

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
Ejecutor 1		
Nombre (s):	Karen Catalina	
Apellido (s):	Matiz Arcos	
Código:	20111275021	
E-mail:	karenmatizar@hotmail.com	
Teléfono fijo:	2786212	
Celular:	3134879499 – 3173908771	
Ejecutor 2		
Nombre (s):	Wilfrand Frederick	
Apellido (s):	Montenegro Suarez	
Código:	20111275023	
E-mail:	wfmontenegro@yahoo.com	
Teléfono fijo:	2267540	
Celular:	3176832283	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	Diseño de módulos de costos y desarrollo de materiales, para el mejoramiento del diseño y fabricación de Recipientes a Presión, en la empresa Makron Ltda.	
Duración (estimada):	Seis meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	X
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyectos científicos y comunitarios	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Mecánica computacional	
INFORMACIÓN PASANTÍA		
Nombre de la empresa:		
Dirección:		
Teléfonos:		
Correo electrónico:		
Página Web:		

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	
Director: (Vo. Bo.)	Carlos Arturo Bohórquez Ávila
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Mirna Jirón Popova

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DEL PROYECTO DE GRADO	5
1.1 CONTEXTO NACIONAL.....	5
1.2 CONTEXTO LOCAL	6
1.3 DIAGNÓSTICO.....	8
1.4 PROBLEMA	10
2. ESTADO DEL ARTE	11
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. OBJETIVOS	18
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
5. MARCO TEÓRICO.....	18
5.1 DEFINICIONES BÁSICAS	18
5.1.1 ¿Qué es la mecánica computacional?.....	18
5.1.2 Programación del software de desarrollo	19
5.1.3 Producción económica.....	19
5.1.4 Situación actual de la manufactura de recipientes a presión en las Pequeñas y medianas empresas (Pymes)	20
6. METODOLOGÍA.....	21
7. CRONOGRAMA.....	22
8. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	24
BIBLIOGRAFÍA.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1 ESQUEMA GENERAL DEL PROGRAMA EN LA ACTUALIDAD	8
FIG. 2 ESQUEMA PROPUESTO PARA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DENTRO DE LA INTERFAZ DE USUARIO	11

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	23
TABLA 2 PRESUPUESTO GENERAL.....	24
TABLA 3 RECURSOS HUMANOS	24
TABLA 4 RECURSO DE MATERIAL.....	25

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DEL PROYECTO DE GRADO

1.1 CONTEXTO NACIONAL

Las pequeñas empresas forman parte del porcentaje más alto de empresas que mueven el motor de la economía nacional. Debido a que junto con la mediana empresa, constituyen el 90% del parque nacional empresarial¹. La población de las mismas es cinco veces mayor que la población de medianas empresas. Por estas razones, constituyen una oportunidad de investigación muy importante cuando se trata de establecer elementos que colaboren al mejoramiento de la realidad económica nacional.

Estudios realizados sobre las Pymes han mostrado el panorama que enfrentan las pequeñas empresas. Entre los diferentes aspectos que rodean al mismo, se puede destacar que: El 50% de las Pymes ha tenido reducciones en inversión, el 43% no han solicitado créditos en los últimos dos años, enfrentan cerca de sesenta modalidades de tributación diferente, el 87% de Pymes no exportan y el 50% afirma que en los últimos dos años sus utilidades se han reducido².

Estos datos demuestran que las Pymes, y para el caso particular de análisis, las pequeñas empresas, poseen ciertas necesidades, que se pueden satisfacer mediante el estudio del factor más importante que la afecta, qué es la distribución geográfica de las empresas. Bogotá posee la mayor concentración de pequeñas empresas en el país, con el 50% del total de las Pymes de Colombia, lo cual la convierte en un importante foco de investigación alrededor de la pequeña empresa³.

Por tal motivo, es necesario establecer elementos que permitan que las pequeñas empresas sean más competitivas y mejoren sus condiciones internas con el fin de generar un contexto político y económico en el cual las mismas puedan perfeccionarse y superar las dificultades que su tamaño trae, de manera que puedan afrontar los retos del futuro, y permitan el crecimiento económico del país.

Giraldo, Sarache y Castrillón⁴, en su documento titulado *Aplicación de una metodología integral soportada en simulación discreta para el mejoramiento de los sistemas de producción en Pymes metalmecánicas*, proponen una metodología integral para el mejoramiento de los sistemas de producción en Pymes metalmecánicas, estableciendo

¹ RODRÍGUEZ, Astrid Genoveva. (2003). *La realidad de la PyME Colombiana: Desafío para Colombia*. Bogotá: Fundes, p. 1.

² Ibid.

³ RODRÍGUEZ, Op. Cit.

⁴ GIRALDO GARCÍA, Jaime Alberto, SARACHE CASTRO, William Ariel y CASTRILLÓN GÓMEZ, Omar Danilo. *Aplicación de una metodología integral soportada en simulación discreta para el mejoramiento de los sistemas de producción en Pymes metalmecánicas*. En: Ingeniería e investigación. Universidad Nacional de Colombia. Abril, 2010, vol. 30 no.1., p. 97-106.

como prioridades competitivas fundamentales: costo, calidad y plazo de entrega. Éste modelo para el sistema de producción, junto con las herramientas informáticas de soporte, le permite a las Pymes metalmeccánicas enmarcar su actuación a partir de un enfoque que promueve la mejora en sus dos subsistemas claves: el primero de programación y control de la producción que le permite a la empresa organizar los procesos de gestión relacionados con el manejo de pedidos provenientes del cliente y la generación de órdenes de compra hacia los proveedores, así como establecer las acciones de ejecución; y el segundo el físico de transformación que se encarga de ejecutar las secuencias de fabricación programadas. De esta forma, la empresa puede mejorar su fiabilidad y reducir sus plazos de entrega.

Una de las herramientas de ayuda en la mejora de sistemas de producción es la simulación. Gracias a la existencia actual de paquetes computacionales avanzados es posible abordar la modelización de sistemas complejos de manufactura y probar, bajo la experimentación, el impacto de una decisión en los indicadores de desempeño⁵.

El concepto de diseño puede ser desarrollado de la siguiente manera: es un proceso que traduce las necesidades en soluciones tangibles y realizables, apoyándose en conocimientos técnicos sólidos y herramientas computacionales de modelado y análisis, e involucra un conjunto integrado de conocimientos⁶, de acceso libre o restringido involucrando conocimiento científico y empírico.

Es de mencionar que las pequeñas y medianas empresas tienen diferencias en el manejo del diseño con respecto a los talleres y a las grandes empresas⁷, los talleres metalmeccánicos establecen su proceso con condiciones particulares de cada cliente y su desarrollo se realiza de manera informal, en cambio en el caso de las empresas grandes el manejo de la información se convierte en un elemento primordial para el cumplimiento de las necesidades del cliente⁸.

1.2 CONTEXTO LOCAL

En la ciudad de Bogotá, Makron Ltda., es una empresa del sector metalmeccánico, dedicada al diseño, fabricación y montaje de maquinaria para la industria cementeras y de alimentos, en mayor porcentaje, pero sin dejar de lado la disposición para llevar a cabo proyectos en

⁵ Ibid.

⁶ TORRES, Guivany, *Aseguramiento del proceso de diseño y desarrollo en un taller metalmeccánico*, En: Scientia et Technica Año XIII, Universidad tecnológica de Pereira. Mayo, 2007, no. 34

⁷ ULRICH, Kart T. EPPINGER Steven. *Diseño y Desarrollo de productos*. 4 ed. Bogotá D.C.: Mac Graw-Hill, 2005. 398 p.

⁸ TERÁN Anabel, RODRÍGUEZ M. Carlos, BUCCI Peluso Nunziatina. *El proceso de innovación en las industrias metalmeccánicas del Estado Lara, Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009) "Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice"* San Cristóbal, Venezuela. June 2-5, 2009.

otras áreas de producción a nivel nacional. Dentro de sus principales clientes están las cementeras Argos y Cemex, y las embotelladoras Gascol y CocaCola femsa.

Para dar solución a la amplia clientela y a los diferentes procesos de producción Makron Ltda. ofrece el diseño y fabricación de equipos y redes de tubería con amplia gama de capacidades para las industrias de alimentos, a la vez que a las industrias química, farmacéutica, lácteos, pecuaria y de procesos bajo las normas ASME (Secciones II, V, VIII Div. 2, IX), ASTM, AWS, TEMA y código API 620 - 650.

En el marco del proyecto de grado para optar por el título de Tecnólogo en mecánica de la universidad distrital Francisco José de Caldas, se desarrolló el proyecto llamado “Desarrollo De Una Interfaz De Usuario Para El Diseño De Recipientes A Presión”., La interfaz dimensiona recipientes para condiciones tanto de presión interna como externa y también en diferentes formas geométricas de acuerdo a la norma API 620 – 650⁹, a la vez que parametriza variables críticas del diseño, como presiones y espesores, para generar los planos.

La interfaz surgió de la necesidad de automatizar un proceso de cálculo y diseño que cada vez se atendía con mayor frecuencia en las empresas e industrias colombianas: Para el diseño de recipientes a presión se presentan un gran número de ecuaciones analizando cargas, presiones internas y externas, esfuerzos y otros tipos de fuerzas que además están sujetos a normas, estos cálculos demandan bastante tiempo para los diseñadores y por ello dinero, además se corre el riesgo de errores en los cálculos.

En la empresa Makron Ltda, alrededor de dos años atrás, se llevó a cabo la implementación del proyecto, ya que respondía a las problemáticas presentadas internamente. Inicialmente la herramienta funcionó en periodo de prueba, que consistía en realizar un diseño dos veces simultáneamente, uno se hacía de forma tradicional y el otro con ayuda de la interfaz, para establecer una comparación de tiempo y precisión de diseño.

Una vez superada y aprobada la etapa de prueba, se incorporó del todo la herramienta de diseño y se avanzó a la etapa de producción, en esa nueva fase se empezaron a recopilar fichas técnicas para validar la información de trabajo y los soportes de control de calidad, de inspección y de verificación final, de cada uno de los recipientes fabricados. Toda la información correspondiente a cada tanque fabricado, está consignada en las instalaciones de la compañía y también almacenada en medio digital.

El proceso actual de diseño de los se muestra en la Figura 1, a continuación:

⁹ NORMA API 620-650: Diseño y construcción de recipientes a presión. Ed. 10. Washington. 2002.

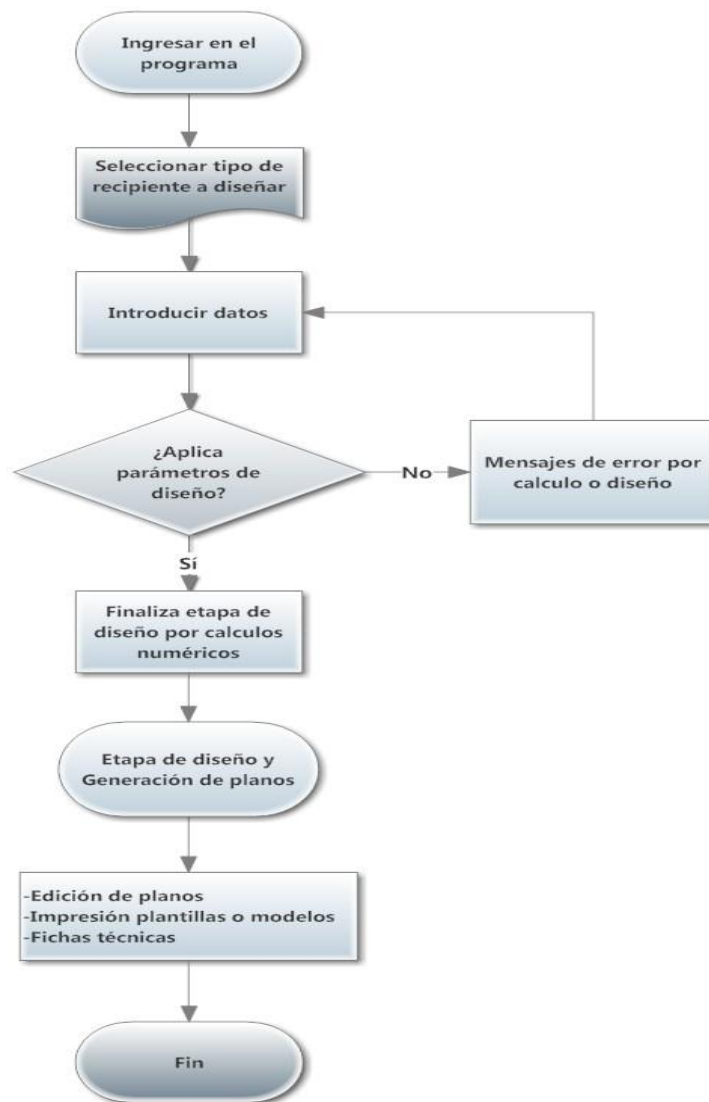


Fig. 1 Esquema general del programa en la actualidad

1.3 DIAGNÓSTICO

Se realizó un seguimiento dentro de la compañía para reconocer los posibles nuevos campos de acción para la interfaz:

1. El área de costos recibe la solicitud de cotización de un cliente, los encargados deben realizar las proyecciones del costo del proceso de fabricación y pasar una propuesta formal al cliente dando a conocer cada uno de los procesos y la cuantificación de la fabricación. En este proceso la interfaz no se usa.

En este punto la rapidez y veracidad de la cotización es importante ya que existen licitaciones y concursos de contratación que exigen que esta información se presente al cliente lo más pronto posible, ya que estas tienen corta vigencia para postularse, y generar ventajas frente a otras empresas.

2. Una vez el cliente aprueba la propuesta realizada, el proyecto es pasado al área de diseño, donde se realizan los diseños específicos del proyecto, se generan los planos de fabricación y se pasa al área de compras los elementos y componentes del proceso de fabricación. En este proceso es donde más se utiliza la interfaz, ya que dentro de ésta se introducen algunos parámetros de diseño conocidos y otros no conocidos, además la interfaz también genera los planos de fabricación. Algunos procesos de cálculo son agilizados por la interfaz, pero existen cálculos y aproximaciones que son realizados a mano y que aumentan los tiempos de diseño.

3. Pasada la requisición de materiales al área de compras se pasa a la consecución de materiales, muchas veces hay que estandarizar elementos a los que se consiguen comercialmente, por lo que el departamento debe realizar distribuciones de corte de láminas, proyecciones de cantidad de soldadura, entre otras estandarizaciones. En esta área se toman los planos generados por la interfaz y se analizan para pasar al área de producción los elementos adecuados para la fabricación.

4. Una vez en el área de producción se toman los planos de producción junto con los materiales y se realiza el proceso de fabricación para ser entregado al cliente a su conformidad. En esta área se comparan los resultados obtenidos físicamente con los planos proyectados por la interfaz, además, si el tiempo lo permite, se realizan pruebas hidrostáticas para consolidar que la información dada por la interfaz sea la correcta.

5. En el caso de que el producto final no cumpla con las especificaciones¹⁰ y requerimientos necesarios para la satisfacción del cliente, se realiza un diagnóstico de falla, ya que ésta puede estar presente en cualquiera de los pasos anteriormente nombrados: en diseño, cálculos manuales o cálculos de la interfaz, en compras, Calidad del material o especificaciones, en producción, procesos de manufactura. Finalmente se realizan las correcciones o modificaciones necesarias para llegar al producto conforme.

Dado el exceso de pasos y la manipulación de información por muchos departamentos, que intervienen en la manufactura del recipiente, existe un alto riesgo de traer consigo errores acumulativos en cada paso por cada departamento. Y de existir errores desde la cotización sin detectarlos estos se arrastrarán de departamento en departamento, teniendo un tiempo de reacción tardío al ser detectados, agregando que, se elevan los costos por inventario al

¹⁰ En ocasiones los errores no son hallados en la empresa, sino que son encontrados por el cliente durante el montaje o el proceso para el cual fue requerido

tener detenido el producto en proceso, además de atrasar la fecha de entrega al cliente, perdiendo credibilidad y competitividad.

En la actualidad la interfaz De Usuario Para El Diseño De Recipientes A Presión es una herramienta computacional manejada casi en su totalidad por el departamento de diseño de la empresa Makron Ltda. A lo largo del tiempo que lleva implementada la interfaz para el diseño, han surgido nuevas necesidades y posibilidades de mejora, así como la recomendación de interacción de la herramienta computacional con otras áreas de la empresa.

Un problema del proceso realizado, es que todavía se deben hacer cálculos manuales o aproximados, por qué no hay una herramienta sencilla y rápida que establezca por una parte la cantidad de material y por la otra el costo, lo que implica que el tiempo de fabricación sea en ocasiones ajustado a los requerimientos del cliente y no se deje espacio para verificaciones y pruebas.

1.4 PROBLEMA

El problema a asumir con el presente proyecto de grado es la integración de una herramienta computacional para el diseño y producción de recipientes a Presión, Dentro del contexto de necesidades de la empresa Makron Ltda.

Para dar respuesta a las nuevas necesidades se complementara la herramienta computacional ya existente con dos módulos, el primero para el desarrollo de material, así inmediatamente después de la etapa de diseño y generación de planos, se empalma con el siguiente módulo “Desarrollo de Material”, para conocer la dimensión y geometría de la lámina o láminas del recipiente que se acaba de calcular y diseñar.

De igual manera para generar mayor confiabilidad a la información manejada y eliminar el riesgo de errores preliminares a la producción se integrará a la herramienta un segundo módulo que realice el cálculo de costos de fabricación del Recipiente a Presión, Makron Ltda, se involucra de acuerdo a sus directrices de mercado, a participar en Licitaciones en Empresas reconocidas, nacionales y multinacionales, que tienen establecidas requisiciones por compras y servicios, por lo que el modulo permitirá responder de manera ágil y precisa a las solicitudes del mercado. Es por ello que un módulo de costos de fabricación es importante dentro de la interfaz, porque en tiempo real calcula un valor total por un recipiente con determinadas características. En cuanto al manejo del presupuesto anticipado, es clave la implementación del módulo dado que Makron Ltda hace parte de las Pymes, por consiguiente su capital financiero no es muy alto y la disposición de recursos no es inmediata.

En la figura 2 se muestra el esquema propuesto a desarrollar para responder a las necesidades de Makron Ltda

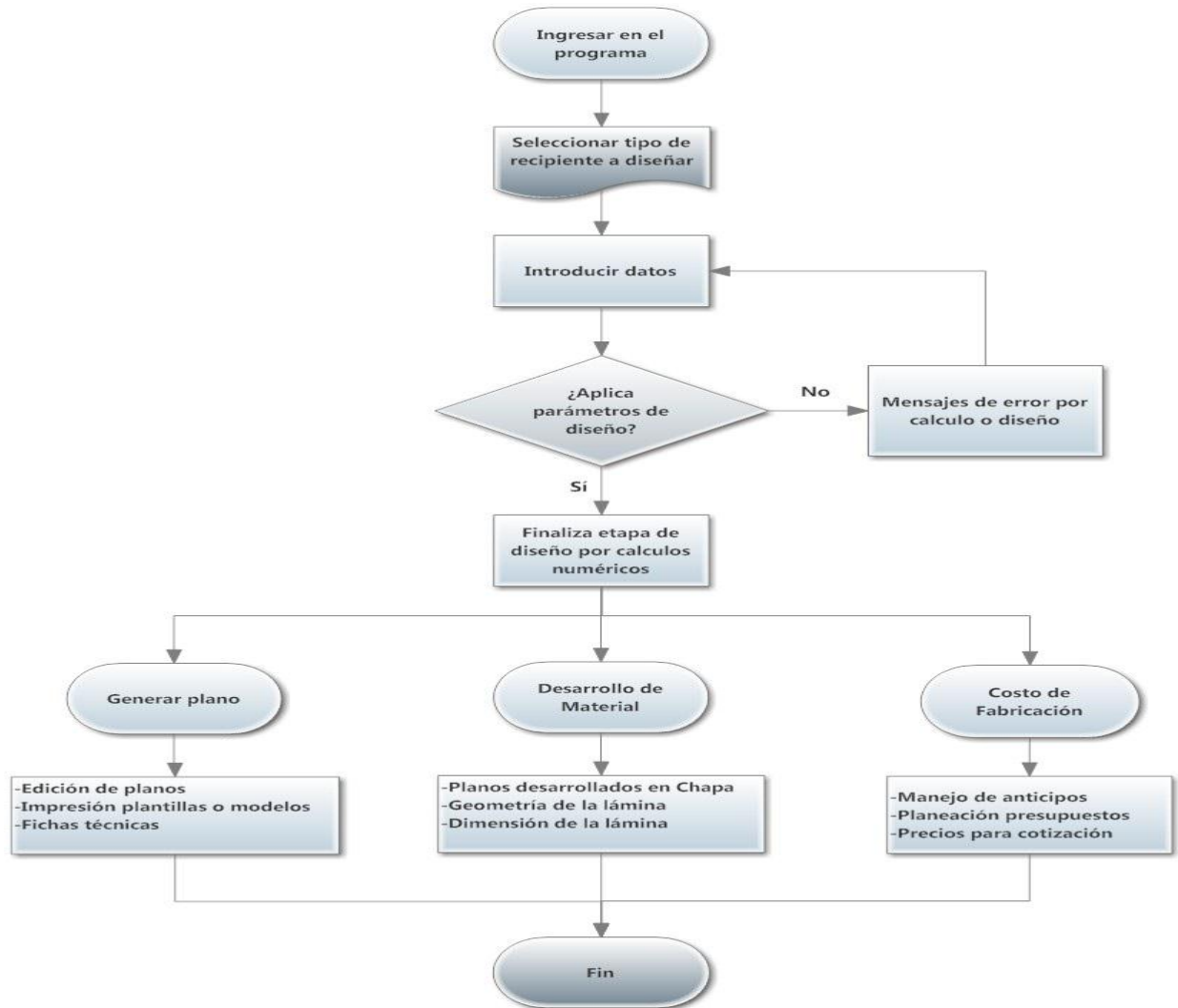


Fig. 2 Esquema propuesto para aplicación de nuevas tecnologías dentro de la Interfaz de usuario

2. ESTADO DEL ARTE

Para acoplar los dos módulos de software nuevos dentro de la herramienta computacional existente, que entreguen la solución óptima al problema de las carencias actuales del algoritmo, es necesario conocer las investigaciones que se han realizado acerca del tema, las técnicas que se pueden utilizar para resolver este problema y las variables que afectan directamente en éste. Por lo tanto se describirá por una parte en qué consiste emplear lenguajes de programación orientada a objetos para diseñar aplicaciones y programas de

computadora, dirigidos a mejorar procesos y reducir tiempo de realización de labores complejas y por otra parte como se involucra el aspecto de los costos enfocado en las pequeñas y medianas empresas donde no se tiene gran capacidad económica para invertir grandes cantidades de dinero.

Rubio¹¹ presenta en su documento de tesis titulado *Aplicación de los sistemas de diseño asistido por ordenador al diseño automático de moldes de inyección*, las dificultades en la creación de una interfaz de usuario para modelado interactivo, allí se explora el análisis de geometría de la pieza y su posterior repercusión sobre el diseño del molde. Ha desarrollado una aplicación de análisis de la pieza consistente en un algoritmo de extracción automática de la geometría, que permite la localización de las diferentes zonas de la pieza, agrupándolas según sus características de desmoldeabilidad en zonas desmoldeables, contrasalidas interiores y exteriores y zonas no desmoldeables. Para su elaboración ha empleado técnicas de corte por un haz de planos paralelos, y análisis de las curvas de corte obtenidas mediante un barrido por un haz de rectas paralelas contenido en cada uno de los planos. Con la información resultante se ha elaborado el mapa vóxel del sólido, a partir del cual se ha construido un algoritmo de análisis de moldeabilidad basado en las técnicas Z-buffer de obtención de líneas ocultas en cuerpos tridimensionales.

El autor ha implementado los procedimientos elaborados en el modelo de metodología de diseño en forma de algoritmo dentro de una aplicación prototipo en un entorno CAD, que pone de manifiesto los aspectos más críticos del proceso de diseño, y de la que se obtienen resultados gráficos. Esta aplicación permite diseñar el molde mediante la recogida de los datos obtenidos por el algoritmo de análisis de la pieza, la realización de los cálculos necesarios y la modelización tridimensional de los componentes del molde. Finalmente realizó pruebas de validación de los modelos propuestos y sus aplicaciones sobre ejemplos de piezas, a los cuales aplicó los programas de análisis geométrico y de diseño automático del molde con resultados satisfactorios. En conclusión ha sentado las bases para automatizar por completo el proceso de diseño del molde en un entorno CAD.

Sampaio y Costa¹² plantean la creación rápida de objetos similares entre sí, a través de un trabajo de investigación titulado *Generación de planos paramétricos en formato DXF con la programación en lenguaje Visual Basic*, allí se desarrolla un software utilizando lenguaje de programación Visual Basic. El programa recibe, organiza y estructura la información de entrada formando un puente con la última fase que es generar un modelo 3D en formato DXF que es una extensión reconocida por muchos sistemas de CAD. Allí se agrega además

¹¹ RUBIO PARAMIO, Miguel Angel. (2000). *Aplicación de los sistemas de diseño asistido por ordenador al diseño automático de moldes de inyección*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

¹² SAMPAIO, Alcínia y COSTA, António Aguiar da. (2007). *Generación de planos paramétricos en formato DXF con la programación en lenguaje Visual Basic*. Lisboa, Portugal: Universidad Técnica de Lisboa, Departamento de ingeniería civil y arquitectura.

que la elaboración de documentos de diseño implican una gran cantidad de planos que son bocetos idénticos, los únicos cambios que hay que hacer entre ellos son algunos valores de dimensión. Es importante para los estudiantes saber cómo aplicar el software que podría ayudar a obtener rápidamente el mismo tipo de planos, en los proyectos de un área específica en ingeniería.

La disposición de herramientas para ayudar a resolver necesidades va en aumento, por ejemplo utilizar el lenguaje Visual Basic para desarrollar un pequeño programa de computador que permite la generación de dibujos técnicos en un lenguaje de programación que tiene una interfaz de fácil comprensión y uso. En ella, los estudiantes elaboran una generación automática de líneas y arcos circulares y luego desarrollan su propia aplicación. En dicho documento, se muestran los aspectos más relevantes del proceso de enseñanza y algunos resultados obtenidos por los estudiantes.

Recientemente, algunos estudios buscan profundizar aún más en el tema del desarrollo de software para aplicaciones específicas, interfaces sencillas que solucionan problemas de diseño mecánico definidos a través de conexiones entre dos o más programas.

González¹³, consideró en su trabajo de grado titulado *Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida - aplicación al campo de la Ingeniería Mecánica* tres objetivos principales, relacionados entre sí. Primero, dimensionar un elevador de cangilones a la medida de cada usuario, lo que se llevara a cabo mediante la programación de una hoja de cálculo, pudiendo finalmente mostrar la configuración final del elevador, es decir, indicará el tipo de cangilón, el modelo de elevador, el modelo de correa, etc., más adecuado para las necesidades de cada usuario, por lo que la creación de este programa de dimensionamiento de un elevador de cangilones en una hoja de cálculo, podría ser utilizado como software por los vendedores de este tipo de maquinaria. Segundo, el elevador que acaba de ser configurado y dimensionado en la hoja de cálculo, va a ser sometido a un estudio de tensiones mediante un MEF (Método Elementos Finitos), que se realizará con el programa ANSYS, y para ello es necesario este segundo objetivo, que no es el estudio tensional en sí, sino parametrizar el modelo que se dimensiona, para poder generar y estudiar automáticamente cualquier tipo de elevador que se configure en la hoja de cálculo. Así, con este rápido estudio tensional, gracias a la parametrización, se podrán ver los puntos más críticos del elevador desde el principio, pudiendo así optimizar su diseño al máximo. El tercer objetivo es conseguir que el análisis tensional pueda realizarse de forma automática, sin intervención del usuario. De esta forma, sería posible, para una persona con escasos conocimientos del manejo de ANSYS, realizar un estudio por elementos finitos del elevador. Este tercer objetivo se conseguirá gracias a la parametrización realizada sobre el modelo, de

¹³ GONZÁLEZ SOLIS, Francisco (2011). *Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida - aplicación al campo de la Ingeniería Mecánica*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica.

forma que la aplicación de Visual Basic generará un fichero de texto que pueda ser directamente leído por el software de elementos finitos y que permita crear completamente el modelo.

En resumen, el objetivo fundamental del proyecto crear un programa que dimensione y parametrize un elevador de cangilones mediante las herramientas que ofrecen las hojas de cálculo y la programación de las mismas, en Visual Basic. Este programa generará un modelo de elementos finitos que podrá ser estudiado posteriormente mediante ANSYS, sobre el cual se podrá interactuar, observar los puntos más críticos, y entender mejor cómo se comporta.

Hernando¹⁴, como trabajo de grado creó un software de diseño de una banda transportadora a partir de unos datos iniciales conocidos incluyendo un análisis de elementos finitos. Para ello creó un sistema de comunicación eficaz entre dos potentes herramientas de trabajo que ofrece la informática actual: Microsoft Excel (junto con Visual Basic) y ANSYS. Para conseguir alcanzar el objetivo, utilizó una serie de operaciones matemáticas para el cálculo de una banda transportadora así como y una secuencia de pasos para programar el software de diseño, enseguida presentó el proceso de diseño del modelo de elementos finitos y finalmente realizó la simulación de cada uno de los puntos del sistema que ha considerado críticos. Una vez conocidos todos los valores arrojados por el análisis del ensayo, expone los resultados del mismo, se discuten las ventajas y limitaciones de los códigos matemáticos utilizados en estudios de este tipo así como el tiempo de simulación necesario para completar las pruebas.

Un trabajo de grado llevado a cabo en el presente año por Mata¹⁵, expone el desarrolló un programa capaz de facilitar el cálculo y diseño de un eje sometido tanto a esfuerzos estáticos como dinámicos. Dicho programa pretende mejorar y solventar algunos errores de cálculo del anterior programa (ADEJES), usado en las clases prácticas de la asignatura de “Diseño de máquinas” del Departamento de Ingeniería Mecánica. El proyecto estudia el modo en el que pueden aplicarse cargas sobre un sólido rígido, las tensiones que se producen en el mismo, su deformación, criterios de falla estática y falla por fatiga que se usan en la actualidad y algunos modos de rotura de elementos sometidos a fatiga, también profundiza en el funcionamiento del programa Matlab, algunas cualidades del mismo y ejemplos de su GUI (Graphical User Interface), mediante el cual se ha creado el DICAVE (Diseño Cálculo y Verificación de Ejes).

¹⁴ HERNANDO SANZ, Pablo (2011). *Software para el diseño de una banda transportadora y creación del modelo de elementos finitos asociado*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica.

¹⁵ MATA AROCO, Francisco José (2012). *Desarrollo de un programa para el diseño y verificación de ejes sometidos a fatiga*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica.

Por último realiza un ejemplo de funcionamiento y compara los resultados obtenidos con el ADEJES y con los obtenidos a mano. De ésta misma forma se hace la comprobación de las herramientas de éste tipo, resolviendo el mismo problema con los dos métodos.

Godoy¹⁶ ha desarrollado en su trabajo de grado un programa tutorial, es una interfaz en lenguaje de programación Visual Basic 6 y Microsoft Office 2003, para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los métodos de análisis de datos de Cinética de las reacciones químicas. El proyecto va dirigido hacia la motivación del estudiante en el estudio de cinética química, a través del uso de herramientas novedosas que lo estimulen sensorialmente y le ayuden a alcanzar un mayor nivel de interpretación de los fenómenos cinéticos estudiados en el tutorial. La interfaz representa un escenario que ofrece facilidad a los usuarios, que no necesitan ser expertos en informática para poder utilizar el programa tutorial.

Por otra parte Osorio¹⁷, en su trabajo de grado titulado *Recipiente rectangular con tirantes bajo presión hidrostática*, desarrolla un recipiente rectangular bajo presión hidrostática con soporte por tirantes de atiesamiento para almacenamiento de agua no potable, el desarrollo lo lleva a cabo a partir del diseño usando el Código ASME Sección VIII, Div. 1, de donde toma las normas establecidas para el diseño, fabricación y mantenimiento de dicho recipiente. Hace especial referencia al Código ASME, puesto que ASME es una organización de profesionales que dicta códigos y estándares reconocidos internacionalmente por la industria.

Mejía y Reyes¹⁸ de la misma institución de Osorio, en su trabajo de grado sobre el desarrollo de un recipiente a presión horizontal para almacenamiento de gas natural, también hacen referencia al diseño bajo las normas de seguridad del Código ASME Sección VIII.

Múltiples aplicaciones de recipientes se han hecho, puesto que en la industria existen numerosos tipos de procesos relacionados con el uso de fluidos diversos, por lo que es fundamental el poder almacenarlos para disponer de ellos cuando se requiera para algún procedimiento específico, dependiendo de las características físicas, las cuales se deben contemplar cuando se les desea almacenar, por lo que cada fluido requiere un recipiente calculado y seleccionado con respecto a dichas características. Así, la necesidad es extensa y diversas son las fuentes que han realizado estudios sobre el tema en ámbito general, aunque la mayoría parten de la norma que es la que estructura y condiciona los diseños de los recipientes.

¹⁶ GODOY CASTAÑEDA, Amalia Sofía (2010). *Desarrollo de un programa computacional utilizando Visual basic 6.0, para una aplicación tutorial en el aprendizaje de métodos de análisis de datos de cinética química*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Química.

¹⁷ OSORIO DÍAZ, Eduardo Javier (2008). *Recipiente rectangular con tirantes bajo presión hidrostática*. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Azcapotzalco.

¹⁸ MEJÍA RODRÍGUEZ, Albert Gonzalo y REYES MADRIGAL, Carlos Alberto (2008). *Memoria cálculo selección y análisis numérico de un recipiente a presión de 600 ft³ de capacidad*. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Azcapotzalco.

También en su trabajo de grado, Bonillo¹⁹ elaboro una hoja de cálculo para el diseño básico de recipientes sometidos a presión, considerando recipientes horizontales y verticales con diferentes tipos de cabezales: planos, poliesféricos, semielípticos, semiesféricos y cónicos. El procedimiento de cómputo estuvo basado en la Sección VIII, División 1 del Código ASME, la hoja de cálculo fue validada mediante la verificación del diseño de recipientes horizontales y verticales ya existentes.

Más adelante en 2010, Romero²⁰, en su trabajo de grado contempla la evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión cilíndricos y esféricos, desde las especificaciones de las Normas ASME Sección VIII, Div. 1 y COVENIN para “*Cilindros de alta presión para gas. Requisitos para la verificación de diseño y mantenimiento*”²¹ y “*Gas Natural para vehículos. Cilindros de almacenamiento. Parte 1: Cilindros de acero sin costura*”²², también va más allá con un estudio para certificar un recipiente sometido a presión con aplicación de pruebas hidrostáticas en intercambiadores a calor, bajo la norma venezolana COVENIN para “*Cilindros de alta presión para gas. Prueba hidrostática*”²³.

García²⁴, en el trabajo de grado titulado *Integración de software CAD CAPP CAE para el diseño y planeación de procesos de producción de recipientes a presión*, integra Autocad, Excel y Access desde los lenguajes de programación Visual Basic y Auto Lisp, estudia el desarrollo de los sistemas CAPP (Computer Aided Process Planning) y la relación que tienen con otros software de ingeniería y manufactura en una empresa, Autocad lo utiliza para dibujar el equipo de forma automática, Excel como hoja de cálculo y Access como base de datos. La herramienta asiste al diseño y proceso de fabricación de recipientes a presión, para el cual hace uso de fórmulas del Código ASME como base para el diseño de recipientes. Finalmente ejecuta una prueba piloto del modelo CAPP para su evaluación, en la cual considera criterios relativos a la productividad, eficiencia y costo-beneficio.

El software está estructurado en tres partes, la primera corresponde al diseño del recipiente, la segunda genera el plano del equipo en Autocad formato .dxf para

¹⁹ BONILLO L, Ana M. (2008). *Elaboración de una hoja de cálculo para el diseño básico de recipientes sometidos a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.

²⁰ ROMERO PINO, Belkis Enidian. (2010). *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.

²¹ NORMA VENEZOLANA COVENIN 3017:2000. *Cilindros de alta presión para gas. Requisitos para la verificación de diseño y mantenimiento*, citado por ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, 2010. p.19.

²² NORMA VENEZOLANA COVENIN 3226-1:1997. *Gas Natural para vehículos. Cilindros de almacenamiento. Parte 1: Cilindros de acero sin costura*, citado por ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, 2010. p.19.

²³ NORMA VENEZOLANA COVENIN 3139:1994. *Cilindros de alta presión para gas. Prueba hidrostática*, citado por ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, 2010. p.19.

²⁴ GARCÍA PINEDA, Fernando (2005). *Integración de software CAD CAPP CAE para el diseño y planeación de procesos de producción de recipientes a presión*. México: Instituto Politécnico Nacional, Unidad profesional interdisciplinaria de ingeniería, ciencias sociales y administrativas. Sección de estudios de posgrado e investigación.

transformarlo a código de máquina CNC y la tercera envía los datos a una hoja de Excel, de ahí se obtiene una hoja de cotización del equipo, con el costo del material de acuerdo al peso y las horas hombre. Ahora bien, en éste trabajo de García se involucra además de los recipientes a presión y el diseño bajo la Norma, el módulo de aplicación de costos que es de gran importancia puesto que está proyectado para las pequeñas y medianas empresas donde no se tiene el gran capital financiero y a falta de este, no pueden invertir grandes cantidades de dinero ya que solo se cuenta con el ingenio humano para desarrollar ideas.

3. JUSTIFICACIÓN

Este documento tiene como fundamento la necesidad de explorar un vacío en dos aspectos de la realidad actual dentro de las herramientas computacionales: el primero, es el hecho de que la pequeña empresa necesita ventajas competitivas para llevar a cabo sus procesos de producción; el segundo, es que este proceso puede ser mejorado con herramientas complementarias, y la mayoría de las Pymes no están en capacidad de adquirir una solución informática.

En el diseño mecánico el ahorro y la optimización de recursos es cada vez más importante, para tal fin el desarrollo de herramientas computacionales que soporten los procesos de conceptualización, diseño detallado, fabricación y validación, se han convertido en elementos básicos para el trabajo en la ingeniería de diseño y desarrollo de productos.

Dentro de los procesos de diseño mecánico es muy útil reconocer la importancia que tienen las interfaces implementadas para un fin específico, pequeños programas que facilitan el desarrollo de tareas establecidas a partir de una necesidad o carencia en una organización. Si bien para estructurar un algoritmo que abarque las problemáticas más notables, inicialmente buscando un orden coherente de un universo complejo a una secuencia de pasos ordenados, no ocurre lo mismo al momento de constituirlo, dado que al tiempo que la herramienta computacional ya se encuentra en estado operacional, algunas funciones no fueron dispuestas porque aún no se consideraban dentro del alcance del proyecto y otras porque surgió la necesidad durante la etapa de prueba.

Por otra parte, es de gran utilidad en el caso de las licitaciones para precisar el valor de abonos por anticipos, también en el manejo de presupuestos y pagos a proveedores de materias primas e insumos, la utilización de una herramienta que agilice este proceso, la herramienta existente en la actualidad no contiene una ayuda para este proceso, la razón es que actualmente es incierto el costo que alcanza, por ejemplo, de acuerdo a la Norma API 620 – 650 los tamaños para un tanque cilíndrico comprenden un rango de medidas entre 12” y 144” de diámetro²⁵, de este modo el costo total sólo se conoce una vez se ha

²⁵ MEGYESY, E.F., (1992) MANUAL DE RECIPIENTES A PRESION Diseño y cálculo. Edt. Limusa S.A. México D.F.

terminado la fabricación, también es de utilidad para los precios de cotización, sin tener que establecerlo al azar o promediando de acuerdo a anteriores desarrollos, puesto que como ya se hizo énfasis la aplicación de cada Recipiente es única y puede diferir notablemente los costos entre un diseño y otro.

Como consideración a esta situación en el contexto del diseño y fabricación de recipientes a presión, se presenta como un hecho la necesidad de implementar nuevos módulos a la herramienta computacional existente que amplíen la capacidad funcional de la interfaz.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e integrar dos módulos que permitan optimizar el proceso de diseño y fabricación de recipientes sometidos a presión, adicionales a la herramienta computacional existente en la empresa Makron Ltda.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar una base de datos, con costos y accesorios, específica a los materiales y elementos utilizados en el diseño de recipientes a presión.
- Crear una biblioteca de geometrías, compuesta por el desarrollo de material de cada recipiente a presión en el entorno chapa de Solid Edge.
- Desarrollar un algoritmo adaptable a la interfaz existente para la obtención de costos de fabricación y el desarrollo de lámina y materiales de los recipientes sometidos a presión, mediante el lenguaje de programación orientado a objetos Visual Basic.
- Hacer que los diseños generados por la herramienta sean conformes a la norma API 620 – 650 para el diseño de recipientes sometidos a presión.
- Unificar la interfaz utilizada actualmente con el módulo de desarrollo de lámina y materiales y con el módulo de costos de fabricación.
- Validar la aplicación mediante pruebas prácticas utilizadas en la empresa Makron Ltda.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 DEFINICIONES BÁSICAS

5.1.1 ¿Qué es la mecánica computacional?

El concepto fundamental para entender los elementos que componen este trabajo de grado, es la definición de mecánica computacional (MC), que se refiere a la solución de problemas de Ingeniería y física construidos sobre la base de la mecánica de los medios continuos a partir de métodos numéricos²⁶. Prueba del interés que despierta es la cantidad de revistas especializadas que se publican internacionalmente y el número de conferencias internacionales y congresos que se realizan sobre el tema.

El crecimiento en la calidad de las computadoras y del software, ha incrementado la capacidad para estudiar los fenómenos de la naturaleza y de los sistemas concebidos por el hombre, omitiendo la necesidad de simplificar excesivamente los problemas para hacerlos accesibles al análisis.

Las organizaciones requieren de profesionales altamente capacitados y actualizados en las técnicas de manejo de herramientas computacionales. La dinámica de transformación y evolución de esta área del conocimiento es de tal magnitud, que la desactualización de los conocimientos en ciertos temas pueden ser apreciados y medidos en tiempos relativamente cortos.

5.1.2 Programación del software de desarrollo

Un diseño es una solución particular que resuelve un problema. La misión del ingeniero consiste en que esta solución sea económica, y que efectivamente funcione. En ocasiones primará uno de los aspectos sobre el otro, mientras que en otros casos primará la rapidez, la durabilidad o incluso simplemente los recursos de los que se dispone. En este caso en particular, la solución al problema será tener un formulario de fácil uso que permita visualizar la geometría y dimensionar la lámina en modo chapa en un tiempo mínimo.

Cualquier software se puede programar de muchas y distintas maneras, dependerá del programador. Siempre será mejor que el desarrollo del programa sea lo más concreto posible, reduciendo al máximo las operaciones. Cuantas menos operaciones se requieran mejor será la comprensión del programa

5.1.3 Producción económica

El costo de un producto depende de las inversiones o gastos que se generan en cuanto al consumo de materias primas, máquinas, mano de obra y otros gastos generales.

²⁶ Especialización en Mecánica Computacional. Universidad EAFIT, de <http://www.eafit.edu.co/programas-academicos/posgrado/especializacion-mecanica-computacional/Paginas/inicio.aspx>

Puede afirmarse que el objetivo de una producción económica radica en el generar un producto bajo cierto beneficio. Esto implica que el costo debe ser aceptable y competitivo, también que debe existir una demanda para el producto o más aún, ésta demanda debe crearse. Desde que se empezaron a utilizar máquinas y herramientas, siempre ha habido un gradual pero constante avance hacia la construcción de maquinaria más eficiente, ya sea combinado con operaciones o haciéndolas más independientes de la operatividad humana. Reduciendo de modo los tiempos de maquinado y el costo de mano de obra, algunas se han convertido en máquinas completamente automáticas que su sistema de control es muy reducido.

Esto ha hecho que se alcance grandes volúmenes de producción a un costo de mano de obra cada vez más bajo, lo que es esencial para cualquier sociedad que desea gozar de un alto nivel de vida. El desarrollo de máquinas de alta producción va acompañado con el concepto de calidad de manufactura. La calidad y la precisión en las operaciones de manufactura demandan la existencia permanente de un control geométrico severo sobre las piezas que se pretenden sean intercambiables y que ofrezcan mejor servicio durante su operación.

5.1.4 Situación actual de la manufactura de recipientes a presión en las Pequeñas y medianas empresas (Pymes)

En las Pymes todo lo que se refiere a la ejecución de la manufactura de recipientes a presión, se hace en forma convencional desde las cotizaciones, ingeniería y la planeación de la producción, todo se hace en forma manual, así, cada vez que se va a cotizar un recipiente a cualquier cliente, se tiene que partir de cero, no existe una base de datos para hacer la cotización, el cálculo con respecto al desarrollo de material y optimización de lámina es a mano alzada sobre bocetos sin escala, dando solo aproximaciones de material y con dimensiones fuera de unidades comerciales del material.

Por el lado de las operaciones de fabricación para la manufactura del producto, los cálculos para obtener las horas hombre son aproximados, puesto que no se cuenta con la información real, como capacidad de máquinas y equipo, se hace en forma manual, el tiempo de cotización se extiende hasta 10 días, debido al volumen de datos de materiales, horas hombre y accesorios adicionales involucrados en la fabricación del producto.

La ingeniería para los cálculos de diseño también es en forma manual, los dibujos son bocetos trazados a mano o algunas veces en Autocad, el tiempo de procesamiento es entre 15 y 20 días, porque deben hacerse dibujos generales para el cliente y planta, dibujos de despiece para fabricación, desarrollo de material aplicando geometría descriptiva, compra de materiales, la mayoría de las veces se excede el tiempo durante estas actividades,

reduciendo el tiempo que necesita la fabricación, prolongando las fechas de entrega al cliente.

La inversión de capital físico para renovar maquinaria y equipo en las Pymes es escasa o nula, siguen teniendo maquinaria convencional y a veces obsoleta, esto conlleva a desperdicio de material que cuantificado excede el consumo y representa grandes pérdidas en las utilidades de las empresas.

La manipulación de materiales también se hace en forma manual, el traslado de piezas se hace cargado por personas o por medio de carros empujados manualmente, al usar este tipo de métodos de transporte, y considerando el volumen y peso de los recipientes, se tiene un alto grado de riesgo de sufrir accidentes, siendo una empresa insegura para los trabajadores en la planta.

6. METODOLOGÍA

La metodología a seguir durante la realización de este proyecto de grado es:

1. Fase de reconocimiento: Una vez conocidas las condiciones de operación de la interfaz de usuario de Recipientes a Presión en la actualidad, se hará énfasis en la búsqueda de información de desarrollos que se han hecho afines al tema de investigación, con el objetivo de ser tomados como parámetros de partida. Se tomarán como fuentes documentales trabajos de grado, tesis, revistas de investigación, libros, bases de datos, fichas técnicas y páginas web. Los aspectos que se tendrán en cuenta en ésta etapa, son:

- Recopilar información de la empresa, documentación de la actual aplicación informática, cotizaciones y fichas técnicas, así como también las sugerencias y necesidades de los usuarios de la interfaz.
- Evaluación de la herramienta informática existente, generalidades sobre cálculo y diseño, a través de revisión e inspección del algoritmo actual.
- Reconocimiento de diseños de tanques principales.
- Búsqueda de información acerca de materiales, accesorios y dimensiones comerciales necesarios para la construcción de tanques.
- Investigación de proceso de cálculo de costos.

2. Fase de diseño detallado: En esta etapa se formulará la estructura del algoritmo que articulará los dos nuevos módulos dentro de la interfaz existente, basados en la información recopilada en la etapa anterior y en las condiciones de operación de la herramienta computacional actual. Los aspectos a tener en cuenta se clasifican en dos de acuerdo a los módulos que se integrarán, así:

Para el módulo “Desarrollo de material”

- Crear la biblioteca de geometrías, con el desarrollo de material de cada tanque conforme a la norma API 620 – 650, en el entorno chapa de Solid Edge.
- Ajuste de los parámetros de diseño dentro de la interfaz, de acuerdo a las dimensiones comerciales del material de fabricación.

Para el módulo “Costos de fabricación”

- Crear la base de datos de materiales, accesorios y sus costos.
- Generar el algoritmo de cálculo para la obtención de costos de fabricación.

3. Fase de programación: En esta etapa se realizará la representación computacional de la solución planteada en la fase de diseño. Dentro de ésta fase se llevarán a cabo los siguientes aspectos:

- Ingresar los datos de materiales y costos en Visual Basic.
- Parametrizar los planos realizados en Solid Edge para la distribución de lámina y la generación de costos.
- Introducir en Visual Basic la interfaz de cálculo de costos y distribución de lámina.

4. Fase de implementación, pruebas y ajustes del software: Una vez estructurado el modelo se inicia la fase de implementación, pruebas y ajustes, bajo la siguiente estructura:

- Desarrollo y utilización de la plataforma para vincular Solid Edge y Visual Basic.
- Compilación de las variables geométricas y de estado a partir de la plataforma.
- Revisión y corrección de errores.

5. Fase de validación: En esta última etapa se llevará a cabo el proceso de validación de la herramienta computacional, se realizarán actividades de implementación en la empresa Makron Ltda. (Capacitación, tutorial y seguimiento).

Además, se comunicarán los resultados mediante un documento, en el cual se consignarán la solución a la problemática inicial, pruebas realizadas, resultados y análisis de los datos obtenidos mediante la validación y se entregará un tutorial para el manejo del usuario.

7. CRONOGRAMA

La metodología a seguir durante la realización de este proyecto de grado es:

FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN (semanas)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FASE DE RECONOCIMIENTO	Reconocimiento de diseños de tanques principales	■	■	■	■																				
	Búsqueda de información acerca de materiales, accesorios y dimensiones comerciales necesarios para la construcción de tanques	■	■	■	■																				
	Investigación de proceso de cálculo de costos	■	■	■	■																				
FASE DE DISEÑO DETALLADO	Crear la base de datos de materiales, accesorios y sus costos					■	■	■	■	■	■	■	■	■											
	Generar el algoritmo de cálculo para la obtención de costos de fabricación					■	■	■	■	■	■	■	■	■											
	Crear la biblioteca de geometrías, con el desarrollo de material de cada tanque en el entorno chapa de Solid Edge					■	■	■	■	■	■	■	■	■											
	Revisión del tutor					■	■	■	■	■	■	■	■	■											
FASE DE PROGRAMACIÓN	Llevar a cabo el ingreso de datos de materiales y costos en Visual Basic										■	■	■	■	■	■									
	Parametrizar los planos realizados en Solid Edge para la distribución de lámina y la generación de costos										■	■	■	■	■	■	■								
	Introducir en Visual Basic la interfaz de cálculo de costos y distribución de lamina														■	■	■	■	■	■					
FASE DE IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y AJUSTES	Desarrollo y utilización de la plataforma para vincular Solid Edge y Visual Basic																■	■	■	■	■	■			
	Compilación de las variables geométricas y de estado a partir de la plataforma																■	■	■	■	■	■			
	Revisión y corrección de errores																■	■	■	■	■	■			
FASE DE VALIDACIÓN	Revisión del tutor																■	■	■	■	■	■			
	Comprobación y validación de la herramienta																■	■	■	■	■	■			
	Realización del tutorial para el manejo del usuario																	■	■	■	■	■	■		
	Validación y revisión final																							■	■

Tabla 1 Cronograma de actividades

8. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Presupuesto General Proyecto			
Duración estimada en meses		6	
Semanas		26	
Descripción		Costo asociado	Fuentes de financiación
Recurso Humano Asociado		\$ 16.994.016	
2	Autores del proyecto	\$ 16.994.016	Personal
1	Director o tutor (interno)	\$ -	Institucional
0	Director o tutor (externo)	\$ -	
0	Profesor (responsable interno)	\$ -	
0	Apoyo técnico	\$ -	
0	Apoyo administrativo	\$ -	
0	Asesor	\$ -	
Software o equipo de apoyo		\$ 29.046.000	
Gastos Generales		\$ 10.175.000	
Diseño Prototipo		\$ -	
Condiciones específicas		\$ -	Empresarial
Subtotal		\$ 56.215.016	
0%	Imprevistos	\$ -	
Total presupuestado		\$ 56.215.016	

Tabla 2 Presupuesto general

Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal	Valor Hora	Costo personal
	Número	Horas	Pesos	Pesos
Autores del proyecto	2	12	\$ 18.000	\$ 11.232.000
Director o tutor (interno)	1	4	\$ 60.000	\$ 6.240.000
Director o tutor (externo)				\$ 0
Profesor (responsable interno)				\$ 0
Apoyo técnico				\$ 0
Apoyo administrativo				\$ 0
Asesor				\$ 0
				\$ 17.472.000
Carga Prestacional			51,30%	\$ 8.963.136
				\$ 26.435.136

Tabla 3 Recursos Humanos

Generales		Detalle	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total
	Fotocopias		HOJAS	300	\$ 50	\$ 15.000
	Libros		LIBROS	4	\$ 180.000	\$ 720.000
	Planos		UNIDAD	20	\$ 10.000	\$ 200.000
	Horas de taller				\$ 15.000	\$ -
	Horas de laboratorio				\$ 25.000	\$ -
	Impresión de planos		UNIDAD	60	\$ 150.000	\$ 9.000.000
	Impresión documentos					\$ -
	Suministros de oficina		KW/H	600	\$ 400	\$ 240.000
	Transportes					\$ -
Gastos Generales asociados al proyecto						\$ 10.175.000
Software		Detalle	Costo referencia	% Uso	Costo Uso	Total
	Licencia 1	SOLID EDGE V20	\$ 4.000.000	70%	\$ 2.800.000	\$ 16.800.000
	Licencia 2	VISUAL BASIC 6	\$ 4.000.000	40%	\$ 1.600.000	\$ 9.600.000
	Licencia 3			1%	\$ -	\$ -
	Licencia 4			1%	\$ -	\$ -
	Licencia 5			1%	\$ -	\$ -
	Digitación 1		\$ 1.800	70	\$ 126.000	\$ 756.000
	Digitación 2		\$ 1.800	70	\$ 126.000	\$ 756.000
	Computador		\$ 1.300	180	\$ 234.000	\$ 234.000
	Suministros de computador				\$ -	\$ -
	Internet		\$ 750	200	\$ 150.000	\$ 900.000
Costos de licencias, conexión y computador						\$ 29.046.000

Tabla 4 Recurso de material

BIBLIOGRAFÍA

BONILLO L, Ana M. *Elaboración de una hoja de cálculo para el diseño básico de recipientes sometidos a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. . 2008.

Especialización en Mecánica Computacional. Universidad EAFIT, de <http://www.eafit.edu.co/programas-academicos/posgrado/especializacion-mecanica-computacional/Paginas/inicio.aspx>

GARCÍA PINEDA, Fernando. *Integración de software CAD CAPP CAE para el diseño y planeación de procesos de producción de recipientes a presión*. México: Instituto Politécnico Nacional, Unidad profesional interdisciplinaria de ingeniería, ciencias sociales y administrativas. Sección de estudios de posgrado e investigación. 2005.

GIRALDO GARCÍA, Jaime Alberto, SARACHE CASTRO, William Ariel y CASTRILLÓN GÓMEZ, Omar Danilo. *Aplicación de una metodología integral soportada en simulación discreta para el mejoramiento de los sistemas de producción en Pymes metalmecánicas*. En: Ingeniería e investigación. Universidad Nacional de Colombia. Abril, 2010, vol. 30 no.1,.p. 97-106.

GODOY CASTAÑEDA, Amalia Sofía. *Desarrollo de un programa computacional utilizando Visual Basic 6.0, para una aplicación tutorial en el aprendizaje de métodos de análisis de datos de cinética química*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Química. 2010.

GONZÁLEZ SOLIS, Francisco. *Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida - aplicación al campo de la Ingeniería Mecánica*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica. 2011.

HERNANDO SANZ, Pablo. *Software para el diseño de una banda transportadora y creación del modelo de elementos finitos asociado*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica. 2011.

MATA AROCO, Francisco José. *Desarrollo de un programa para el diseño y verificación de ejes sometidos a fatiga*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica. 2012.

MEJÍA RODRÍGUEZ, Albert Gonzalo y REYES MADRIGAL, Carlos Alberto. *Memoria cálculo selección y análisis numérico de un recipiente a presión de 600 ft³ de capacidad*. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Azcapotzalco. 2008.

MEGYESY, E.F., *MANUAL DE RECIPIENTES A PRESION Diseño y cálculo*. Edt. Limusa S.A. México D.F. 1992.

NORMA API 620-650: Diseño y construcción de recipientes a presión. Ed. 10. Washington. 2002.

NORMA VENEZOLANA COVENIN 3017:2000. *Cilindros de alta presión para gas. Requisitos para la verificación de diseño y mantenimiento*, citado por ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, 2010. p.19.

NORMA VENEZOLANA COVENIN 3139:1994. *Cilindros de alta presión para gas. Prueba hidrostática*, citado por ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, 2010. p.19.

NORMA VENEZOLANA COVENIN 3226-1:1997. *Gas Natural para vehículos. Cilindros de almacenamiento. Parte 1: Cilindros de acero sin costura*, citado por ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, 2010. p.19.

OSORIO DÍAZ, Eduardo Javier. *Recipiente rectangular con tirantes bajo presión hidrostática*. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Azcapotzalco. 2008.

RODRÍGUEZ, Astrid Genoveva. *La realidad de la PyME Colombiana: Desafío para Colombia*. Bogotá: Fundes, p. 1. 2003.

ROMERO PINO, Belkis Enidian. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión*. Venezuela: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. 2010.

RUBIO PARAMIO, Miguel Angel. *Aplicación de los sistemas de diseño asistido por ordenador al diseño automático de moldes de inyección*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. 2000.

SAMPAIO, Alcínia y COSTA, António Aguiar da. *Generación de planos paramétricos en formato DXF con la programación en lenguaje Visual Basic*. Lisboa, Portugal: Universidad Técnica de Lisboa, Departamento de ingeniería civil y arquitectura. 2007.

TERÁN Anabel, RODRÍGUEZ M. Carlos, BUCCI Peluso Nunziatina. *El proceso de innovación en las industrias metalmeccánicas del Estado Lara, Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009) "Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice"* San Cristóbal, Venezuela. June 2-5, 2009.

TORRES, Guivany, *Aseguramiento del proceso de diseño y desarrollo en un taller metalmeccánico*, En: Scientia et Technica Año XIII, Universidad tecnológica de Pereira. Mayo, 2007, no. 34

ULRICH, Kart T. EPPINGER Steven. *Diseño y Desarrollo de productos*. 4 ed. Bogotá D.C.: Mac Graw-Hill, 2005. 398 p.