clase es la que permite que el algoritmo optimice, pues en la ejecución del mismo se generan algunos subescenarios, con cambios que permiten disminuir el costo de producción que tiene la tarea padre, los cambios pueden ser: reducción del tiempo de realización, disminución de la cantidad de personas que ejerzan los roles necesarios o ambas cosas. Los subescenarios son la clave para aplicar con éxito el algoritmo teniendo en cuenta el enfoque dado al problema en cuestión.

Clase Hormiga: representa el agente artificial, incluye una lista de tareas visitadas y otra de tareas no visitadas, además de un identificador que coincide con la tarea en la que comienza su recorrido en la ejecución del algoritmo.

Clase RegistrosHistóricos: representa todos los datos de las tareas y subtareas utilizadas en la ejecución del algoritmo, esto permite que el usuario conozca cuáles tareas fueron optimizadas así como los cambios que permitieron la optimización. Esta clase cuenta con un identificador que es el nivel de optimización en el que se utilizaron las tareas que están en su lista.

Además de estas clases, se utilizaron Tipos de datos Abstractos (TDA), como Lista y Nodo Simplemente Enlazados y Grafo. Con respecto a TDA Grafo se puede destacar que se utilizó específicamente la implementación de grafo ponderado con lista de vértices y matriz de adyacencia, se adicionó además como atributo una matriz para representar la feromona, y algunas funcionalidades para el manejo de la misma, todo esto por las características del algoritmo.

Anteriormente se hizo referencia a las clases específicas para la solución del problema, además de estas se implementó la clase manejadora de datos:

Clase Controladora: como su nombre lo indica, es la clase que controla y coordina las actividades de los objetos que implementan las funcionalidades de la aplicación, cuenta con tres listas, una donde se almacenan las tareas entradas por el usuario, otra de hormigas donde se encuentran las hormigas creadas para la ejecución del algoritmo, y la de registros históricos que almacena las tareas utilizadas en

cada ejecución del algoritmo, además tiene un objeto grafo que representa el grafo que se va a utilizar en cada nivel de optimización, una vez seleccionado el nivel de optimización por el usuario cambia el grafo a utilizar.

El usuario que necesite estimar, debe entrar las tareas que se deben realizar, luego debe elegir qué nivel de optimización desea y se muestra el resultado.

¿Cómo se lleva a cabo la optimización?

Suponiendo que el usuario entró seis tareas iniciales y que seleccionó el primer nivel de optimización, se seleccionan de las tareas iniciales las que cumplan las condiciones para el primer nivel, asumiendo que son dos se procede a la creación de las subtareas correspondientes. De cada tarea inicial seleccionada, se crean tres subtareas, para la creación de las mismas se mantienen valores de la tarea padre y se realizan algunos cambios, por ejemplo: en la primera subtaska se disminuye la cantidad necesaria por rol y se mantiene de la tarea padre el tiempo en días necesario para la realización de la misma; en la segunda subtaska se disminuye solo el tiempo necesario por rol y en la tercera se modifica toda la información relacionada con los roles que tiene la tarea padre. Las variaciones que presentan las subtareas con respecto a los datos reales de las tareas que les da origen, es lo que permite la optimización. Creados las subtareas se conforma el grafo correspondiente a ese nivel, las tareas que representan los vértices son las subtareas generadas y además las tareas iniciales que no fueron seleccionadas para el nivel de optimización en cuestión.

La idea de generar subtareas surge a partir de la consulta a personas que realizan la estimación en el proyecto SCADA, para el proceso de estimación primeramente se hace una propuesta de costo inicial basada en las tareas que se determinaron para el proyecto, de ser necesario, se procede a la disminución de personal, tiempo de ejecución o ambas cosas. Cada elemento que se disminuye, se deja en el valor mínimo al que se puede reducir, en dependencia del tipo de tarea y la complejidad de la misma, para definir ese límite se realizó primeramente una encuesta que fue procesada para llegar a un consenso para los tipos de tareas: Implementación y Pruebas, donde se encuestaron desarrolladores y probadores respectivamente, de forma análoga se llevó a cabo el proceso anterior para los otros tipos de tarea. En las subtareas creadas a partir de la optimización de cantidad de personas por rol, se le hace un tratamiento

especial al rol más importante según el tipo de tarea, por ejemplo, en el caso de las tareas de captura de requisitos el rol más importante es el analista.

A continuación se muestra el diagrama de clases de la aplicación.

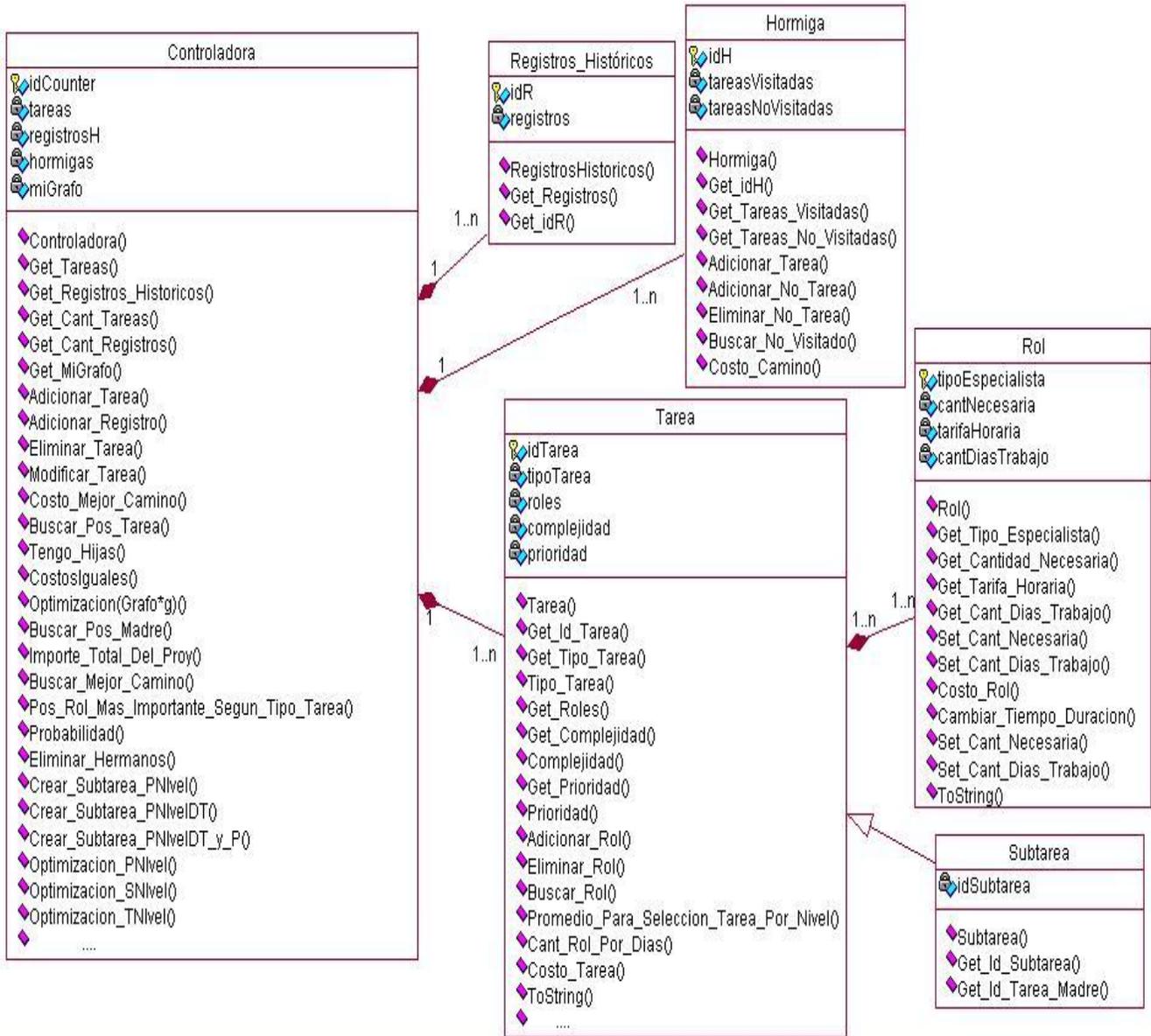


Figura #14. Diagrama de clases.

3.2 Funcionalidades básicas de la aplicación.

Las funcionalidades de la aplicación están enfocadas al funcionamiento del algoritmo, por tal razón se enfatizó en las que demuestran el rendimiento óptimo del mismo, las funcionalidades básicas con la que cuenta la aplicación son:

Opciones de Proyecto: permite al usuario adicionar, modificar y eliminar cualquier tarea del proyecto.

Adicionar tarea: entrada de los datos de la tarea, incluye el nombre de la tarea, una lista con los roles que participan en el desarrollo de la misma, complejidad, prioridad y la cantidad de días necesarios para realizarla, cuando el usuario entra los datos “Añadir” y se adiciona la tarea a la lista de tareas del proyecto. Esta es la primera actividad que debe realizar el usuario para poder acceder al resto de las funcionalidades.

Modificar tarea: de la lista de tareas el usuario elige la que desea modificar, y se presentan los datos actuales de la tarea, el usuario hace los cambios, presiona: “Modificar” y se muestra la tarea con los datos modificados.

Eliminar tarea: de la lista de tareas el usuario elige la que desea eliminar, presiona “ok” y se elimina la tarea de la lista.

Determinar Costo: determina el costo del proyecto tomando las tareas entradas por el usuario.

Optimizar Costo: brinda la posibilidad al usuario de optimizar el costo del proyecto, existen tres tipos de optimización que puede realizar, el usuario puede elegir cualquiera de las tres. El nivel superior incluye los subescenarios generados de los niveles inferiores.

Optimización Primer Nivel: se ejecuta con las subtareas generadas para ese nivel.

Optimización Segundo Nivel: se ejecuta con las subtareas generadas para ese nivel.

Optimización Tercer Nivel: se ejecuta con las subtareas generadas para ese nivel.

3.3 Descripción de los pasos que realiza el algoritmo para optimizar.

Las precondiciones para que se ejecute el algoritmo son la entrada de los datos de las tareas y la selección del nivel de optimización deseado, en ese orden, asumiendo que las tareas entradas por el usuario son: Tarea1 con un costo de \$ 10.00, Tarea2 con un costo de \$ 75.00, Tarea3 con un costo de \$ 68.00, Tarea4 con un costo de \$ 15.00, el costo inicial del proyecto sería de \$ 168.00, como es de suponer esto es un ejemplo hipotético para explicar cómo se realiza la optimización. Dadas las tareas y seleccionado el nivel de optimización, el algoritmo procede de la siguiente manera:

- Se buscan las tareas a optimizar según el nivel seleccionado. Se asume que la tarea seleccionada es Tarea4 del ejemplo anterior.
- Se crean los subescenarios correspondientes. En cada uno de ellos se disminuye recursos, tiempo o ambos aspectos, estos representan nuevas tareas por los cuales las hormigas artificiales deben decidirse.
- Se buscan las tareas que le dieron origen a cada uno de los subescenarios creados. Luego de que se encuentren, estas tarea se eliminan de la lista de vértices del grafo correspondiente al nivel de optimización seleccionado.
- Se adicionan los nuevos subescenarios y se actualiza la matriz de costos. Como los subescenarios que se derivan de la misma tarea no van a estar conectados, en el momento de actualizar la matriz de costo debe tenerse en cuenta esta característica. A continuación se muestra un ejemplo visual de cómo quedaría el grafo para la ejecución del algoritmo (Figura 15).

Entregable	Valor
Tarea 1	10
Tarea 2	75
Tarea 3	68
Tarea 4	15
Tarea 4a	11
Tarea 4b	7
Tarea 4c	13

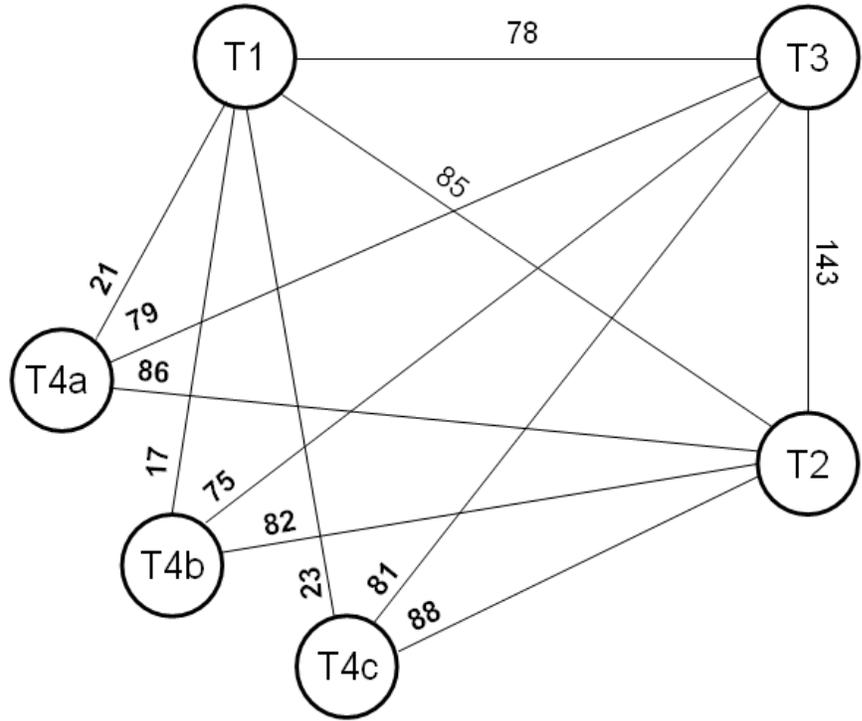


Figura #15. Grafo resultante de adicionar subescenarios.

- Se crean las hormigas artificiales. La cantidad de hormigas va a ser igual a la cantidad de tareas que se tengan para la ejecución. Cuando se crean se le pone como identificador el nombre de la tarea desde la que comienzan su recorrido, por lo que en su lista de tareas visitadas esa tarea va a ser la primera.
- Creadas las hormigas y ubicadas en las tareas correspondientes, en cada paso de un ciclo, una vez que las hormigas estén en un estado, deciden cual es el siguiente estado a visitar (un ciclo se repetirá hasta que todas las tareas hayan sido visitadas por todas las hormigas exactamente una vez). Esta decisión es tomada a partir de una fórmula probabilística que determinará la probabilidad de que la tarea j sea visitada luego de la tarea i .

$$p_{ij} = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{[T_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{h \in \Omega} [T_{ih}]^\alpha [\eta_{ih}]^\beta} & \text{si } j \in \Omega \\ 0 & \text{en otro caso} \end{array} \right\}$$

Siendo:

$$\eta_{ih} = 1/d_{ij}$$

Donde:

T_{ij} -- Cantidad de feromona entre las tareas i y j .

α -- Parámetro para regular la influencia de T_{ij} . Tendrá valor 2.

η_{ij} -- Visibilidad de la tarea j a la tarea i .

β -- Parámetro para regular la influencia de η_{ij} . Tendrá valor 1.

Ω -- Conjunto de tareas que aún no han sido visitadas.

d_{ij} – Suma de los costos de las tareas i y j (distancia).

- Como la idea principal es que cada hormiga visite solo uno de los subescenarios derivados de cada tarea, al adicionar una tarea a la lista de visitadas de una hormiga, se pregunta si es un subescenario, si lo es, entonces se buscan en la lista de no visitados de esa hormiga, los subescenarios que tengan como id de la madre el mismo que la última tarea que visitó la hormiga son eliminados.
- Cuando las listas de no visitadas de todas las hormigas están vacías, se determina el mejor camino de todos que en este caso es el de menor costo.

- Luego se procede a actualizar las cantidades de feromona, se elimina la feromona en todos los arcos en 0.5 este valor representa la tasa de evaporación, y luego se procede a premiar el mejor recorrido con una cantidad de feromona de 0.2. Los números indicados constituyen valores probabilísticos.
- Con las feromonas actualizadas termina un ciclo del algoritmo, un ciclo termina cuando todas las hormigas han visitado al menos una vez cada tarea.
- Se cuenta cuántas hormigas se decidieron por el mismo camino.
- A cada hormiga se le llena la lista de no visitados con los vértices pertenecientes al grafo del nivel, y se le elimina las tareas de la lista de visitados excepto la primera posición porque es donde comienza su recorrido.
- Se repiten los pasos desde que la hormiga decide qué tarea visitar, hasta que la mitad de hormigas más uno coincidan en el mismo recorrido, esa es la condición de parada.
- Al cumplirse la condición de parada se devuelve el costo optimizado y además una lista con las tareas y subtareas utilizadas en la ejecución del algoritmo, con cada una de sus características, para que el usuario conozca las tareas que se optimizaron así como la subtarea elegida. Aplicando esto al ejemplo propuesto anteriormente el costo sería \$160.00, y las tareas utilizadas: Tarea1 con un costo de \$ 10.00, Tarea2 con un costo de \$ 75.00, Tarea3 con un costo de \$ 68.00 y Subtarea4b con un costo de \$ 7.00.

Es válido destacar que debido al valor de las tareas ficticias utilizadas en el ejemplo no es mucha la diferencia entre el costo inicial y costo optimizado, pero se evidencia una disminución.

3.4 Algunas aclaraciones.

En la realización de este trabajo, se tuvo en cuenta los aspectos básicos para la implementación de las funcionalidades necesarias, pero en caso que se decida desarrollar una aplicación más funcional basada en el demo propuesto, se deben tener en cuenta otros aspectos que intervienen en el costo de un proyecto, como:

- La decisión que toma cada hormiga en cuanto a cuál es la siguiente tarea a visitar, debe basarse en la fórmula de probabilidad antes mencionada y además en la dependencia entre tareas.
- La creación de una base de datos que almacene los proyectos anteriormente optimizados, por si el usuario deseara consultarlos.

Todo lo antes explicado mejoraría en gran medida los resultados del proceso de optimización, además si se deseara utilizar el demo para la determinación del costo de los proyectos teniendo en cuenta además del esfuerzo los otros gastos involucrados, es decir, los datos que se controlan a nivel central, se realizarían algunas modificaciones:

- Se implementaría la clase materiales, que tendría como atributos el nombre del material, cantidad necesaria y precio unitario del mismo.
- La clase tarea tendría una lista de materiales necesarios.
- El costo de la tarea no solo dependería del esfuerzo sino también del costo de los materiales involucrados en el desarrollo de la misma.
- Al crear las subtareas se tendría en cuenta además la disminución de dichos materiales, por tanto la cantidad de subtareas creadas por cada tarea original aumentaría.

3.5 Interfaces de la aplicación.

La aplicación consta de dos ventanas: la principal, que es en la que se seleccionan las opciones deseadas y en la que se observa el costo inicial del proyecto, el costo producto de las optimizaciones realizadas, así como el “Listado Actual” que presenta las últimas características de las tareas y el “Listado Histórico” donde se observan los cambios que han sufrido las tareas desde que fueron añadidas. La otra ventana es la de “Añadir Proyecto” donde se encuentran tres pestañas en las cuales se realizan las operaciones de “Añadir Tarea”, “Modificar Tarea” y “Eliminar Tarea”, respectivamente.

El funcionamiento de la aplicación se explicará a través de las interfaces que la conforman.

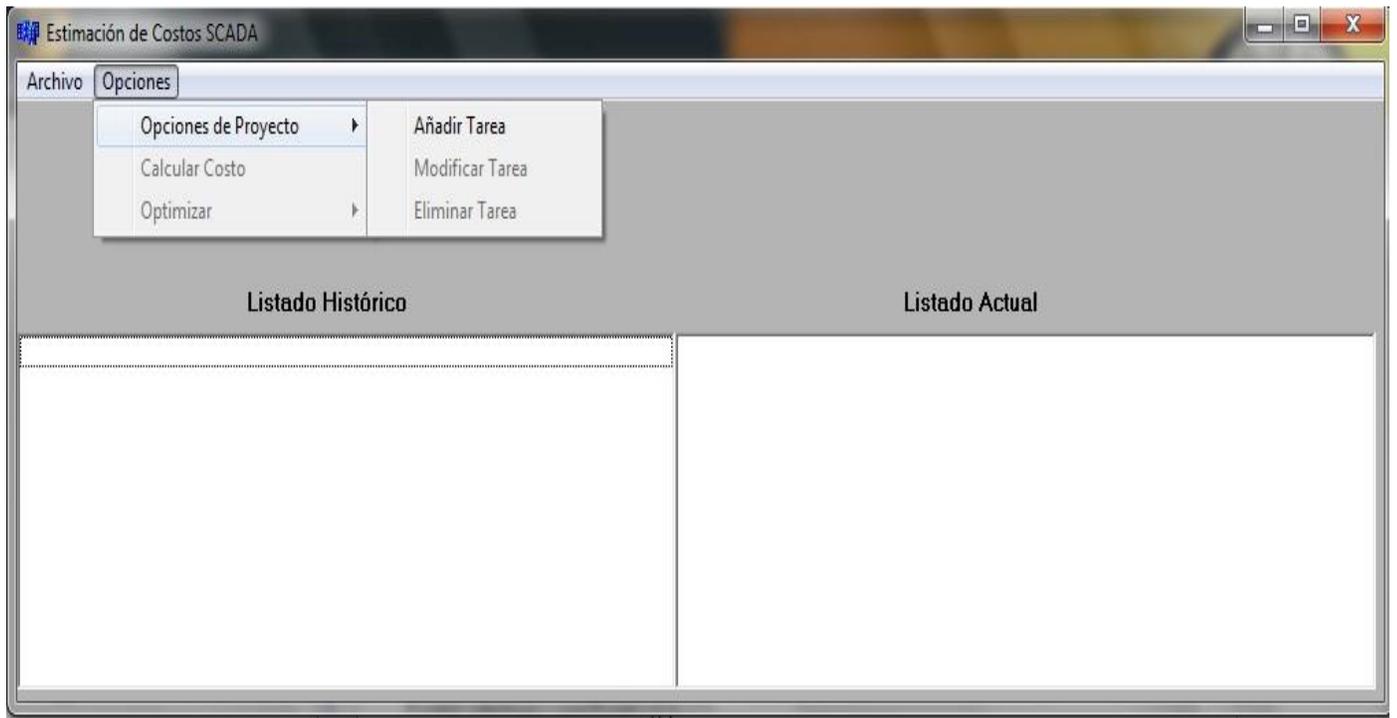


Figura #16. Interfaz de Inicio.

Esta es la interfaz de inicio, es lo primero que se le muestra al usuario al abrir la aplicación. Aquí se puede observar que en el menú "Opciones" inicialmente la única opción disponible es la de "Añadir Tarea", esto se debe a que el resto de las operaciones dependen de la entrada válida de una o varias tareas.

The screenshot shows a software window titled "Añadir Proyecto". At the top, there are three tabs: "Añadir Tarea" (selected), "Modificar Tarea", and "Eliminar Tarea". The main area is divided into two sections. The left section contains a form with the following fields: "Nombre:" (text input), "Tipo:" (dropdown menu), "Complejidad:" (dropdown menu), and "Prioridad:" (dropdown menu). Below these are two buttons: "Añadir" and "Cerrar". The right section has two sub-tabs: "Recursos Humanos" and "Recursos Materiales". Under "Recursos Humanos", there are fields for "Rol:" (dropdown menu), "Cantidad:" (text input), "Tarifa horaria:" (text input), and "Cantidad de Días de trabajo:" (text input). Below these is a button labeled "Añadir Rol". To the right of these fields is a large empty rectangular area. The window has standard Windows-style window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Figura #17. Interfaz: Añadir Proyecto. Pestaña: Añadir Tarea.

Esta es la ventana “Añadir Proyecto” específicamente la pestaña “Añadir Tarea”. Como se puede observar se piden los datos necesarios para adicionar una nueva tarea, en los que se incluyen los recursos humanos y los recursos materiales, los cuales solo constituyen una muestra de cómo quedaría la aplicación en caso de que se decida trabajar también con este tipo de recursos.

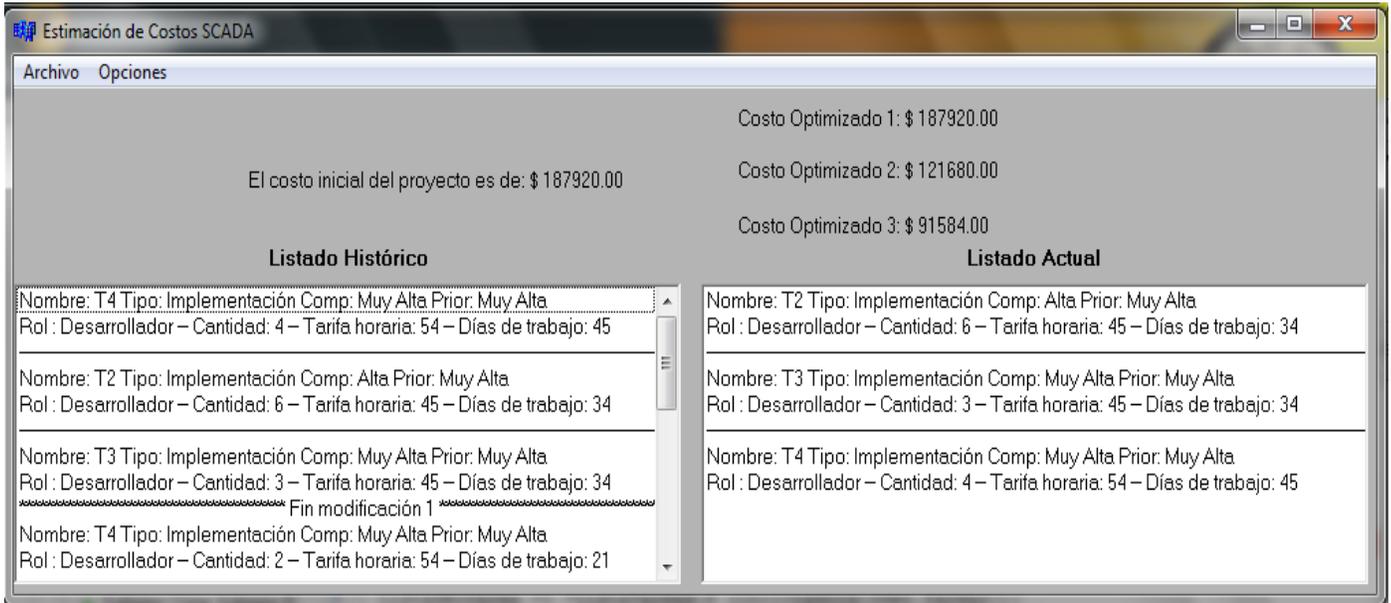


Figura #18. Interfaz: Principal. Resultados obtenidos.

De esta forma se mostrarían los resultados que se obtengan a petición del usuario.

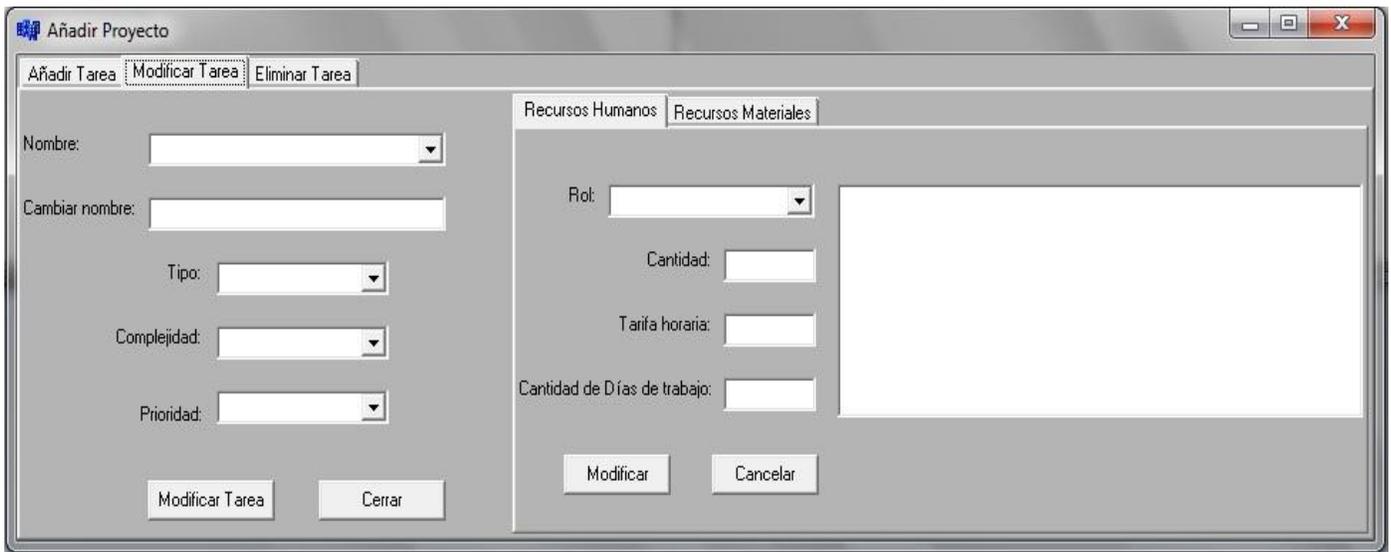


Figura #19. Interfaz: Añadir Proyecto. Pestaña: Modificar Tarea.

Es una opción adicional, en caso de que se haya cometido algún error en la entrada de datos de alguna tarea.

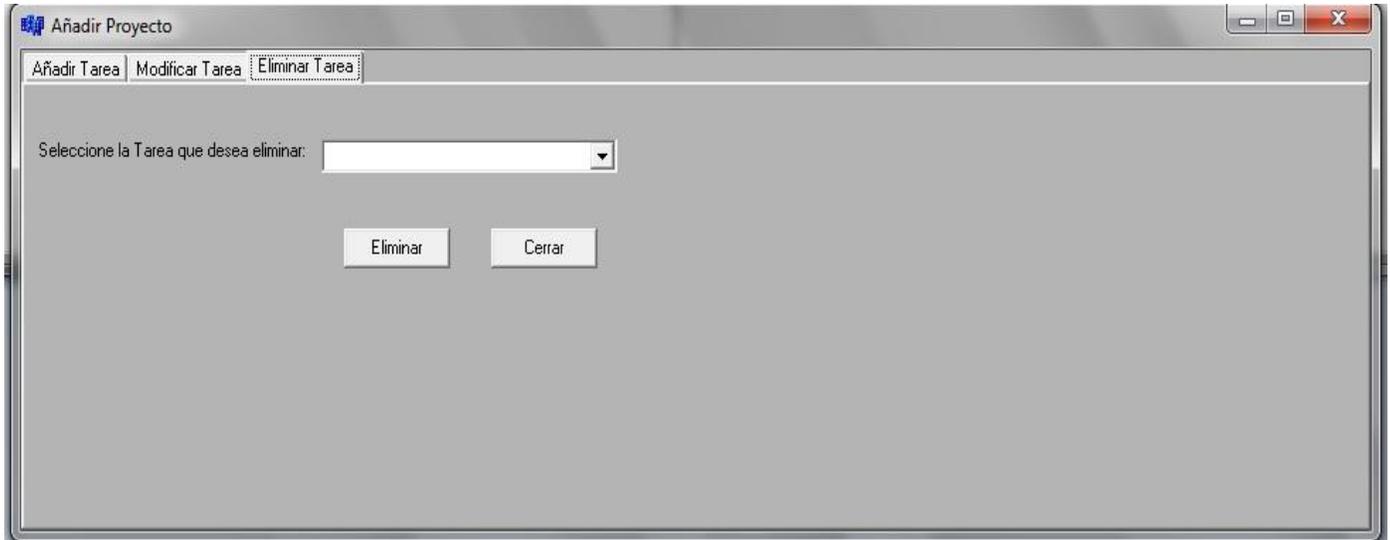


Figura #19. Interfaz: Añadir Proyecto. Pestaña: Eliminar Tarea.

Se utilizará en caso de que se desee eliminar alguna tarea.

3.6 Resultados.

Luego de la confección de la aplicación, se procedió a probar la misma con los resultados de una estimación de costo del proyecto SCADA realizada de la forma que tradicionalmente se ha venido haciendo en este proyecto. La prueba no se realizó en el proyecto completo, pues no era el propósito de la investigación, por lo que fue tomado como ejemplo el módulo de Seguridad. Este módulo como se mencionó tenía los resultados de su estimación, lo que se pretendía era tomar las muestras de dicha línea de producción y utilizarlas en el software confeccionado.

Al aplicar la prueba, los resultados obtenidos fueron satisfactorios, pues se logró con la herramienta confeccionada automatizar y optimizar el costo de producción en la línea de Seguridad, además demuestra lo eficiente que resulta aplicar el algoritmo al análisis de costo, lo cual constituye una novedad en este campo de la investigación. Obteniéndose así una nueva vía investigativa que vale la pena continuar desarrollando para obtener en un futuro mejores resultados, que contribuyan al desarrollo de la UCI como una gran empresa productora de software.

Conclusiones.

La investigación realizada surge por la necesidad de buscar nuevas vías para el análisis del costo de los proyectos en la UCI, el cual desempeña un rol importante, ya que no se trata solo de considerar si un proyecto es rentable o no, se debe analizar también su grado de rentabilidad. El centro, como industria, debe conocer el costo de cada proyecto, esto es muy importante pues permite cuantificar y determinar la magnitud de cada uno de ellos.

En el trabajo se trataron aspectos y conceptos importantes relacionados con el análisis del costo, la Inteligencia Artificial, Computación Evolutiva, Algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas, la Consulta a Expertos y los software a emplear.

Se mostraron los modelos a utilizar en el análisis del costo, así como su modificación con el propósito de adaptarlo a la solución del problema. Además, se procesaron las encuestas aplicadas, y se hizo el análisis estadístico teniendo en cuenta algunos elementos del método Delphi, donde los resultados obtenidos avalaron el inicio de la investigación.

Se confeccionó una aplicación que permite la optimización del costo de producción de las líneas del proyecto SCADA, mostrando los pasos a seguir para desarrollar la misma y sus principales características, teniendo siempre como principal objetivo la utilización del algoritmo Optimización con Colonia de Hormigas. Los resultados obtenidos de esta aplicación fueron los esperados, cumpliendo de esta forma el objetivo general del trabajo de diploma y sin duda alguna sentará una pauta que contribuirá al análisis de la rentabilidad de los proyectos en la UCI.

Recomendaciones.

Para desarrollar una aplicación más funcional basada en el demo propuesto, se deben tener en cuenta otros aspectos que intervienen en el costo de un proyecto. A continuación se mencionan algunos ellos:

- La dependencia entre tareas puede ser otra de las características a tener en cuenta por una hormiga artificial para decidir cuál es la siguiente tarea a visitar, además de basarse en la fórmula de probabilidad antes mencionada.
- Permitir al usuario cargar los datos necesarios de las tareas a partir de un archivo ya confeccionado.
- La creación de una base de datos que almacene los proyectos anteriormente optimizados, para futuras consultas.
- Se implementarían otras clases, que contribuirían a ampliar los alcances de la aplicación.
- Los valores que se toman para la decisión de cuantos recursos optimizar, podría ser dada como opción al usuario experto, pues los mismos pueden variar en dependencia del proyecto.
- Continuar trabajando con las aplicaciones de Colonia de Hormigas, en temas de análisis económico, y ampliar la muestra del proyecto SCADA a toda la UCI.

Referencia Bibliográfica.

[1]. Christian Daniel von Lücken Martínez. Algoritmos Evolutivos para Optimización Multiobjetivo: en un ambiente paralelo asíncrono, Universidad Nacional de Asunción, 2003, 210 páginas. Disponible en: http://www.google.com/cu/#hl=es&q=han+sido+objeto+de+estudio+desde+los+primeros+a%C3%B1os+de+la+computaci%C3%B3n+extendi%C3%A9ndose+desde+los+m%C3%A9todos+basados+en+el+c%C3%A1culo%2C+pasando+por+los+m%C3%A9todos+enumerativos%2C+hasta+llegar+a+los+algoritmos+de+b%C3%BAqueda+aleatoria&meta=&aq=f&aql=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=d1e6f401c0c7f26a

[2]. Backer, Morton y Jacobson, Lyle, Contabilidad de costos, un enfoque administrativo y de gerencia, McGraw Hill. Gimenez Carlos, Costos para Empresarios, Ediciones Macchi, 1.995
Vazquez, Juan Carlos, Costos, Edit. Aguilar. Disponible en:

http://www.google.com/cu/url?sa=t&source=web&cd=28&ved=0CBoQFjAHOBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.lapaz.nur.edu%2Fdescarga.php%3Farc%3Darc3815.PDF%26narc%3DTutor%25C3%25ADa_No._9_Costos_en_la_Gesti%25C3%25B3n_Log%25C3%25ADstica.pdf&rct=j&q=Backer,+Morton+y+Jacobson,+Lyle&ei=eQ0gTPiBMHflgftwbFA&usg=AFQjCNEZHGC7-sjZwspPOb0hqdyWfxxsw

[3]. López, C., 2008. Quisiera saber qué sistemas de costo debo emplear en una emboladora de arroz. Obtenido de GestioPolis.com :

<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/fin/no12/cosotsarroz.htm>

[4]. Myriam Angulo Olaya, Ph.D. , Julio A. Sarmiento S., El Concepto de Rentabilidad en Marketing (Ponencia Presentada en el Primer Congreso Nacional de Profesores de Costos y Contabilidad Directiva), 2000.

[5]. Lic. Nerelys Pérez Cantillo, I. J. (s.f.). Costeo Basado en Actividades. Obtenido de EIPrisma.com:

http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/costeobasadoenactividades/default.asp

[6]. Palacios, F. C. 2009. Toma de Decisiones en condiciones de Certeza, Incertidumbre y Riesgo .

Obtenido de Comunidad Pensamiento Imaginativo:

<http://manuelgross.bligoo.com/content/view/666731/Toma-de-Decisiones-en-condiciones-de-Certeza-Incertidumbre-y-Riesgo.html>

[7]. José Alejandro Ramírez Flores, Dr. Zacarías Torres Hernández. Gestión del conocimiento e Innovación en la toma de decisiones en el abastecimiento de librerías. Instituto Politécnico Nacional. México, 2007. Disponible en:

<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/501/1/Tesisramirezflores.pdf>

[8]. Giovanni E. Gómez, 2002. Análisis de sensibilidad en proyectos financieros. Matemáticas Financieras y Evolución de Proyectos. Obtenido de:

<http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/34/sensibilidad.htm>

[9]. Thompson, L., 2008. Conozca cuáles son los principales Tipos de Costos, su utilización y propósitos. Tipos de Costos. Disponible en: <http://www.promonegocios.net/costos/tipos-costos.html>

[10]. Bolles, Dennis y Fahrenkrog, Steve. 2004. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. (Guía del PMBOK). EE:UU : Newtown Square, 2004. PA 19073 - 3299.

[11]. Departamento Inteligencia Artificial UCI, Inteligencia Artificial, surgimiento y desarrollo, curso 2006-2007.

[12]. Bustos M. José Ricardo, 2005. Inteligencia Artificial en el Sector Agropecuario. Seminario de Investigación I / 2005-II / 299622 / Versión 1.1. Disponible en:

<http://www.docentes.unal.edu.co/jrbustosm/docs/estado2.pdf>

[13]. Francisco Herrera. Computación Evolutiva, Soft Computing y Sistemas de Información Inteligentes. Universidad de Granada. Disponible en: <http://sci2s.ugr.es/docencia/doctoCaminos/Sesion-1-a.pdf>

[14]. Cobo Ortega, Angel y Serrano Bedia, Ana M^a. Un algoritmo híbrido basado en colonias de hormigas para la resolución de problemas de distribución en planta orientados a procesos. Universidad de Cantabria. Disponible en: http://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica_04.pdf

[15]. Teofilo Vargas, Uso del Algoritmo de Optimización de colonia de hormigas, Seminario 18-07-2009, Disponible en: <http://iific.blogspot.com/2009/07/seminario-18-07-09.html>

- [16]. Unidad de Desarrollo Tecnológico en Inteligencia Artificial, Problemas de Optimización Combinatoria, IIIA-CSIC, Campus de la UAB s/n, E-08193 Bellaterra, (SPAIN), 2002-09. Obtenido de:
<http://www.iiia.csic.es/udt/es/artificialintelligence/problemas-optimizacion-combinatoria>
- [17]. María Belén Melián Batista.2003.Optimización metaheurística para la planificación de redes WDM: Metaheuristic optimization for WDM network planning, Obtenido de:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=1109>
- [18]. Dpto Técnicas de Programación. Universidad de las Ciencias Informáticas. El Tipo de Dato Abstracto Grafo.
- [19]. Wilbert Cruz Pinzón.2009.Fundamentos de Programación, Instituto Tecnológico de Campeche. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/19589848/Informatica>
- [20]. Eneko Astigarraga, Método Delphi. Facultad de CC.EE. y Empresariales. ESTE Mundaiz, 50 Apartado 1.359 E-20.080 Donostia - San Sebastian. Universidad de Deusto. Disponible en:
http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sept_29/Metodo_delphi.pdf
- [21]. Bravo, M. de L. y Arrieta, J. J.: Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653). El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica. Disponible en:
<http://www.rieoei.org/deloslectores/804Bravo.PDF>
- [22]. Rolando Alfredo Hernández León, Sayda Coello González, El Paradigma Cuantitativo De La Investigación Científica, Ciudad de la Habana, EDUNIV (Editorial Universitaria), 2002, 112 páginas.
- [23]. Hugo Francisco Cruz Garcés, Verónica Gabriela Viteri Dillon. Optimización de problemas combinatorios y multiobjetivos utilizando el método de colonia de hormigas(OCH). Quito.2007. 139 páginas.Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/257/1/CD-0675.pdf>
- [24]. Benito Mendoza García, Uso del Sistema de la Colonia de Hormigas para Optimizar Circuitos Lógicos Combinatorios, Universidad Veracruzana, 2001, 137 páginas. Disponible en:
http://www.uv.mx/dgbuv/bd/tesis_posgrado/_mia/2001/mendoza_garcia.pdf

Bibliografía Consultada.

Cervantes, O. H. (2006, junio 10). Tecnologías de información y herramientas para la administración de proyectos de software. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num6/art47/int47.htm>

Zamarron, B. (11 de 2003). Costos estandar. Obtenido de :
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin1/cosestbetty.htm>

C., Marcela. Varas. (2000). Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software. Obtenido de:
<http://www ldc.usb.ve/~abianc/materias/ci4712/apuntes.pdf>

Yeney Martín Lache, Yitselis Rosabal Milanés. Modelo para la gestión de costos de los proyectos de softwares nacionales. Ciudad de la Habana. 2008. Páginas 109.

Métodos de Soluciones de Problemas de la IA. Conferencia 4: Algoritmos Genéticos.

Disponible en: <http://definicion.de/optimizacion>.

Obtenido de: <http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?sid=81B87776-5E26-426A-B980-30B93DA5562F&ttype=2&tid=10139>

Benito Mendoza García, Uso del Sistema de la Colonia de Hormigas para Optimizar Circuitos Lógicos Combinatorios, Universidad Veracruzana, 2001, 137 páginas. [28].

Departamento Inteligencia Artificial UCI, Inteligencia Artificial, Métodos informados heurísticamente, curso 2008-2009.

Universidad de Desarrollo Tecnológico en Inteligencia Artificial, Problemas de Optimización Combinatoria, Obtenido de: <http://www.iiia.csic.es/udt/es/artificialintelligence/problemas-optimizacion-combinatoria>

(2009).Lenguajes de Programación,Disponible en: <http://www.lenguajes-de-programacion.com/lenguajes-de-programacion.shtml>

(2006-2007), Aprendizaje Automatizado, Disponible en:

<http://www.fdi.ucm.es/profesor/carmen/iaic/Aprendizaje.pdf>

Yanet Bañobre Corpas, Yulie Brossard González. Diagnóstico de Enfermedades de Transmisión Sexual mediante técnicas de Inteligencia Artificial. Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad Habana, 2009. páginas 73.

Método Delphi, Disponible en: <http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/290.htm#delfoi>

WordReference.com, Diccionario de sinónimos y antónimos, Disponible en: <http://www.wordreference.com>

Rayner Feitó González. Análisis de factibilidad de proyectos sobre plataformas libres en la UCI. Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad Habana, 2008. páginas 91

Delfina. (10 de Agosto de 2008). Método de evaluación grupal Delphi. Disponible en:

<http://www.buscarempleo.es/formacion/metodo-de-evaluacion-grupal-delphi.html>

William Castillo ci. 10.352.022 (STATGRAPICS). Disponible en:

<http://educacionambientalunefa.wikispaces.com/home>

Aprendizaje Automático. Disponible en: <http://www-2.dc.uba.ar/materias/aa/>

Mario A. Muñoz, Jesús A. López y Eduardo F. Caicedo. AGOSTO DE 2008. Inteligencia de enjambres: sociedades para la solución de problemas (una revisión). Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n2/v28n2a15.pdf>

Sergio Sánchez, (05 de abril 2010). Computación evolutiva y Vida artificial. Disponible en:

<http://www.evolutivecomputing.com/material/lecturas/computacionevolutiva.pdf>